URESA - wykorzystanie odnawialnych źródeł energii w kształceniu zawodowym w rolnictwie

Numer projektu
2017-1-PL01-KA202-038301

Projekt współfinansowany
w ramach programu
Unii Europejskiej
Erasmus+

ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII W ROLNICTWIE

Materiały szkoleniowe

projektu pt. URESA numer 2017-1-PL01-KA202-038301

realizowanego w ramach Programu Erasmus+

ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII W ROLNICTWIE

Materiały szkoleniowe

projektu pt. URESA numer 2017-1-PL01-KA202-038301

realizowanego w ramach Programu Erasmus+

Autorzy:

prof. dr Zuzana Palkova – New Edu – Słowacja

prof. dr Kemal Celik – Canakkale University – Turcja

prof. dr Ergun Demir – Balikesir University – Turcja

dr. Fatmagul Tolun – Balikesir University – Turcja

prof. dr Teodora Angelova – ZI Stara Zagora – Bułgaria

prof. dr Jivko Krastanov – ZI Stara Zagora – Bułgaria

prof. dr Stayka Laleva – ZI Stara Zagora – Bułgaria

prof. dr Yovka Popova – ZI Stara Zagora – Bułgaria

mgr inż. Ewa Ryjak – MODR Karniowice – Polska

mgr inż. Ewelina Stajnder – MODR Karniowice – Polska

mgr inż. Maciej Dymacz – Stowarzyszenie ARID – Polska

mgr Krzysztof Paleczny – Stowarzyszenie ARID – Polska

Wsparcie Komisji Europejskiej dla produkcji tej publikacji nie stanowi poparcia dla treści, które odzwierciedlają jedynie poglądy autorów, a Komisja nie może zostać pociągnięta do odpowiedzialności za jakiekolwiek wykorzystanie informacji w niej zawartych.

Projekt współfinansowany w ramach programu Unii Europejskiej Erasmus+

SPIS TREŚCI

MODUŁ 0. Wstęp 11

1 O energii 12

1.1 Energia 12

1.2 Źródła energii 12

2 Odnawialne źródła energii 13

3 Produkcja energii elektrycznej 15

3.1 Zasady rządzące produkcją energii elektrycznej 15

4 Omówienie sposobu generowania energii elektrycznej 15

5 Produkcja energii elektrycznej – transformacja energii w elektrowni 17

MODUŁ 1. Biogazownia rolnicza 23

1 Czym jest biogazownia rolnicza? 24

1.1 Definicja ogólna 24

1.2 Elementy biogazowni rolniczej – poszczególne etapy produkcji gazu 25

2 Jak powstaje biogaz 30

2.1 Warunki środowiskowe 31

3 Substrat do produkcji biogazu – rodzaje i efektywność energetyczna 35

3.1 Naturalne nawozy – odchody zwierzęce 36

3.2 Rośliny 37

3.3 Produkty uboczne pochodzące z przemysłu rolniczego i spożywczego 37

4 Wykorzystanie wytworzonego biogazu – kogeneracja, trigeneracja 39

4.1 Uzdatnianie biogazu 39

4.2 Silniki kogeneracyjne 40

4.3 Główne elementy układu kogeneracyjnego 41

4.4 Rodzaje silników w układach kogeneracyjnych 42

4.5 Zasady doboru układu kogeneracyjnego 44

4.6 Wykorzystanie biogazu do napędu pojazdów 45

5 Gospodarka odpadami 46

5.1 Charakterystyka masy pofermentacyjnej 46

5.2 Zagospodarowanie pozostałości pofermentacyjnej 46

5.3 Uzdatnianie pozostałości pofermentacyjnej 47

5.4 Uciążliwość zapachowa pofermentu 49

6 Studium przypadku 50
6.1 Opis biogazowni rolniczej o mocy 500 kW w zakładzie doświadczalnym Instytutu Zootechniki PIB Odrzechowa Sp. z o.o. 50
6.2 Przykłady dobrych praktyk zakończonych pomyślnym wdrożeniem w zakresie małych biogazowni. 53
7 Bibliografia: 53

MODUŁ 2. Energia słoneczna 55
1 Energia słoneczna 56
1.1 Definicja 56
1.2 Podział energii słonecznej 56
1.3 Promieniowanie Słoneczne 57
1.4 Zalety i wady wykorzystywania energii słonecznej 58
2 Historia wykorzystania energii słonecznej 58
2.1 Początki wykorzystywania energii słonecznej 58
2.2 Wczesne zastosowanie energii słonecznej w gospodarce 58
3 Solarna energia elektryczna 61
3.1 Wykorzystanie energii promieniowania słonecznego 61
3.2 Typy kolektorów słonecznych 61
3.3 Optymalne warunki zabudowy kolektora słonecznego 63
3.4 Ogniwa fotowoltaiczne 64
3.5 Czym jest efekt fotowoltaiczny? 65
3.6 Jak działają ogniwa słoneczne? 65
4 Możliwości wykorzystania energii słonecznej w rolnictwie 67
5 Różne zastosowania słonecznej energii cieplneJ 68
6 Metody magazynowania energii 70
7 Studia przypadków 70
7.1 Farma słoneczna Wierzchosławice 70
7.2 Słoneczny powiat – Sucha Beskidzka 71

MODUŁ 3. Energia Wiatru 73
1 Energia wiatru 74
1.1 Definicje i podstawowe terminy 74
1.2 Dlaczego energia wiatru? 75

1.3 Zalety energii wiatru ... 75
1.4 Wady energii wiatru ... 77
2 Wytwarzanie energii z wiatru w rolnictwie ... 78
2.1 W jaki sposób wiatr może pomóc rolnikom? ... 79
2.2 Współpraca z deweloperami farm wiatrowych ... 79
3 Zasady pozyskiwania i wykorzystywania energii wiatru ... 81
3.1 Jak działa turbina wiatrowa? ... 81
3.2 Jaka jest najlepsza lokalizacja farmy wiatrowej? ... 81
3.3 Moc wiatru ... 82
3.4 Co decyduje o tym, ile energii generuje turbina wiatrowa? ... 83
3.5 Jak wybudować farmę wiatrową? Etapy budowy farmy wiatrowej ... 88
4 Studia przypadków ... 92
4.1 Turbiny wiatrowe Bilecik-Kutahya ... 92
4.2 Pierwsza morska farma wiatrowa w Turcji ... 92
4.3 Elektrownia 40 MW w Ayça, Çanakkale ... 93
4.4 Elektrownia 303 MW w Çanakkale ... 93
4.5 Park wiatrowy Fantanele-Cogealac ... 94
4.6 Park wiatrowy Věžnice ... 94
4.7 Czysta energia z Vysočina ... 95
4.8 Czysta energia z regionu Svitavsko ... 95
5 Bibliografia ... 96

MODUŁ 4. Energia Geotermalna ... 97
1 Energia geotermalna ... 98
2.2 Definicje i podstawowe terminy ... 98
2 Zasady pozyskiwania i wykorzystywania energii geotermalnej ... 100
2.1 Opis działania energii geotermalnej ... 100
3 Wytwarzanie energii ze źródeł geotermalnych w rolnictwie ... 101
3.1 Ogrzewanie i pompy ciepła ... 101
3.2 Wytwarzanie energii elektrycznej z energii geotermalnej ... 105
4 Metody produkcji w rolnictwie ... 108
4.2 Możliwe zastosowania w rolnictwie ... 109
5 Zalety i wady energii geotermalnej ... 110
5.1 Zalety ... 110
5.2 Wady ... 111

6 Najnowsze informacje na temat geotermii 111
7 Europejska Platforma Technologii i Innowacji w Zakresie Głębokiej Geotermii (ETIP-DG) 112
8 Studium przypadku 113
8.1 Projekt geotermalny Bigadic 113
8.2 İspazmir-Balçova – Geotermalny system ciepłowniczy 114
8.3 Miasto Galanta na Słowacji 114
8.4 Energia geotermalna w Islandii 114
9 Bibliografia 115

MODUŁ 5. Energia Wodna 117
1 Energia wodna 118
1.1 Energia wodna w UE 118
1.2 Potencjał hydroenergetyczny 119
1.3 Cykl hydrologiczny 119
2 Klasyfikacja elektrowni wodnych 121
3 Silniki elektryczne dla elektrowni wodnych 122
3.1 Koła wodne 122
3.2 Turbiny wodne 124
4 Energia wodna na obszarach wiejskich 126
4.1 Małe elektrownie wodne i możliwości ich budowy 126
4.2 Budowa małej elektrowni wodnej 127
4.3 Zasada działania małych elektrowni wodnych 128
4.4 Turbiny dla małych elektrowni wodnych 128
4.5 Kiedy jest to opłacalne? 129
5 Studia przypadków 129
5.1 Mała elektrownia wodna RUŽÍN II 129
5.2 Mała elektrownia wodna Skawinka i Borek 130
6 Bibliografia 131

MODUŁ 6. Biomasa 133
1 Biomasa 134
1.1 Definicje i podstawowe terminy 134
2 Rodzaje biomasy 135
2.1 Biomasa odpadowa 135
2.2 Uprawy energetyczne 137
3 Proces produkcji energii z biomasy 139
3.1 Konwersja termiczna 141
3.2 Konwersja chemiczna, procesy bez spalania 143
4 Zalety i wady biomasy 143
4.1 Zalety 143
4.2 Wady 144
5 Najnowsze informacje na temat biomasy 145
5.1 Światowa Rada Energetyczna 2016 | Zasoby energii na świecie 145
6 Studium przypadku 146
6.1 Ciepłownia na biomasę w Roves Farm 146
6.2 Zakłady przetwórstwa biomasy Bułgaria 147
6.3 Copys Green Farm, Norfolk 147
6.4 Stefan Nordmyr Family Farm and Greenhouses 148
7 Bibliografia 149

MODUŁ 0

Wstęp

1 O energii

1.1 Energia

Energia to zdolność układu materii do wykonania pracy.

Zgodnie z równaniem Einsteina $E = m \cdot c^2$ energia jest równa masie. Energia przenoszona jest nie tylko przez masę, lecz również przez pole fizyczne. Bezpośrednie przekształcenie jednej formy energii w drugą jest możliwe, choć nie zawsze.

1.2 Źródła energii

- **Energia jądrowa** – energia uwalniana podczas rozszczepienia jąder pierwiastków ciężkich lub fuzji jąder pierwiastków lekkich. Przewiduje się opanowanie reakcji termojądrowych, dlatego więc obecnie najbardziej praktyczne w zastosowaniu są pierwiastki ciężkie (U, Th, Pu) w połączeniu z lekkimi pierwiastkami (H, D, T).
- **Energia chemiczna** – energia zawarta w wiązaniach chemicznych między atomami i cząsteczkami uwalniana w wyniku przegrupowania w chmurach elektronowych atomów. Typowym przykładem tej formy energii są paliwa kopalne.
- **Energia mechaniczna** – energia przemieszczających się ciał lub pojedynczych cząstek. Przykładem tej formy energii jest energia kinetyczna przenoszona przez wodę i wiatr.
- **Energia termiczna** – energia wynikająca z chaotycznego ruchu atomów i cząsteczek w obrębie masy fizycznej. Zgodnie z prawami termodynamiki, spontaniczne przekazywanie ciepła odbywa się tylko z ciała cieplejszego do ciała o niższej temperaturze.
- **Energia elektryczna** – zazwyczaj przekazywana przez pola elektromagnetyczne, wywoływana jest ruchem elektronów niosących ładunek elektryczny w przewodnikach. Energia elektryczna jest szczególnie odpowiednia do transmisji i dystrybucji do użytkowników. Wadą tej formy energii jest brak możliwości jej wydajnego przechowywania. Można ją jednak przekształcić w inne rodzaje energii.

Podział źródeł energii ze względu na odnawialność

a) **Odnawialne źródła energii** – potencjał energetyczny jest stale uzupełniany przez naturalne procesy lub poprzez działalność człowieka. Źródła te obejmują energię wiatru, wody, biomasy oraz energię słoneczną.

b) **Nieodnawialne źródła energii** – zasoby stopniowo wyczerpują się poprzez ich wykorzystywanie. Obejmują one paliwa kopalne i jądrowe.

Podział źródeł energii ze względu na miejsce w łańcuchu procesów przetwarzania energii

a) **Źródła energii pierwotnej występują naturalnie w przyrodzie.** Obejmują one paliwa kopalne i jądrowe, energię słoneczną i geotermalną oraz energię wiatru i wody.

b) **Źródła energii wtórnej pozyskiwane są poprzez konwersję pierwotnych źródeł energii.** Przykładowo, poprzez spalanie węgla (będącego pierwotnym źródłem energii), generowane jest ciepło, które wykorzystywane jest następnie jako wtórne źródło energii.

Podział źródeł energii ze względu na zakres zastosowań

– **Konwencjonalne (tradycyjne) źródła energii znajdują powszechnie wiele zastosowań.** Obejmują one paliwa kopalne i jądrowe oraz energię wody.

– **Niekonwencjonalne źródła energii nie są jeszcze wykorzystywane na szeroką skalę.** Odpowiednie technologie umożliwiające ich praktyczne zastosowanie szybko się rozwijają lub są obecnie weryfikowane. Źródła te obejmują energię słoneczną i geotermalną, energię wiatru, oceanów, biomasy oraz energię ekstrahowaną poprzez syntezę termojądrową.

2 Odnawialne źródła energii

Energia pozyskana ze źródeł odnawialnych jest również określana mianem zielonej energii. Jej wykorzystywanie przynosi wiele korzyści:

– bezpieczna eksploatacja, powszechna obecność i odnawialność zasobów,

– ograniczenie zależności od tradycyjnych, nieodnawialnych źródeł energii,

– mniejsze zanieczyszczenia środowiska naturalnego,

– ograniczenie produkcji CO_2 i innych gazów cieplarnianych,

– rozwój nowych technologii (nowe miejsca pracy w postępowej dziedzinie).

Odnawialne źródła energii, z których możliwe jest wytworzenie energii elektrycznej obejmują następujące rodzaje energii:

– energia słoneczna:
  • panele fotowoltaiczne,
  • kolektory słoneczne.

– energia wiatru:
  • konwencjonalna,

- turbiny do produkcji energii elektrycznej.

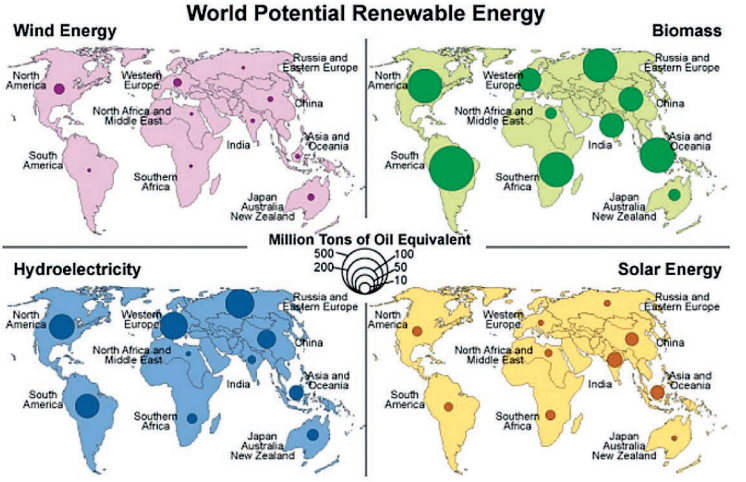
– energia wodna:
  - energia przepływu wody,
  - energia fal,
  - energia strumieni wodnych,
  - energia pływów morskich.

– energia geotermalna:
  - do ogrzewania,
  - do produkcji energii elektrycznej.

– biomasa (biogaz):
  - do ogrzewania,
  - do produkcji energii elektrycznej.

Odnawialne źródła energii można wykorzystać:

- do produkcji energii elektrycznej,
- do ogrzewania,
- jako paliwo w środkach transportu.



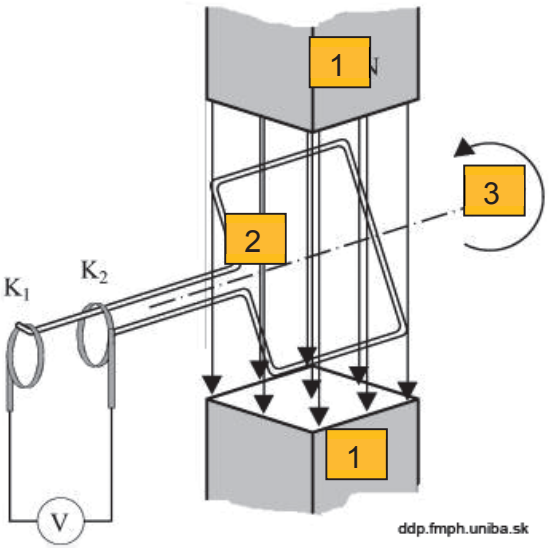
Światowy potencjał energii odnawialnej, energia wiatru, biomasa, energia wodna, energia słoneczna (http://earthtrends.wri.org/updates/node/149)

Wśród odnawialnych źródeł energii, które nie wytwarzają CO_2 znajduje się również biomasa. Podczas jej spalania do atmosfery uwalniana jest taka sama ilość CO_2, która jest absorbowana przez rosnący materiał biologiczny. Dlatego pod względem emisji CO_2 biomasę uważa się za neutralną.

3 Produkcja energii elektrycznej

3.1 Zasady rządzące produkcją energii elektrycznej

Źródła prądu zmiennego nazywane są **generatorami prądu zmiennego**.



1. Statyczna część (stojan) alternatora

2. Obracająca się cewka (wirnik) alternatora

3. Obrót cewki w stałym polu magnetycznym wytwarza siłę elektromagnetyczną. Jeśli obwód jest zamknięty, siła elektromagnetyczna wywoła okresowo zmienny prąd elektryczny – **prąd zmienny**.

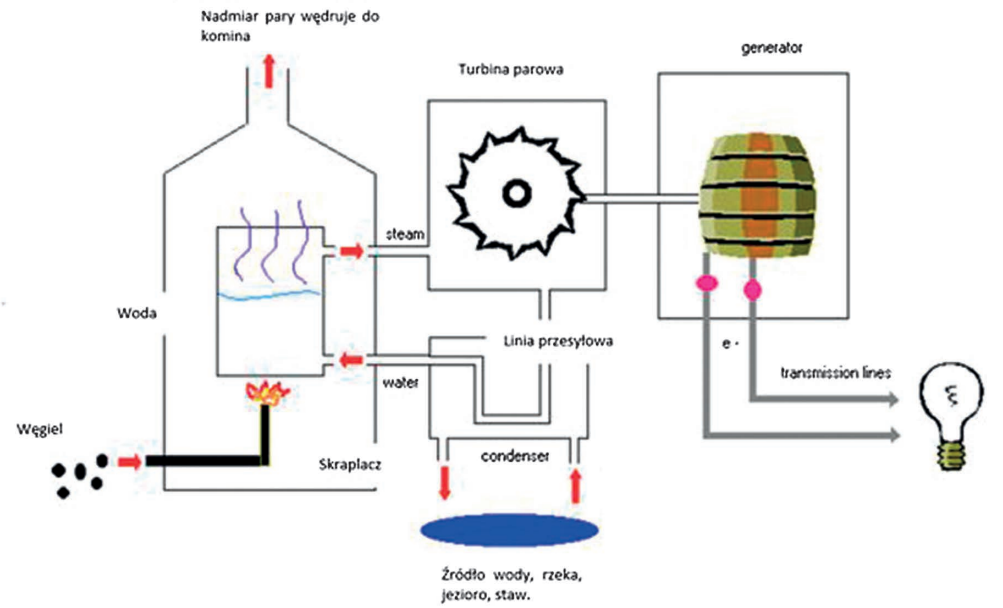
4 Omówienie sposobu generowania energii elektrycznej

W elektrowni konwencjonalnej energia elektryczna generowana jest poprzez spalanie paliw kopalnych, takich jak węgiel lub gaz ziemny. Ciepło wytwarzane podczas spalania jest wykorzystywane do gotowania wody, tworząc parę. Para powoduje, że turbina (z cewką z uzwojeniem) obraca się w polu magnetycznym (lub odwrotnie – powoduje, że magnes obraca się w cewce). Kiedy cewka obraca się w polu magnetycznym, w przewodach zaczynają płynąć elektrony, a przepływ elektronów w przewodzie to właśnie energia elektryczna.

Z niektórych rodzajów alternatywnej energii można w ten sam sposób wytworzyć energię elektryczną. Główna różnica polega na tym, że zamiast spalania paliw kopalnych, to inne źródła energii wykorzystywane są do obracania turbiny. Przykładowo, wiatraki wykorzystują energię wiatru do napędzania turbiny celem produkcji energii elektrycznej. Energia jądrowa wykorzystuje ciepło generowane przez rozszczepienie atomów uranu, które przekształca wodę w stanie ciekłym w parę, która z kolei obraca turbinę z cewką z uzwojeniem. Czasem, by zagotować wodę, spala się drewno, łodygi, odpady lub inną materię organiczną (określaną mianem biomasy). Skupione za pomocą luster promienie słoneczne mogą wytworzyć wystarczającą ilość

energii do zagotowania wody (elektrownia tego typu znajduje się na pustyni Mohave). Woda przepływająca przez zapory może również obracać turbiny, wytwarzając tzw. „energię hydroelektryczną". Przypływy i odpływy morza, wywołane grawitacyjnym przyciąganiem Słońca i Księżyca, są wykorzystywane do obracania turbiny w kilku elektrowniach pływowych, zwłaszcza w elektrowni o mocy 240 megawatów znajdującej się w La Rance we Francji. Na świecie istnieje kilka elektrowni geotermalnych, w których do napędzania turbiny wykorzystywane jest ciepło z wnętrza Ziemi. Przykładowo, 21 tego typu elektrowni działa na terenie The Geysers w północnozachodniej Kalifornii.

Z innych rodzajów alternatywnej energii wytwarza się energię elektryczną w sposób



bardziej bezpośredni. Przykładowo, w ogniwach paliwowych dochodzi do ekstrakcji elektronów z wodoru w celu wytworzenia prądu elektrycznego, natomiast ogniwa fotowoltaiczne wykorzystują fotony światła słonecznego, by wprawić w ruch elektrony w półprzewodniku, wytwarzając w ten sposób prąd elektryczny.

5 Produkcja energii elektrycznej – transformacja energii w elektrowni

Produkcja energii elektrycznej opiera się na transformacji energii. Konwersja energii jest nieodzowna, ponieważ energia elektryczna, która mogłaby zostać wykorzystana w sposób bezpośredni zasadniczo nie występuje w przyrodzie.

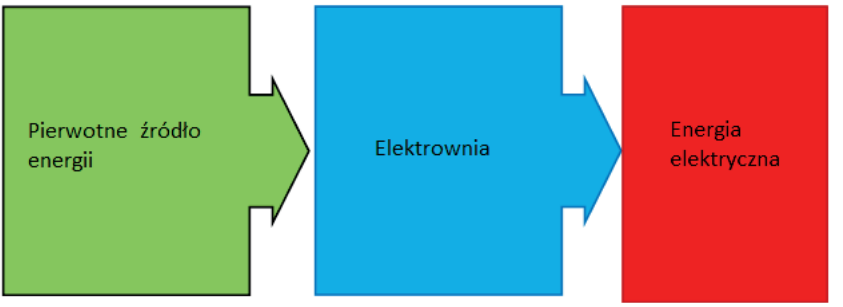
Transformacja (konwersja) energii może być:

– jednopoziomowa,

– wielopoziomowa.

Energia elektryczna wytwarzana jest w elektrowniach. Elektrownia jest producentem energii elektrycznej. Sieć elektroenergetyczna obejmuje urządzenia do produkcji, dystrybucji i konsumpcji energii elektrycznej. Elektrownia to każda jednostka, w której odbywa się konwersja (transformacja) energii elektrycznej z innego rodzaju energii.

Energia elektryczna jest szczególnie interesująca ze względu na swoje właściwości. Charakteryzuje się tym, że może być stosunkowo łatwo przenoszona na duże odległości i może być wykorzystana do przekształcenia w inne pożądane źródła energii (światło, ciepło, fale elektromagnetyczne, itp.). Uważana jest za najważniejszą i najwyższą jakościowo formę energii.



Absorbent – substancja zdolna do absorbowania innej substancji z roztworu, zawiesiny lub gazowej mieszaniny i tworzenia z nimi substancji jednorodnych.

Absorber selektywny – materiał, który dobrze pochłania promieniowanie krótkofalowe, ale słabo emituje długie fale.

Absorpcyjny układ chłodniczy – odwrócony obieg Rankine'a, w którym para jest absorbowana przez ciecz pompowaną pod wysokim ciśnieniem.

Anemometr skrzydełkowy – urządzenie służące do pomiaru prędkości wiatru lub wody.

Biodiesel – proces wytwarzania biodiesla znany jest pod nazwą transestryfikacji i polega na dodaniu metanolu do oleju roślinnego.

Bioetanol – alkohol pitny, aktywny składnik piwa, wina i napojów spirytusowych.

Biomasa – rośliny uprawne lub odpady organiczne (w tym gnojowica i ścieki).

Cykl Carnota – fikcyjny idealny obieg złożony z odwracalnych adiabatycznych (izentropowych) i izotermicznych procesów sprężania i rozprężania. Ponieważ całe dostarczone ciepło netto jest przetwarzane na pracę, cykl ten charakteryzuje się maksymalną wydajnością pracy układu działającego pomiędzy dwoma zbiornikami o różnych temperaturach.

Druga zasada termodynamiki – niemożliwe jest zbudowanie obiegu, który będzie pobierał ciepło ze źródła i wykonał równoważną ilość pracy w otoczeniu.

Egzergia – jakość energii. Maksymalna energia użyteczna w procesie transformacji energii.

Egzergia ciepła – część ciepła, która zostanie przekształcona na pracę (dostępna energia lub dostępność termodynamiczna) w idealnym cyklu Carnota działającym pomiędzy temperaturą źródła ciepła a temperaturą otoczenia.

Elektrochemiczne magazyny energii – baterie i akumulatory.

Energia całkowita – suma energii potencjalnej, kinetycznej, chemicznej, termicznej oraz energii ciśnienia układu.

Energia chemiczna – energia zawarta w układach chemicznych.

Energia ciśnienia – energia wynikająca z ciśnienia.

Energia potencjalna – energia wynikająca z wysokości.

Energia termiczna – energia, która powstaje z wymiany ciepła.

Entropia – miara stopnia nieuporządkowania układu.

Etanol – alkohol pitny, aktywny składnik piwa, wina i napojów spirytusowych.

Fotosynteza – przekształcenie dwutlenku węgla i wody w węglowodany proste i tlen za pomocą promieniowania słonecznego absorbowanego przez chlorofil rośliny.

$$12\ H_2O + 6\ CO_2 \rightarrow C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2 + 6\ H_2O$$

Hydroliza – rozkład substancji poprzez interakcję z wodą, w wyniku którego powstaje wodór.

Kaloryczność – kaloryczność substancji palnej to ciepło wytwarzane podczas całkowitego spalenia 1 kg tej substancji (znana również jako ciepło spalania lub wartość opałowa w przypadku paliwa).

Kąt azymutu Słońca – kąt między płaszczyzną, na którą pada bezpośredni promień Słońca a południem prawdziwym na półkuli północnej.

Kąt deklinacji Słońca – kątowe przemieszczenie się Słońca z płaszczyzny równika Ziemi.

Kąt godzinny – kątowe przemieszczenie się Słońca z jego pozycji w południe (wyrażany w godzinach, 1h = 15°).

Kąt wysokości Słońca – opisuje wysokość Słońca na niebie. Kąt jest mierzony pomiędzy fikcyjną linią między obserwatorem a Słońcem i płaszczyzną poziomą, na której stoi obserwator. Kąt wysokości jest obliczany w następujący sposób:

$$\sin(ALT) = [\cos(L).\cos(D).\cos(H)]+[\sin(L).\sin(D)]$$

gdzie: ALT – Kąt wysokości Słońca, L – Szerokość geograficzna, D – Deklinacja, H – Kąt godzinny

Kogeneracja – wykorzystywanie ciepła odpadowego z produkcji energii.

Letnie przesilenie Słońca – występuje w lecie, gdy Słońce na półkuli północnej góruje nad Zwrotnikiem Raka i jest najbardziej oddalone od równika Ziemi.

Magazynowanie energii – akumulatory energii obejmują układy mechaniczne, chemiczne, elektrochemiczne lub termiczne.

Mechaniczne systemy magazynowania – obejmują przechowywanie energii kinetycznej w kołach zamachowych, przechowywanie pompowanej cieczy i sprężonego gazu.

Moc – energia mechaniczna zużyta w jednostce czasu. Prędkość wykonywania pracy.

Obieg Rankine'a – ciepło na pracę. Jest to proces gotowania płynu celem otrzymania pary o wysokim ciśnieniu, która jest doprowadzana do urządzenia rozprężającego wytwarzającego pracę. Para pod niższym ciśnieniem skrapla się następnie poprzez jej ochłodzenie, a otrzymana ciecz jest pompowana pod wysokim ciśnieniem do kotła, zamykając cykl.

Oddychanie – proces, w którym tlen jest transportowany z płuc zwierząt do mięśni przez hemoglobinę we krwi. Węglowodany utleniają się, tworząc dwutlenek węgla, który jest transportowany z powrotem do płuc i wydzielany do atmosfery.

Obieg węgla – cykliczny łańcuch wydarzeń, w którym następuje wymiana węgla pomiędzy zwierzętami i roślinami a środowiskiem.

Ogniwa paliwowe – wykorzystują paliwo i powietrze do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła bez stosowania spalania. Można wykorzystywać w nich różne źródła paliwa, w tym gaz ziemny, metan, gaz węglowy lub gaz składowiskowy.

Osmoza – przepuszczenie czystej wody i roztworu soli przez półprzepuszczalną membranę powodujące rozdzielenie substancji.

Pasywne zastosowanie energii słonecznej – cechy budynku, które umożliwiają maksymalne przechwycenie energii słonecznej do jego wnętrza. Obejmują one solarne szyby, ściany i dach, uzależnione są od ustawienia budynku.

Pierwsza zasada termodynamiki – energia i materiały są zawsze zachowywane, nie można ich ani tworzyć, ani niszczyć, tylko przekształcać z jednego stanu lub formy na inną.

Piroliza – fizyczny i chemiczny rozkład odpadów spowodowany wysokotemperaturowym ogrzewaniem odpadów przy ograniczonym dostarczaniu tlenu (tj. w warunkach próżniowych).

Pompa ciepła – urządzenie, które dostarcza energię cieplną ze źródła ciepła (ziemia, woda, powietrze lub ciepło odpadowe). Pompy ciepła są przeznaczone do przenoszenia energii cieplnej w kierunku przeciwnym do spontanicznego przepływu ciepła poprzez pochłanianie ciepła z zimnej przestrzeni i uwalnianie go w cieplejszej.

Przemiana politropowa – $P.V^n$ = const.

Pyranometr – urządzenie służące do pomiaru strumienia promieniowania.

Rozkład beztlenowy – odbywa się w warunkach beztlenowych i w jego wyniku wytwarzany jest palny metan.

Równonoc jesienna – moment, w którym Słońce znajduje się pionowo nad równikiem. Na półkuli lądowej ma ona miejsce 23 września. W rezultacie, czasy trwania dnia i nocy są równe.

Równonoc wiosenna – moment, w którym Słońce jest pionowo nad równikiem na wiosnę – czasy trwania dnia i nocy są równe.

Rurka Prandtla – urządzenie służące do pomiaru prędkości wiatru lub wody.

Silnik wiatrowy – turbiny wiatrowe lub wiatraki o poziomej lub pionowej osi obrotu.

Skala Kelwina – skala termodynamiczna (absolutna) opracowana przez irlandzkiego fizyka i inżyniera Williama Thomsona, 1. barona Kelwina (1824–1907). Punkt zerowy tej skali odpowiada -273,15°C w skali Celsjusza. Punkt zerowy jest uważany za najniższą możliwą temperaturę występującą we wszechświecie. Dlatego skalę Kelwina określa się również mianem skali absolutnej.

Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii oraz chłodzenie – wykorzystywanie części wyprodukowanej energii do zasilania układu chłodzenia.

Śruba Archimedesa – silnik wodny kojarzony z greckim matematykiem Archimedesem. Składa się z dużej spiralnej śruby obracającej się wewnątrz dopasowanego cylindra. Dolna część śruby jest zanurzona w wodzie, a gdy cylinder obraca się niewielka ilość wody jest zagarniana do góry. Śruba jest używana do pobierania wody do nawadniania w delcie Nilu w Egipcie i jest często używana do zagarniania zboża w młynach.

Systemy fotowoltaiczne – ogniwa słoneczne działające na zasadzie efektu fotoelektrycznego, dzięki któremu światło padające na specjalnie przygotowaną granicę pewnych par substancji wywołuje różnicę potencjałów w całym układzie.

Termodynamika – bada sposób, w jaki substancje zachowują się, gdy są ogrzewane, chłodzone, rozprężane lub sprężane. Zajmuje się w szczególności związkiem między ciepłem, pracą i innymi formami energii.

Trzecia zasada termodynamiki – entropia substancji zbliża się do zera, gdy jej temperatura termodynamiczna zbliża się do zera stopni Kelvina.

Turbina Francisa – rodzaj turbiny wodnej. Jest to silnik rotacyjny, który pobiera energię z ruchu wody. Turbina Francisa jest turbiną wodną reakcyjną o dopływie dośrodkowym, łączy ona cechy turbiny promieniowej i osiowej. Została opracowana przez Jamesa B. Francisa w XIX wieku i była szeroko stosowana w energetyce przemysłowej zanim zaczęto stosować sieć energetyczną.

Turbina Kaplana – silnik wodny wyposażony w turbinę wodną reakcyjną o dopływie dośrodkowym, w którym ciecz robocza zmienia swoje ciśnienie w miarę przemieszczania się przez turbinę i oddaje swoją energię. Jest to turbina promieniowo-osiowa.

Turbina Peltona – wodna turbina impulsowa. Woda jest przenoszona przez dysze na łopatki turbiny.

Wartość opałowa netto paliwa – obliczana, gdy woda w produktach spalania znajduje się w postaci pary.

Zasady termodynamiki – zerowa, pierwsza, druga i trzecia zasada termodynamiki.

Zerowa zasada termodynamiki – jeśli dwie substancje znajdują się w równowadze z trzecią substancją, wówczas dwie substancje są w równowadze ze sobą.

Zimowe przesilenie Słońca – występuje, gdy Słońce na półkuli północnej góruje nad Zwrotnikiem Koziorożca i jest najbardziej oddalone od równika Ziemi.

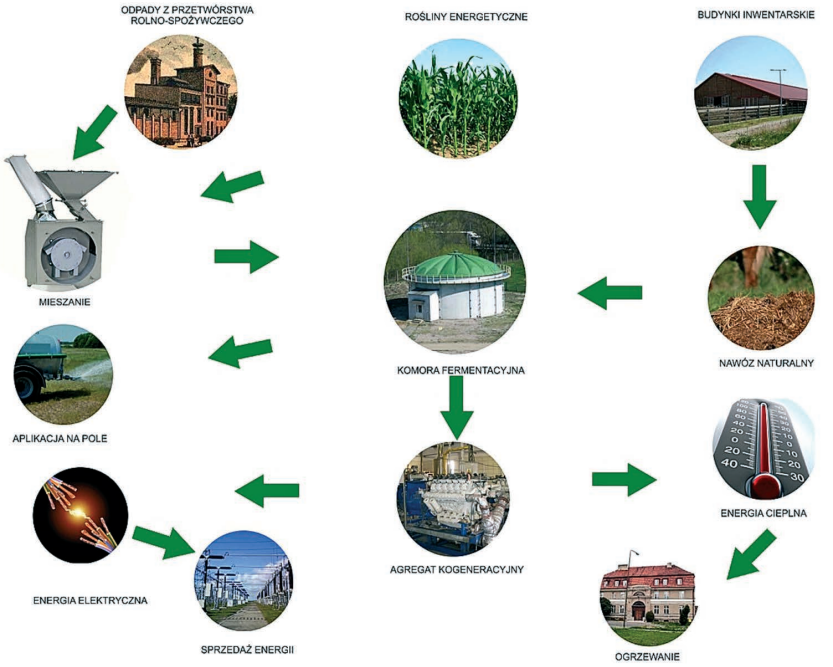
Zwrotnik Raka – szerokość geograficzna + 23°30´ N.

MODUŁ 1

Biogazownia rolnicza

1 Czym jest biogazownia rolnicza?

1.1 Definicja ogólna



Schemat 1

Biogazownia rolnicza jest zespołem urządzeń służących do przeprowadzania fermentacji metanowej substratów organicznych wytworzonych w gospodarstwie rolnym oraz umożliwiających ich wykorzystanie po zakończonym procesie fermentacji. Zgodnie z regulacjami prawnymi biogaz rolniczy to gaz otrzymany w procesie fermentacji metanowej surowców rolniczych, produktów ubocznych rolnictwa, płynnych lub stałych odchodów zwierzęcych, produktów ubocznych, odpadów lub pozostałości z przetwórstwa produktów pochodzenia rolniczego lub biomasy leśnej, lub biomasy roślinnej zebranej z terenów innych niż zaewidencjonowane jako rolne lub leśne z wyłączeniem biogazu pozyskanego z surowców pochodzących z oczyszczalni ścieków oraz składowisk odpadów (Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii, Dz.U. 2015 poz.478).

Biogaz rolniczy można zatem pozyskać ze wszystkich produktów pochodzących z produkcji rolniczej zarówno zwierzęcej jak i roślinnej. Wytworzenie biogazu możliwe jest praktycznie z każdego materiału pochodzenia rolniczego, a materiał ten (substrat) ma zróżnicowaną wartość energetyczną czyli potencjał do wytworzenia określonej ilości metanu.

Istnieją różne możliwości procesu pozyskania i zagospodarowania energii z biogazu. Schemat 1 przedstawia takie możliwości.

1.2 Elementy biogazowni rolniczej – poszczególne etapy produkcji gazu

Każda biogazownia rolnicza składa się z kilku podstawowych elementów. Elementy dodatkowe instaluje się w biogazowniach w zależności od ich wykorzystania oraz mocy.

Elementami podstawowymi każdej biogazowni są więc:

- zbiornik magazynowania substratów,
- urządzenie transportujące substrat ze zbiornika do reaktora,
- komora fermentacyjna,
- zbiornik gazu,
- zbiornik na przefermentowany substrat.

Elementy zależne od przeznaczenia biogazowni:

- generator prądotwórczy,
- urządzenie do spalania gazu i wytwarzające ciepło,
- kogenerator.

Naziemny magazyn substratów

Magazyn substratów – każda biogazownia musi być wyposażona w magazyn substratów. Magazyn taki jest niezbędny do utrzymania stałej ilości produkowanego biogazu. Pojemność magazynu powinna być dostosowana do 0,5–2-krotnej objętości produkowanego w ciągu doby substratu. Zbiornik magazynowy dla substratów płynnych może być wykonany z różnych materiałów takich jak beton, stal lub tworzywa sztuczne. Materiał, z jakiego wykonany jest zbiornik zależy do składowanego materiału. Zbiornik magazynowy może być zagłębiony lub naziemny.

Zbiorniki do magazynowania substratów płynnych i półpłynnych powinny być szczelne i mieć odpowiednią wielkość w stosunku do produkcji substratu. Zbiornik na substrat roślinny powinien być wyposażony w odpowiednią instalację służącą do odbioru odcieków w celu zapobiegania przedostawaniu się odcieków do gleby. Zbiornik taki powinien być szczelnie zakryty aby zapobiec przedostawaniu się do niego wody deszczowej oraz wysychaniu substratu.

Pompa przeponowa do transportu substratu płynnego

Urządzenia do transportu substratu – aby produkcja biogazu odbywała się na stałym, odpowiednim poziomie konieczne jest stałe zasilanie fermentora odpowiedniej jakości

substratem. W zależności od rodzaju substratu można stosować pompy (substrat płynny np. gnojowica), przenośniki ślimakowe (substrat półpłynny) oraz kosze zasypowe zlokalizowane przy fermentorach o pojemnościach pozwalających na zasypanie ilością substratu wystarczającego na dobę.

Fermenter pionowy

Komora fermentacyjna (bioreaktor) – jest najważniejszym elementem biogazowni, w której przebiega proces fermentacji metanowej. Od poprawności jej konstrukcji i właściwego wykonania uzależniona jest skuteczność całej inwestycji. Ściany komory fermentacyjnej muszą być szczelne, aby uniemożliwić przeciekanie cieczy i gazów. Konieczna jest również dobra izolacja, zapewniająca jak najmniejsze straty ciepła. Im lepsza izolacja, tym mniejsze uzależnienie od temperatury zewnętrznej. Komora fermentacyjna powinna mieć właz umożliwiający kontrolę wnętrza i ewentualne naprawy. W zależności od zastosowanej technologii, biogazownia może być wyposażona w jedną lub więcej komór. Komory fermentacyjne mogą być poziome lub pionowe, wykonane z blachy stalowej, betonu lub tworzywa sztucznego. Komora musi być wyposażona w urządzenie do mieszania jej zawartości (mieszadło lub inny system mieszający) oraz w system grzewczy pozwalający na osiągnięcie wymaganej temperatury fermentacji i utrzymanie jej na stałym poziomie. Przefermentowaną masę z bioreaktora odprowadza się najczęściej przez rurę przelewową.

Mieszadło skośne

Systemy mieszające – ważnym elementem procesu powstawania biogazu jest mieszanie fermentującej w zbiorniku pulpy. Wyróżnia się 3 typy mieszadeł: pneumatyczne, hydrauliczne oraz mechaniczne. W większości biogazowni stosuje się mieszadła mechaniczne. Mieszadła mechaniczne można podzielić na 3 grupy: skośne, poziome i pionowe. Najczęściej spotykany jest układ 2–3 mieszadeł skośnych lub poziomych. Mieszadła pionowe (centralne) można stosować tylko w przypadku zbiornika ze stałym, wzmocnionym dachem. Niepełne mieszanie wskutek jego braku może prowadzić do zaburzeń fermentacji i tworzenia się kożucha.

Ogrzewanie wewnętrzne

Systemy ogrzewające – Układ grzewczy w zbiornikach betonowych musi być umieszczony od wewnątrz bocznych ścian, z kolei w zbiornikach metalowych jest on zazwyczaj umiejscowiony na stronie zewnętrznej. Oba typy zbiorników muszą posiadać izolację termiczną. Innym rozwiązaniem jest zastosowanie ogrzewania podłogowego w dnie zbiornika. Zdarza się również podgrzewanie wsadu za pomocą wymiennika ciepła umieszczonego na zewnątrz zbiornika. Nowatorskim rozwiązaniem jeśli chodzi o ogrzewanie jest wykonanie mieszadła w fermentorze poziomym z rur stalowych w środek których wpompowywana jest gorąca woda ogrzewająca fermentat. Zaletą takiego systemu jest jednorodne ogrzewanie cieczy w całej jej objętości.

Zbiornik na biogaz

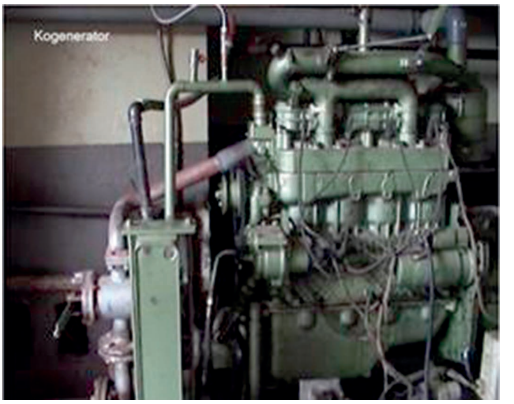
Zbiornik gazu – jest to wydzielony zbiornik magazynujący biogaz, pracujący przy ciśnieniu wymaganym w sieci gazowej. Zgromadzony w nim biogaz przechowywany jest do czasu, kiedy będzie zapotrzebowanie na energię. Zbiornik na biogaz ma postać elastycznego balonu, który wypełnia się w miarę zwiększania się ilości wyprodukowanego biogazu. Zbiornik może być umiejscowiony bezpośrednio nad reaktorem lub, w przypadku reaktora poziomego może być usytuowany obok reaktora. W takim przypadku zbiornik musi być usytuowany w odpowiedniej budowli zapewniającej bezpieczną pracę zbiornika. Każdy zbiornik wyposażony jest w zawór bezpieczeństwa zapobiegający nadmiernemu wzrostowi ciśnienia wewnątrz zbiornika. W przypadku przekroczenia dopuszczalnego ciśnienia zawór wypuszcza nadmiar biogazu na zewnątrz.

Zbiornik na pofermentat

Zbiornik na przefermentowany substrat – jest to oddzielny, zewnętrzny zbiornik pozwalający na składowanie przefermentowanego substratu, który jest cennym nawozem i może być wykorzystany zarówno w formie płynnej jak i wykorzystany do produkcji kompostu na potrzeby rynku.

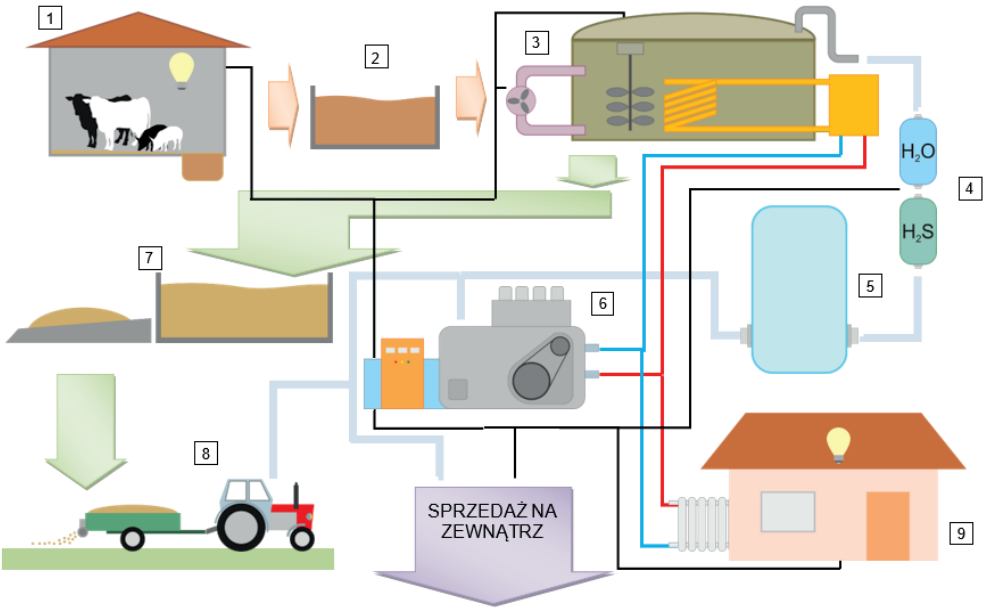
Urządzenie do oczyszczania biogazu – Oczyszczanie biogazu przed wykorzystaniem jest niezbędne, ponieważ zapobiega korozji instalacji i urządzeń oraz ze względu na wymogi związane z ochroną środowiska.

Urządzenia zależne od przeznaczenia biogazowni



Biogaz może być wykorzystany do produkcji energii elektrycznej, cieplnej lub obu tych energii jednocześnie. W praktyce najczęściej spotyka się układy wykorzystujące produkowany biogaz do wytwarzania energii elektrycznej i cieplnej. Taki system nazywany jest układem **kogeneracyjnym.** Aby wytworzyć energię elektryczną i cieplną należy zainstalować urządzenie zwane **agregatem kogeneracyjnym.** Jest to odpowiednio przystosowany do spalania metanu silnik spalinowy ze zintegrowaną, zależną od wielkości biogazowni prądnicą. Ciepło wytwarzane w silniku spalinowym wykorzystywane jest jako źródło energii cieplnej.

Rzadziej spotykanym sposobem wykorzystania biogazu jest spalanie go w celach grzewczych. W takiej biogazowni urządzeniem przetwarzającym biogaz na energię cieplną jest piec gazowy odpowiednio zmodyfikowany do spalania metanu.



1. Budynek gospodarski – gnojowica spływa kanałem do zbiornika wstępnego. Naturalnym źródłem metanu są odchody zwierzęce: obornik i gnojowica, a także odchody drobiu.
2. Zbiornik wstępny – miejsce gromadzenia biomasy, jego kształt i rodzaj zależy od ilości i charakteru substratów np. kiszonki wymagają przechowywania w silosach lub rękawach. Zbiornik może być wyposażony w instalację do odbioru odcieków zapobiegającą przedostawaniu się substancji do gleby i jej zanieczyszczaniu.
3. Komora fermentacyjna – serce biogazowni. Komora może być jedna lub więcej, zależy to od zastosowanej technologii. Mogą one być betonowe lub stalowe. Są zaopatrzone w instalację ogrzewającą i izolującą, zapewniającą utrzymanie odpowiedniej temperatury dla zachodzących reakcji chemicznych. Materiał wsadowy może być podgrzewany bezpośrednio przez rozcieńczanie gorącą wodą lub parą, bądź pośrednio przez wymienniki ciepła wbudowane w ściany lub dno komory fermentacyjnej. Zawartość komory nie jest jednorodna. Dlatego istotnym elementem komory jest system mieszający, którego zadaniem jest ujednolicenie składu zawartości oraz odgazowanie fermentującego wsadu. Stosuje się różne sposoby mieszania: pompowe – zewnętrzny układ pomp wymuszający cyrkulację w komorze; mieszanie przez wtłaczanie gazu; mieszacze śrubowe – mieszadło pompujące umieszczone w centralnej rurze transportowej; mieszanie śmigłami wolnoobrotowymi umieszczonymi w układzie pionowym lub ukośnym.
4. Oczyszczanie biogazu – przed wykorzystaniem na cele energetyczne biogaz musi być oczyszczony z nadmiaru pary wodnej i siarkowodoru. Biogaz nasycony jest parą wodną, a jego wilgotność względna wynosi 100%. W zależności od rozwiązań technicznych część pary ulega kondensacji w odwadniaczu lub chłodnicy. Pozostała ilość wpływa na zmianę parametrów gazu. Aby chronić agregaty służące do wykorzystania gazu przed wysokim zużyciem należy parę wodną usunąć. Zawartość siarkowodoru w biogazie waha się od 0,1–2% i zależy od rodzaju wsadu. Siarkowodór jest niekorzystny ze względu na toksyczność, odór, przyspieszanie korozji urządzeń. Jako krytyczne przyjmuje się stężenie H_2S powyżej 1% objętościowego.
5. Zbiornik na biogaz – zamontowany bezpośrednio nad komorą fermentacyjną, zbierając gaz z bieżącej produkcji, ma kształt dzwonu. Innym rozwiązaniem są zbiorniki osobne. Instalacja musi być wyposażona w pochodnię do spalania nadwyżek gazu oraz inne urządzenia bezpieczeństwa zabezpieczające przed nad- i podciśnieniem oraz w instalację odgromową.
6. Agregat kogeneracyjny przetwarzający biogaz na energię elektryczną i cieplną oraz system automatycznego sterowania, w skład którego wchodzą układy regulacji, pomiaru, zabezpieczeń i monitorowania.
7. Zbiornik na przefermentowaną biomasę. Czasem może stanowić komorę wtórnej fermentacji, ponieważ proces fermentacji nierozłożonej części materii organicznej trwa dalej, ale ze znacznie mniejszą wydajnością. Warunkiem dalszego odzyskania biogazu jest przykrycie zbiornika gazoszczelną powłoką.
8. Substancja pofermentacyjna może być wykorzystana do nawożenia upraw polowych i użytków zielonych. Paliwem do maszyn rolniczych może być biogaz. Wymaga to odpowiedniej adaptacji maszyn i uzdatnienia biogazu do poziomu jakości gazu ziemnego.
9. Wykorzystanie energii elektrycznej i cieplnej na potrzeby własne pozwala zmniejszyć koszty funkcjonowania gospodarstwa.

2 Jak powstaje biogaz

Jak sama nazwa wskazuje, „biogaz" powstaje w procesie biologicznym. Z masy organicznej przy braku obecności tlenu powstaje mieszanina gazów, tak zwany biogaz. Początkowo biogaz był nazywany gazem błotnym lub bagiennym, gnilnym, ściekowym ze względu na miejsce naturalnego powstawania. Ten szeroko rozpowszechniony w przyrodzie proces odbywa się na przykład na torfowiskach, na dnie mórz, w gnojowicy oraz w żwaczach przeżuwaczy. Masa organiczna zamienia się prawie w całości w biogaz i oprócz tego powstają dodatkowo niewielkie ilości nowej biomasy lub ciepła.

Biogaz składa się przede wszystkim z metanu (50–75%), dwutlenku węgla (25–45%), wody (2–7%), siarkowodoru (0,1–5,5%) oraz śladowych ilości azotu, tlenu i wodoru.

Biogaz i jego główny składnik – metan – oraz ich właściwości i wartość opałowa zostały odkryte w 1776 r. przez włoskiego fizyka Alessandra Voltę. Nazwę biogaz dla mieszaniny gazów powstających podczas fermentacji metanowej odchodów zwierząt hodowlanych i odpadów rolniczych zaproponował w 1955 r. Werner Noack. Proces wytwarzania metanu może zachodzić również w sztucznie stworzonych warunkach, w komorach, gdzie biogaz uzyskuje się na skutek fermentacji metanowej.

Fermentacja metanowa – proces mikrobiologiczny, w którym złożone substancje organiczne (węglowodany, białka, tłuszcze) przekształcane są w warunkach beztlenowych przez mikroorganizmy anaerobowe w metan i dwutlenek węgla.

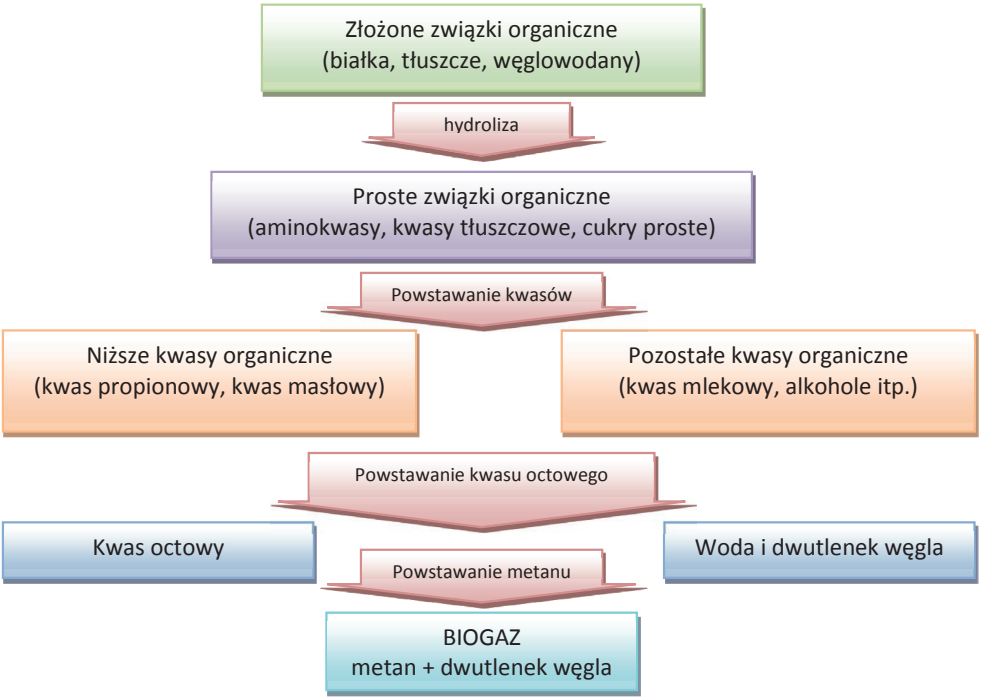
Nazwa „fermentacja metanowa" została nadana przed poznaniem istoty tego procesu i może być myląca. W rzeczywistości jest to zespół przemian biochemicznych, które łączy brak tlenu stąd stosowana jest również nazwa fermentacja beztlenowa.

W procesie przekształcania związków organicznych w gaz fermentacyjny biorą udział trzy grupy mikroorganizmów:

1. **Bakterie prowadzące dwa pierwsze etapy procesu to bakterie hydrolizujące związki organiczne**. Optymalne warunki dla tych mikroorganizmów to pH ok. 6 oraz temp. ok. 30°C.
2. **Bakterie octanowe** – odpowiadające za produkcję octanów.
3. **Bakterie metanogenne** – należą do bezwzględnych beztlenowców. W przypadku pojawienia się tlenu już w stężeniu 0,01 mg/dm^3 są one inhibitowane, wzrasta stężenie kwasów organicznych i obniża się pH środowiska. Są bardzo zróżnicowane i wyspecjalizowane do wykorzystywania określonych substratów. Optimum temperaturowe procesu metanogenezy wynosi 35–45°C, zaś pH ok. 7.

Proces powstawania biogazu, można podzielić na kilka etapów. W pierwszym etapie, **hydrolizie**, dochodzi do rozkładu złożonych związków materiału wyjściowego (np. węglowodanów, białek, tłuszczy) na proste związki organiczne (np. aminokwasy,

cukier, kwasy tłuszczowe). Uczestniczące w tym procesie bakterie uwalniają enzymy, które rozkładają materiał na drodze reakcji biochemicznych. Następnie utworzone produkty pośrednie rozkładają się w tak zwanej **fazie zakwaszania** przy udziale bakterii kwasotwórczych na kwasy tłuszczowe (kwas octowy, propionowy i masłowy) oraz dwutlenek węgla i wodór. Oprócz tego powstają niewielkie ilości kwasu mlecznego i alkoholu. Produkty te w następnej fazie **tworzenia się kwasu octowego,** przy udziale bakterii zamieniają się w substancje poprzedzające powstanie biogazu (kwas octowy, wodór i dwutlenek węgla). Ponieważ zbyt wysoka zawartość wodoru szkodzi bakteriom octowym, muszą one współpracować z bakteriami metanowymi. Podczas tworzenia metanu zużywają one wodór i przez to zapewniają odpowiednie warunki do życia bakterii octowych. W kolejnej fazie, **metanogonezie**, ostatnim etapie tworzenia biogazu, z produktów acetogenezy powstaje metan.



2.1 Warunki środowiskowe

W opisie warunków środowiskowych można rozróżnić fermentację mokrą oraz fermentację suchą, ponieważ głównie ze względu na zawartość wodoru wynikają między nimi różnice.

Jednoznaczny podział metod na fermentację mokrą i suchą z biologicznego punktu widzenia jest właściwie mylny, ponieważ bakterie biorące udział procesie fermentacji zawsze potrzebują płynnego środowiska do przeżycia. Również w przypadku definicji zawartości masy suchej fermentującego podłoża dochodzi do nieporozumień, ponieważ bardzo często stosuje się podłoża o różnych zawartościach masy suchej. Z tego powodu podział na fermentację mokrą lub suchą następuje na podstawie zawartości masy suchej materiału w komorze fermentacyjnej. Należy ponadto zwrócić uwagę na fakt, iż bakterie w swoim bezpośrednim otoczeniu w obu przypadkach potrzebują środowiska wodnego. Co prawda nie ma dokładnej definicji granicy między fermentacją mokrą i suchą, to jednak w praktyce przyjęło się, że o fermentacji mokrej mówimy wtedy, gdy zawartość masy suchej w fermentorze wynosi od 12 do 15% i przy tej zawartości wody możliwe jest pompowanie materiału. Jeśli zawartość masy suchej wzrośnie powyżej 16%, to materiał przeważnie traci zdolność do pompowania i mówimy wtedy o fermentacji suchej.

Tlen

Bakterie metanowe należą do najstarszych organizmów żyjących na ziemi i powstały przed trzema lub czterema miliardami lat, długo przed tym, jak na ziemi wytworzyła się atmosfera. Z tego powodu bakterie te również dziś są zdane na warunki życia, w których nie występuje tlen. Niektóre z tych bakterii już przy niewielkich ilościach tlenu giną. Często nie da się uniknąć całkowitego wyeliminowania zawartości tlenu w fermentatorze. Powodem tego, że nie od razu można wyhamować działania bakterii metanowych lub całkowicie ich zlikwidować, jest fakt, że żyją one we współpracy z bakteriami z poprzednich etapów. Niektóre z tych bakterii są warunkowo beztlenowe, to znaczy mogą przeżyć zarówno w warunkach aerobowach jak i anaerobowych. Tak długo, jak doprowadzenie tlenu nie będzie odpowiednio wydajne, bakterie te będą zużywać tlen, zanim zaszkodzi on bakteriom, które żyć mogą tylko w warunkach beztlenowych.

Temperatura

Zasadniczo można powiedzieć, że reakcje chemiczne przebiegają tym szybciej, im wyższa jest temperatura otoczenia. W przypadku biologicznych procesów rozkładu i przemiany zależność ta sprawdza się tylko pod pewnymi warunkami. Należy uwzględnić, że każdy rodzaj bakterii biorących udział w procesach przemiany materii potrzebuje innej temperatury. Jeśli te żądane zakresy temperatur zostaną przekroczone, może dojść do zahamowania lub nawet do nieodwołalnego uszkodzenia bakterii. Bakterie uczestniczące w procesie rozkładu, ze względu na wymagania temperaturowe, możemy podzielić na trzy grupy: bakterie psychrofilowe, mezofilowe i termofilowe.

– Optymalna temperatura w przypadku bakterii psychrofilowych wynosi około 25°C. W takiej temperaturze odpada konieczność podgrzewania podłoża względem fermentatora, ale za to skuteczność rozkładu i produkcja gazu jest wyraźnie ograniczona.

– Większość znanych bakterii metanowych posiada optymalną temperaturę wzrostu w mezofilnym zakresie temperatur między 32 a 42°C. Instalacje pracujące w zakresie mezofilowym są w praktyce najszerzej rozpowszechnione, ponieważ w tym zakresie temperatur osiąga się relatywnie wysoki uzysk gazu przy zachowaniu dobrej stabilności procesu.

– Jeśli zachodzi konieczność zastosowania środków higienicznych prowadzących do zabicia bakterii chorobotwórczych lub w przypadku stosowania podłoży o wysokiej temperaturze własnej (np. woda procesowa), zaleca się użycie do fermentacji termofilnych kultur bakterii. Ich optymalna temperatura działania wynosi od 50 do 57°C. Dzięki wysokiej temperaturze procesu uzyskujemy wysoki uzysk gazu. Należy jednak zauważyć, że potrzebna jest wówczas dodatkowa porcja energii do procesu fermentacji. Poza tym proces fermentacji w tym zakresie temperatur jest bardziej czuły na zakłócenia i nieregularność w doprowadzaniu podłoża lub w sposobie pracy komory fermentacyjnej.

Ponieważ bakterie podczas działania produkują tak mało ciepła, że nie wystarcza go do uzyskania wymaganej temperatury otoczenia, podczas pracy mezofilowej i termofilowej fermentatora musi on być obowiązkowo zaizolowany i ogrzewany z zewnątrz, aby możliwe było uzyskanie optymalnych warunków temperaturowych dla bakterii.

Odczyn pH

Jeśli chodzi o odczyn pH, to obowiązują podobne zależności, jak w przypadku temperatury. Bakterie uczestniczące w poszczególnych etapach procesu posiadają różne odczyny pH, zapewniające ich optymalny wzrost. Optymalny odczyn pH bakterii hydrolizujących i kwasotwórczych wynosi od 4,5 do 6,3. Nie są one jednak zdane bezwzględnie na te wartości i mogą przeżyć również przy nieco wyższym odczynie pH. Wtedy jednak ich aktywność będzie znacznie mniejsza. Inaczej wygląda rzecz w przypadku bakterii produkujących kwas octowy i metan. Odczyn pH musi posiadać dokładnie wartość między 6,8 a 7,5. Jeśli proces fermentacji odbywa się tylko w jednym fermentatorze, to odczyn pH musi być ustalony w tym zakresie. Niezależnie od tego, czy proces przebiega jedno- lub dwuetapowo, odczyn pH ustawia się przeważnie automatycznie poprzez obecność zasadowych lub kwaśnych produktów przemiany materii, powstających podczas rozkładu beztlenowego. W normalnym przypadku odczyn pH jest utrzymywany w neutralnym zakresie poprzez wolny dwutlenek węgla. Odczyn pH spada, jeśli wyczerpie się pojemność buforowa obecnego dwutlenku węgla. Aktywność bakterii metanowych uczestniczących w przemianie materii zostaje zahamowana. Ponieważ rozkład metanogenny nie działa teraz odpowiednio sprawnie, dochodzi do skupienia kwasów związanych z fermentacją octową, co powoduje jeszcze większe obniżenie odczynu pH. Następuje zakwaszenie procesu i bakterie przestają wykonywać swoją pracę. Jeśli zauważymy taki spadek odczynu pH, należy

natychmiast zatrzymać doprowadzenie podłoża, aby dać bakteriom metanowym czas na rozkład występujących kwasów.

Dostarczanie składników pokarmowych

Procesy przebiegające w fermentatorze można porównać do tych, które mają miejsce w układzie pokarmowym przeżuwaczy. Dlatego bakterie reagują tak samo źle na „błędy żywieniowe", jak zwierzęta. Co prawda wykorzystywane podłoża muszą przede wszystkim zapewniać jak największą produkcję metanu, to oprócz tego tak samo ważne jest występowanie pierwiastków śladowych i składników pokarmowych, takich jak żelazo, nikiel, kobalt, selen, molibden i wolfram, niezbędnych do wzrostu i przetrwania bakterii. Ostateczna ilość metanu dająca się uzyskać z używanych podłoży jest określona poprzez zawartości białek, tłuszczy i węglowodanów. Ponadto o stabilnym przebiegu procesu decyduje również stosunek C/N w używanym podłożu. Jeśli ten stosunek jest za wysoki (dużo C i mało N), nie może dojść do całkowitej przemiany węgla, a tym samym nie można uzyskać możliwego potencjału metanu. W odwrotnym przypadku, przy nadmiarze azotu może dojść do powstania amoniaku (NH_3), który już w niewielkich stężeniach hamuje wzrost bakterii i może doprowadzić nawet do zniszczenia całej populacji. Do prawidłowego przebiegu procesu stosunek C/N musi wynosić w zakresie 10–30. Aby bakterie otrzymywały dostateczną porcję substancji pokarmowych, stosunek C:N:P:S powinien wynosić 600:15:5:1.

Inhibitory

Występują różne powody zahamowania produkcji gazu względem przebiegu procesu. Z jednej strony mogą one być związane z problemami technicznymi instalacji. Z drugiej strony przyczyną opóźnień w przebiegu procesu mogą być inhibitory. Są to substancje, które już w niewielkich ilościach działają toksycznie na bakterie i zakłócają proces rozkładu. Chcąc opisać te substancje, musimy je podzielić na te, które dostają się do fermentatora poprzez dodanie podłoża, oraz te, które występują jako produkty pośrednie z poszczególnych etapów rozkładu. Przy dostarczaniu składników pokarmowych należy sobie uzmysłowić, że również nadmierne podanie podłoża może zahamować proces fermentacji, ponieważ każda substancja składowa substratu podana w większych stężeniach może działać szkodliwie na bakterie. Dotyczy to szczególnie substancji takich jak antybiotyki, środki dezynfekujące lub rozpuszczalniki, środki chwastobójcze, sole lub metale ciężkie, które nawet w niewielkich ilościach mogą zahamować proces rozkładu. Ale nawet ważne pierwiastki śladowe mogą w wysokich stężeniach działać toksycznie na bakterie. Ponieważ bakterie do pewnego stopnia mogą się dopasować do takich substancji, stężenie, od którego substancja staje się szkodliwa jest trudne do określenia. W przypadku niektórych inhibitorów możemy mówić o wzajemnym oddziaływaniu z innymi substancjami. Metale ciężkie szkodzą procesowi fermentacji tylko wtedy, gdy występują w wolnej postaci. Siarkowodór, powstający w procesie fermentacji łączy się z metalami ciężkimi i powoduje ich neutralizację. Podczas procesu fermentacji mogą powstać również inne zahamowujące proces substancje. Szczególnie amoniak (NH_3) nawet

w niewielkich stężeniach działa szkodliwie na bakterie. Innym produktem procesu fermentacji jest siarkowodór (H_2S), który w wolnej postaci jako trucizna komórkowa już przy stężeniu wynoszącym 50 mg/l może zahamować proces rozkładu. Siarka jest ponadto ważnym pierwiastkiem śladowym, a tym samym ważnym mikroelementem bakterii metanowych. Poza tym metale ciężkie poprzez połączenie z siarczkami (S_2-) ulegają neutralizacji. Widzimy więc, że działanie hamujące różnych substancji zależy od wielu czynników, a ustalenie stałych wartości granicznych, od których zaczyna się zahamowanie procesu jest bardzo trudnym zadaniem

3 Substrat do produkcji biogazu – rodzaje i efektywność energetyczna

Biogaz rolniczy oznacza paliwo gazowe otrzymywane z surowców rolniczych, produktów ubocznych rolnictwa, płynnych lub stałych odchodów zwierzęcych, produktów ubocznych lub pozostałości przemysłu rolno-spożywczego lub biomasy leśnej w procesie fermentacji metanowej. Do produkcji biogazu rolniczego można stosować substancje organiczne, pochodzące z działalności rolniczej i produkcji przemysłowej. Do najważniejszych substratów pochodzenia rolniczego mających zastosowanie w produkcji biogazu można zaliczyć odchody zwierząt, uprawy energetyczne i odpady z hodowli roślin natomiast do substratów przemysłowych zaliczmy odpady produkcji spożywczej, mleczarskiej, cukrowniczej czy mięsnej (Pająk 2010).

Biomasa stanowiąca surowiec do produkcji biogazu składa się z trzech podstawowych grup związków organicznych: węglowodanów, białek i tłuszczów. Oprócz tego do wzrostu mikroorganizmów odpowiedzialnych za fermentację potrzebne są rozpuszczalne formy potasu, sodu, żelaza, magnezu i wapnia oraz pierwiastki śladowe. Najwięcej biogazu można uzyskać z rozkładu tłuszczów.

Substrat	Produkcja biogazu dm^3/kg	Zawartość metanu [%]	Zawartość CO_2 [%]
Węglowodany	790	50	50
Tłuszcze	1250	68	32
Białka	700	71	29

Parametry istotne z punktu widzenia produkcji biogazu to:

- Zawartość suchej masy (s.m.) [%]
- Zawartość suchej masy organicznej (s.m.o.) [% s.m.]
- Wydajność CH_4 [m^3/kg s.m.o.]

Skład chemiczny poddawanych fermentacji związków organicznych, obok temperatury procesu i czasu przetrzymywania substratów w reaktorze, decyduje o ilości i składzie biogazu.

3.1 Naturalne nawozy – odchody zwierzęce

To jedne z najważniejszych rodzajów substratu dla biogazowni rolniczej. Najczęściej jest stosowana gnojowica i obornik. Dominującą rolę odgrywa gnojowica świńska i bydlęca. Porównanie wydajności tych substratów wypada zdecydowanie korzystniej dla gnojowicy świńskiej, dodatkowo biogaz z gnojowicy bydlęcej charakteryzuje się niższą zawartością biometanu. W/w substraty ze względu na odór są uciążliwe przy stosowaniu lecz przefermentowanie eliminuje ten problem. Te substraty wykorzystywane są w biogazowni przede wszystkim w celu ich utylizacji. Ponadto cechują się dużą wodnistością przez co są cennym dodatkiem do wsadu co pozwala na uzyskanie wymaganego poziomu suchej masy w fermentowanym substracie. Dużym problemem dla hodowców drobiu jest zagospodarowanie pomiotu kurzego. Często nie dysponują oni odpowiednimi użytkami zielonymi gdzie można by go spożytkować jako nawóz. Idealnym rozwiązaniem w takiej sytuacji jest jego fermentacja.

Podłoże	Zawartość suchej masy (%)	Zawartość suchej masy organicznej (%)	Uzysk biogazu (m^3/t s.m.o.)	Zawartość metanu CH_4 (% obj.)
Naturalne nawozy				
gnojowica krów	8–11	75–82	200–500	**50–60**
gnojowica cieląt	10–13	80–84	220–560	**50–57**
gnojowica świń	ok. 7	75–86	300–700	**60–70**
gnojowica owcza	12–16	80–85	180–320	**50–56**
obornik bydła	ok. 25	68–76	210–300	**55–60**
obornik świń	20–25	75–80	270–450	**55–60**
obornik kurzy	30–32	63–80	250–450	**57–70**
obornik koński	**20–40**	**65–95**	**280–350**	**55–65**

Źródło: A. Myczko (red.) Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych 2011

3.2 Rośliny

Surowce roślinne, wykorzystywane jako substrat do produkcji biogazu, nie są jednorodne, co wpływa na wydajność i intensywność fermentacji. Łatwo fermentujące węglowodany – cukier, skrobia. Zawarte w burakach czy ziarnach zbóż, melasie czy kiszonce kukurydzy, są szybciej rozkładane w procesie fermentacji niż siano czy słoma o dużej zawartości ligniny i celulozy.

Obecnie coraz większe zastosowanie w produkcji biogazu, w szczególności w Niemczech, znajdują uprawy celowe roślin energetycznych. Rośliny energetyczne przeznaczone do produkcji biogazu winny spełniać te same wymagania, co biomasa przeznaczona na paszę dla zwierząt, zwłaszcza przeżuwaczy. Wynika to z faktu, że proces fermentacji metanowej jest porównywalny do fermentacji jaka zachodzi w przewodzie pokarmowym przeżuwaczy.

Optymalnym rozwiązaniem jest dostarczenie do biogazowni roślin w postaci rozdrobnionej i zakiszonej. Kiszonki surowców roślinnych stanowią doskonałe uzupełnienie masy fermentacyjnej. Ze względu na wysoką wydajność produkcji biogazu, stanowią bardzo ważny element w procesie fermentacji. Przy doborze roślin należy się kierować takimi kryteriami jak wydajność suchej masy z jednostki powierzchni, zawartości składników łatwo fermentujących czy łatwość magazynowania. Najlepszymi substratami w polskich warunkach są takie rośliny jak kukurydza, mieszanki zbożowe, mieszanki zbożowo-strączkowe, słonecznik, trawa, lucerna, koniczyna czy liście i korzenie buraków cukrowych.

3.3 Produkty uboczne pochodzące z przemysłu rolniczego i spożywczego

Odpady organiczne takie jak resztki warzyw, owoców, wysłodziny gorzelniane, browarnicze, cukrownicze, odpady poubojowe, odpady z produkcji oleju są tanim surowcem i jednocześnie ich producenci są zmuszeni do ich drogiej utylizacji. Dlatego wykorzystanie tych substratów jest opłacalne ekonomicznie ponieważ można pobrać opłatę za przyjęcie odpadu do utylizacji. W przypadku odpadów poubojowych, ich utylizacja jest zyskowna jak i doskonale zwiększa potencjał energetyczny masy substratów. Ich zastosowanie w biogazowni wymaga ich wcześniejszego przygotowania poprzez zastosowanie

zabiegu tzw. higienizacji (przetrzymywanie w temperaturze ok 70°C przez okres ok 60 minut). W przypadku biogazowni gorzelnianych lub przy zakładach mleczarskich (tłuszcze, serwatka) mogą zastąpić gnojowicę i stanowić podstawowy substrat do produkcji biogazu.

Charakterystyka wybranych roślin oraz wybranych produktów ubocznych pod kątem uzysku biogazu.

Podłoże	Zawartość suchej masy (%)	Zawartość suchej masy organicznej (%)	Uzysk biogazu (m^3/t s.m.o.)	Zawartość metanu CH_4 (% obj.)
Rośliny				
kiszonka z kukurydzy	20–35	85–95	450–700	**50–55**
żyto	30–35	92–98	550–680	**ok. 55**
Trawy				
skoszona trawa	ok.12	83–92	550–680	**55–65**
kiszonki traw	25–50	70–95	550–620	**54–55**
Produkty uboczne pochodzące z przemysłu rolniczego				
wysłodziny browarniane	20–25	70–80	580–750	**59–60**
wywar zbożowy	6–8	83–88	430–700	**58–65**
wywar ziemniaczany	6–7	85–95	400–700	**58–65**
wytłoki owocowe	25–45	90–95	590–660	**65–70**
Inne substraty do biogazowni				
odpady sklepowe	5–20	80–90	400–600	**60–65**
treść żołądkowa	12–15	75–86	250–450	**60–70**

Źródło: Land Technik Weiher Stephen H.Mitterleitner (Latocha 2009)

4 Wykorzystanie wytworzonego biogazu – kogeneracja, trigeneracja

Biogaz jest paliwem o średniej wartości energetycznej. Może być wykorzystywany w gospodarstwach domowych, przemyśle, rolnictwie – do produkcji ciepła/chłodu, energii elektrycznej lub jako biopaliwo.

4.1 Uzdatnianie biogazu

Ze względu na obecność w surowym biogazie związków obniżających jego wartość energetyczną, bądź skracających żywotność urządzeń konwertujących biogaz, niezbędne jest jego uzdatnienie (oczyszczenie) przed zastosowaniem energetycznym.

Do najważniejszych procesów uzdatniania należą: odsiarczanie, suszenie oraz usuwanie CO_2.

Odsiarczanie

W biogazie powstałym w procesie beztlenowej fermentacji metanowej obecny jest siarkowodór. Powstaje on w wyniku rozkładu białek i innych substancji organicznych wchodzących w skład wsadu fermentora. Zawartość siarkowodoru w biogazie zależna jest od rodzaju wsadu i waha się od 0,1–2%

Siarkowodór jest substancją o właściwościach toksycznych (może doprowadzić do zatrucia a nawet śmierci), ma nieprzyjemny zapach (odory z biogazowni wpływają niekorzystnie na otoczenie), przyspiesza korozję urządzeń oraz hamuje przebieg procesu fermentacji. Za stężenie krytyczne przyjmuje się wartość powyżej 1% objętościowego H_2S w gazie. Należy również pamiętać, że przekroczenie pewnych wartości stężenia siarkowodoru może grozić utratą gwarancji na urządzenia kogeneracyjne.

W biogazie wytwarzanym przez biogazownię rolniczą, której podstawowym wsadem są gnojowica i kiszonki stężenie siarkowodoru nie przekracza 1500 ppm. Jest to wartość zbyt wysoka dla wielu typów silników gazowych. Dobór instalacji odsiarczającej wynika z oszacowanej zawartości siarkowodoru w biogazie, będącej funkcją rodzaju wsadu i proporcji pomiędzy substratami.

Osuszanie

Biogaz nasycony jest wodą, a jego wilgotność względna wynosi 100%. Część pary ulega kondensacji w odwadniaczu lub w chłodnicy. Parę wodną należy usunąć, aby chronić agregaty wytwarzające biogaz przed wysokim i przedwczesnym zużyciem. Pozostała część pary wpływa na zmianę szeregu parametrów fizyko-chemicznych biogazu. Ilość pary wodnej, jaka może znajdować się w biogazie zależna jest od jego temperatury. W celu jej usunięcia należy ochłodzić gaz, dzięki czemu para ulegnie kondensacji.

Chłodzenie biogazu często odbywa się jeszcze w instalacji gazowej. Odpowiednio nachylone elementy sprzyjają zbieraniu kondensatu w najniższym punkcie instalacji.

Warunkiem należytego chłodzenia biogazu w instalacji gazowej jest wystarczająca jej długość. Należy pamiętać o zapewnieniu dostępu do zbiornika na kondensat w celu regularnego opróżniania. Nie wolno dopuszczać do zamarzania zbiornika na kondensat.

Wzbogacanie

Jeżeli istnieje zapotrzebowanie na metan o odpowiedniej jakości należy wzbogacić biogaz poprzez usunięcie CO_2. Sytuacja taka ma miejsce jeżeli biogaz będzie przesyłany do sieci gazowej lub wykorzystywany jako paliwo do pojazdów. CO_2 można usunąć przy zastosowaniu różnych metod fizykochemicznych, takich jak: absorpcja, chemisorpcja, adsorpcja, membranowa separacja, wykraplanie. Wzbogacanie biogazu pomaga również w oczyszczaniu go z innych śladowych zanieczyszczeń. Ze względu na nakłady technologiczne i rosnący koszt inwestycji, ekonomicznie zasadnym jest wzbogacanie biogazu w instalacjach produkujących dziennie co najmniej 2500 m^3 biogazu. (A. Kowalczyk-Juśko, Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska).

4.2 Silniki kogeneracyjne

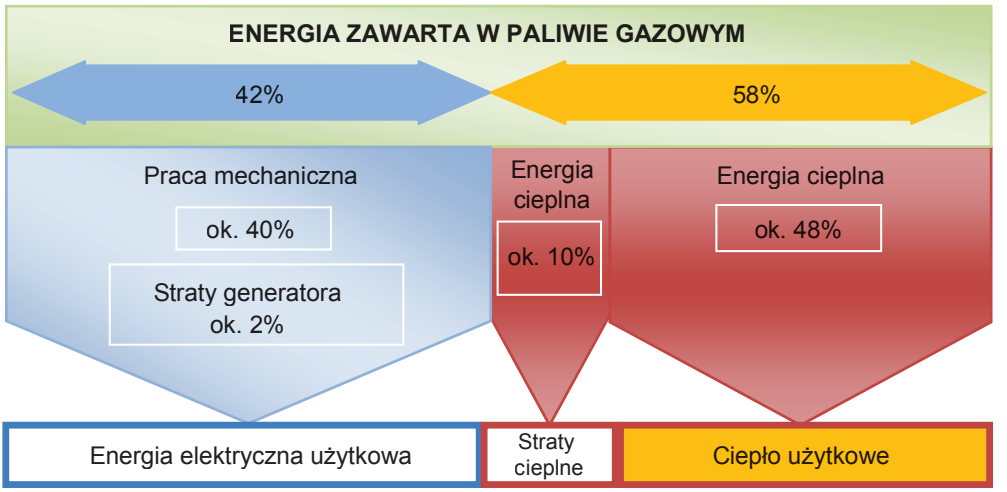
CHP (Combined Heat and Power) to oznaczenie silników kogeneracyjnych, wytwarzających równocześnie energię elektryczną i cieplną w procesie spalania biogazu. Biogaz spalany jest w miejscu jego wytwarzania. Rozwiązanie takie jest bardzo korzystne zarówno ze względów ekonomicznych jak i środowiskowych. Sprawność energetyczna rozwiązań tradycyjnych, wytwarzających ciepło lub energię elektryczną, wynosi ok. 40%. Dla porównania sprawność kogeneratora dochodzi do 90%. Sprawność pozyskania energii elektrycznej w najnowszych dużych agregatach mieści się w granicach 30–40%, a sprawność cieplna 40–44%. Dla małych biogazowni sprawność elektryczna wynosi 25–33%, natomiast cieplna jest zwykle wyższa niż 50%. Współczynniki sprawności zwiększają się zazwyczaj wraz ze wzrostem elektrycznej mocy instalacji.

Najczęstszym rozwiązaniem w układach skojarzonych małej mocy są tłokowe silniki kogeneracyjne.

Charakteryzują się one:

- dostępnością w szerokim zakresie mocy elektrycznej (od 5 kW do 50 MW),
- możliwością optymalnego dopasowania układu do potrzeb indywidualnego odbiorcy,
- możliwością modułowej konstrukcji układów większych mocy,
- możliwością stosowania różnych paliw, w tym biogazu,
- koniecznością chłodzenia nawet w przypadku braku odbiorów ciepła,
- dużymi gabarytami, małym wskaźnikiem mocy do masy,
- dużym hałasem, wymagającym stosowania osłon akustycznych,
- stosunkowo wysokim poziomem wibracji wymagającym stosowania podłoży tłumiących. (A. Kowalczyk-Juśko, Biogazownie szansą…)

Minimalny, wymagany poziom metanu w gazie przeznaczonym na paliwo, producenci określają zwykle na poziomie powyżej 30% objętości, co odpowiada wartości opałowej gazu na poziomie nie niższym niż 13 MJ/Nm^3.



Układy CHP z tłokowymi silnikami gazowymi (silnik wewnętrznego spalania) są stosowane najczęściej do produkcji energii elektrycznej na sprzężonym generatorze, a ciepło odpadowe jest wykorzystywane do produkcji gorącej wody lub w dodatkowym kotle – pary nasyconej. Ciepło odzyskuje się z wymiennika sprężanego biogazu, wymiennika płaszcza silnika, wymiennika oleju oraz wymiennika spalin. Silniki na biogaz mogą być zintegrowane z budynkiem lub w wersji przewoźnej – kontenerowej.

4.3 Główne elementy układu kogeneracyjnego

W skład modułu kogeneracyjnego wchodzą dwa główne układy: element napędowy (silnik) oraz generator wyposażony w instalację wymienników ciepła służącą do odzyskiwania energii termicznej zawartej w mieszaninie gazów, spalin oraz płynów silnikowych. Ponadto w skład wyposażenia mogą wchodzić elementy automatyki pomiarowej i regulacyjnej, układ doprowadzenia gazu, mieszalnik i układ automatycznego uzupełniania ubytków oleju smarnego silnika.

4.4 Rodzaje silników w układach kogeneracyjnych

Silniki tłokowe

Tłokowe silniki spalinowe są najczęstszym rozwiązaniem w kogeneracji małej mocy. Zwykle są wykorzystywane do wytwarzania gorącej wody, rzadziej pary wodnej (obok en. elektrycznej). Odzysk ciepła może pochodzić ze źródeł niskotemperaturowych (powyżej 90°C – układ chłodzenia silnika, układ chłodzenia oleju smarnego) oraz wysokotemperaturowych (380–550°C – spaliny wylotowe).

Ze względu na konstrukcję i stosowane paliwo układy skojarzone możemy podzielić na:

- silniki gazowe z zapłonem iskrowym – najczęściej spalające ubogą mieszankę paliwową podawaną pod wysokim ciśnieniem do komory spalania gdzie następuje zapłon od iskry świecy. Silniki takie często są konstruowane na bazie silników Diesla. Charakteryzują się niewielkimi mocami;
- silniki dwupaliwowe – w celu zainicjowania zapłonu konieczne jest podawanie do silnika niewielkiej ilości oleju napędowego. Problemem jest kontrola stosunku nadmiaru powietrza utrzymującego się na granicy mieszanek ubogich. Moc takich silników zwykle przekracza 1 MW.

Większość silników jest wyposażona w turbosprężarkę i układ chłodzenia powietrza dolotowego.

Źródłami pozyskiwania ciepłą są: chłodzenie płaszcza wodnego, chłodzenie oleju smarnego (miski olejowej), chłodzenie mieszanki doładowanej za turbosprężarką oraz chłodzenie spalin wylotowych z silnika. Najczęściej używane są pośrednie wymienniki płaszczowo-rurowe lub płytowe typu woda-woda lub olej-woda. Wymiennik typu spaliny woda pozwala obniżyć temperaturę spalin do ok. 120°C. Dalszy odzysk ciepła może być prowadzony przy użyciu wymienników kondensacyjnych stosowanych w przypadku zapotrzebowania na ciepło niskotemperaturowe np. ogrzewanie szklarni, lub produkcja ciepłej wody użytkowej.

Sprawność całkowita waha się od 80 do ponad 90%. Sprawność elektryczna nie przekracza 40%.

Turbiny gazowe

Inną najczęściej stosowaną grupą urządzeń stosowanych w układach skojarzonych są turbiny gazowe, wykorzystywane z reguły w układach o mocy elektrycznej powyżej 1 MW.

Turbina gazowa w porównaniu z silnikiem tłokowym charakteryzuje się mniejszymi rozmiarami i znacznie mniejszym ciężarem. Turbiny gazowe mają mniejszą sprawność energetyczną, a także mniejszy stosunek mocy elektrycznej do cieplnej.

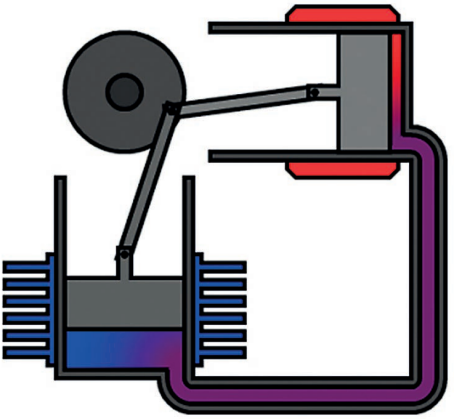
Jako że turbina nie posiada układów chłodzących, jedynym źródłem ciepłą są spaliny.

Kolejnym stopniem rozwoju rozwiązań technicznych opartych o turbiny gazowe z regeneracją ciepła są mikroturbiny gazowe. Są to stacjonarne turbozespoły gazowe charakteryzujące się niewielką mocą elektryczną rzędu ok. 25–500 kW. Składają się ze sprężarki i turbiny promieniowej oraz regeneracyjnego podgrzewacza powietrza zintegrowanego z całym układem.

Mikroturbiny znajdują zastosowanie głównie w układach CHP, w których wytwarzana jest gorąca woda. Zanieczyszczenia zawarte w biogazie mogą uszkodzić mikroturbiny, dlatego biogaz musi być wcześniej oczyszczony i osuszony. Mikroturbiny spalają biogaz o zawartości metanu od 35 do 100% i wykazują wyraźnie mniejsze wartości emisji spalin. Umożliwia to rozwój nowych dróg wykorzystania spalin np. w suszarniach rolniczych lub wykorzystanie CO_2 w szklarniach. Odzyskane ciepło ma względnie wysoką temperaturę i transportowane jest wyłącznie przez spaliny. Osiągają sprawność cieplną w zakresie 40–60%, a elektryczną 20–35%, całkowita sprawność w układzie kogeneracyjnym wynosi ponad 80%.

Silnik Stirlinga

Silnik Stirlinga przetwarza energię cieplną w energię mechaniczną bez procesu wewnętrznego spalania paliwa. Dzięki dostarczaniu ciepła z zewnątrz możliwe jest zasilanie energią pochodzącą z dowolnego źródła. Silnik Stirlinga nie ma rozrządu, nie korzysta ze spalania wybuchowego, nie ma wydechu, jest niemal bezgłośny. Jego wadą są niskie obroty, kompensowane w dużym stopniu możliwością dokładnej kontroli procesu spalania paliwa, co umożliwia utrzymanie niskiej toksyczności spalin.



Schematyczny widok silnika Stirlinga

Silnik Stirlinga składa się z dwóch tłoków („zimnego” i „gorącego”), regeneracyjnego wymiennika ciepła pomiędzy nimi oraz wymienników przekazujących ciepło między czynnikiem roboczym, najczęściej helem lub wodorem, a zewnętrznymi źródłami.

W silniku Stirlinga, w przeciwieństwie do silników gazowych, tłok nie jest napędzany wskutek rozprężania gazów spalinowych pochodzących z wewnętrznego spalania mieszanki, lecz poprzez ekspansję zamkniętego gazu, który rozpręża się dzięki doprowadzeniu energii z zewnętrznego źródła ciepła. Dzięki wyizolowaniu źródła ciepła od własnej, wytwarzanej w silniku energii, wymagane ciepło może pochodzić z różnych źródeł energetycznych (np. palnika gazowego zasilanego przez biogaz). Dzięki ciągłemu spalaniu silniki Stirlinga charakteryzują się niską emisją substancji szkodliwych oraz niskimi nakładami na konserwację. Temperatury spalin mieszczą

się w zakresie 250–300°C. Z uwagi na zewnętrzne spalanie wymagania dotyczące jakości biogazu nie są wysokie, z tego powodu w układach tego typu można wykorzystywać biogaz o niskiej zawartości metanu. Największą zaletą silników Stirlinga jest szczelnie zamknięta przestrzeń robocza wypełniona trwale, jednorazowo gazem o ciśnieniu 4–15 MPa. Dzięki takiej konstrukcji nie ma w nich zaworów i łańcuchów rozrządu, a za sprawą zewnętrznego doprowadzania ciepła, rodzaje jego źródła mogą być dowolne, nie tylko stałe, ciekłe czy gazowe, ale w dodatku zarówno nieodnawialne (węgiel, ropa, gaz ziemny), jak i odnawialne. Spaliny nie mają możliwości wnikania do silnika Stirlinga, co owocuje niskim zużywaniem się jego części oraz stosunkowo długimi okresami eksploatacji. (A. Myczko, Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych, 2011)

Swego rodzaju nowością są układy trójgeneracyjne zasilane biogazem. Wszędzie tam, gdzie występuje zapotrzebowanie na energię elektryczną, ciepło i zimno, możliwa jest instalacja układu CHP połączonego z układem chłodniczym. Układ taki jest oznaczany jako CHCP – Combined Heat, Cooling and Power. Najczęściej wykorzystywane są chłodziarki absorpcyjne zasilane ciepłem odbieranym ze spalin i instalacji chłodzenia silnika. Dzięki temu możliwe jest bardzo efektywne wykorzystanie ciepła generowanego w układzie (w sezonie grzewczym do produkcji ciepła, a w sezonie letnim do celów klimatyzacyjnych).

4.5 Zasady doboru układu kogeneracyjnego

Analiza techniczno-ekonomiczna, którą należy przeprowadzić w pierwszej fazie inwestycji obejmuje dobór układu kogeneracyjnego:

1. Określenie zapotrzebowania na nośniki energii.

   Należy określić przede wszystkim:

   – rodzaj zapotrzebowania na energię: procesy technologiczne, energia elektryczna i ciepło dla budynków;

   – typy i parametry wymaganych nośników energii: napięcie elektryczne, liczba faz, rodzaj nośnika (para, woda, gorące powietrze), temperatura, ciśnienie;

   – wielkość zapotrzebowania na poszczególne nośniki;

2. Analiza warunków uzyskania ciepła, paliw i energii elektrycznej od zewnętrznych dostawców oraz sprzedaży wytwarzanego ciepła do zewnętrznych odbiorców. Należy określić koszty i warunki zakupów w przypadku niedoboru i ewentualnej odsprzedaży nadwyżek energii

3. Określenie stanu technicznego dostępnych urządzeń oraz określenie technicznej efektywności urządzeń alternatywnych w stosunku do układu kogeneracyjnego.

   Dla istniejącego systemu zasilania należy określić stan techniczny, zakres koniecznych remontów i modernizacji, niezbędne nakłady finansowe oraz przewidywany

czas dalszej eksploatacji. Należy rozpatrzyć również wszystkie koszty inwestycyjne związane z dostosowaniem starych urządzeń do obowiązujących norm i standardów lub koszty związane z ich niedotrzymaniem.

Dla nowego obiektu trzeba wziąć pod uwagę sprawność wybranych urządzeń, elastyczność ich pracy, konieczność i złożoność obsługi, zapotrzebowanie na urządzenia pomocnicze, długość okresów międzyremontowych itd. Wszystkie te informacje pozwolą oszacować wysokość kosztów związanych z pracą systemu, jak również unaocznić korzyści i problemy mogące wpłynąć na ostateczną decyzję dotyczącą wyboru rozwiązania technicznego.

4. Oszacowanie kosztów ekologicznych – uciążliwość dla środowiska i koszty z tym związane (emisja substancji szkodliwych, składowanie surowców, składowanie odpadów).

5. Określenie rodzaju, liczby i mocy instalowanych urządzeń. Należy określić moce nominalne, sprawność, możliwe tryby pracy itd. Jeżeli zadecydujemy o instalacji układu kogeneracyjnego, to ważną decyzją będzie określenie dodatkowych urządzeń, które pokryją szczytowe zapotrzebowanie na ciepło, np. kocioł gazowy, zasobnik ciepła lub dodatkowy moduł cieplno-elektryczny o mniejszej mocy. Błędem jest dobór jednego urządzenia skojarzonego o mocy zapewniającej pokrycie maksymalnych potrzeb cieplnych i energetycznych obiektu. O ile nadwyżki energii elektrycznej można odprowadzać do sieci (z której również pokrywane są niedobory energii elektrycznej w obiekcie), o tyle nadprodukcja ciepła wymaga stosowania dodatkowych chłodnic lub pracy urządzenia pod niepełnym obciążeniem.

6. Oszacowanie nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji dla wytypowanych układów. Ten etap sprowadza się do sporządzenia obliczeń opartych o koszty zakupu lub modernizacji wybranych urządzeń, koszty remontów, obsługi, zakupu paliwa np. do kotłów olejowych oraz innych nakładów uwzględnionych w poprzednich etapach.

7. Optymalizacja. Końcowym etapem powinien być wybór rozwiązania charakteryzującego się najlepszą wartością wielkości przyjętej jako kryterium wyboru. W przeważającej liczbie wypadków wielkością tą jest efekt ekonomiczny (maksymalny lub minimalny okres zwrotu nakładów inwestycyjnych). (A. Myczko, Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych, 2011)

4.6 Wykorzystanie biogazu do napędu pojazdów

Aby biogaz mógł być wykorzystywany jako paliwo pędne do pojazdów musi być przetworzony tak aby osiągnął jakość akceptowalną dla silników samochodowych. Najczęściej oznacza to poziom jakości gazu ziemnego. Również instalacja pojazdu musi być odpowiednio przystosowana do zasilania gazem. Równocześnie firmy motoryzacyjne pracują nad rozwiązaniami umożliwiającymi eksploatację silników na dwóch rodzajach paliw np. diesel + biogaz.

5 Gospodarka odpadami

Substancja (masa, pulpa) pofermentacyjna inaczej zwana pofermentem to nieprzefermentowane związki organiczne, biomasa bakterii biorących udział w procesie oraz składniki mineralne.

W procesie beztlenowej fermentacji tylko część kosubstratów użytych jako wsad ulega przemianom do biogazu. Masa pofermentacyjna jest wartościowym produktem ubocznym, którego odpowiednie wykorzystanie może przynosić korzyści lub nawet dochód.

Spotykamy trzy główne sposoby zagospodarowania odpadów pofermentacyjnych:

- jako naturalny nawóz organiczny,
- jako źródło dodatków paszowych,
- jako biomasa do spalania w kotłach.

5.1 Charakterystyka masy pofermentacyjnej

Skład masy pofermentacyjnej jest uzależniony od substratów, które stanowią wsad do biogazowni. W zależności od rodzaju i proporcji kosubstratów zagęszczających i zwiększających wydajność, również poferment będzie miał większą lub mniejszą wartość nawozową.

W wyniku fermentacji metanowej zachodzą istotne przemiany wsadu, do których należą:

- usunięcie związków węgla łatwo ulegających przemianom;
- pozostawienie związków węgla trudno rozkładalnych, jak ligniny, włóknik itp.;
- rozłożenie substancji koloidowych, śluzowych itp.;
- przekształcenie związków azotu w azot amonowy (≥90%);
- zniszczenie bakterii i wirusów chorobotwórczych oraz jaj helmintów;
- zwiększenie zawartości aminokwasów i witaminy B12;
- zmniejszenie ilości substancji zużywających tlen;
- brak istotnych zmian zawartości makro- i mikroelementów;
- zmiana stosunku węgla do azotu, wskutek wbudowywania węgla w powstający biometan. (A. Kowalczyk-Juśko, Biogazownie szansą…)

Dla przykładu w gnojowicy surowej stosunek C:N wynosi 6,8:1, przy wahaniach 4,8–8,4:1, podczas gdy w substancji pofermentacyjnej 15–25:1.

5.2 Zagospodarowanie pozostałości pofermentacyjnej

Stosowanie rozwiązań na rzecz poprawy opłacalności ekonomicznej biogazowni wiąże się nie tylko z wykorzystaniem odpadów jako substratów, ale także

z wykorzystaniem masy pofermentacyjnej, najczęściej jako nawozu. W ogólnym ujęciu, można stwierdzić, że materiał pofermentacyjny doskonale nadaje się do zastosowania, jako pełnowartościowy nawóz i takie jego wykorzystanie jest ekonomicznie uzasadnione. (Przewodnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych, 2011)

Substancja pofermentacyjna wykorzystywana jest do nawożenia upraw polowych i użytków zielonych. Jej pH wynosi 7–8, dlatego nie powoduje zakwaszenia gleby, wykazuje także inne zalety i korzyści ekologiczne m.in.:

- lepsze wykorzystanie składników przez rośliny,
- niszczenie nasion chwastów, co ma wpływ na mniejsze zużycie środków ochrony roślin,
- zmniejszenie ryzyka zanieczyszczenia wód gruntowych i powierzchniowych, głównie związkami azotu i fosforu oraz zarazkami, które występują w odchodach zwierzęcych.

Gnojowica tradycyjnie wykorzystywana jest jako naturalny nawóz organiczny. W biogazowniach wykorzystywana jest jako strategiczny substrat rozcieńczający. Podczas fermentacji maleje zawartość substancji organicznej, a wzrasta zawartość azotu i związków mineralnych. W przypadku gnojowicy świńskiej czy bydlęcej współczynnik wykorzystania substancji organicznej kształtuje się na poziomie ok. 48%, a dla substratu składającego się z gnojowicy, kiszonki i ziarna zboża wzrasta do 75–80%. Fermentacja sprzyja wzrostowi zawartości azotu amonowego ($N\text{-}NH_4$) do 90% (w surowej gnojowicy udział ten wynosi ok. 48%). Dzięki temu azot staje się bardziej dostępny dla roślin i mniej narażony na wymywanie z wód powierzchniowych i gruntowych. W ten sposób zmniejsza się ryzyko eutrofizacji (proces wzbogacania zbiorników wodnych w pierwiastki biofilne) wód oraz wielkość emisji metanu do atmosfery, jak ma to miejsce podczas przechowywania nawozów organicznych.

Przed wykorzystaniem nawozowym wskazane jest wykonanie analizy chemicznej składu substancji pofermentacyjnej, a także określenie właściwości gleby na której planuje się użycie pofermentu.

5.3 Uzdatnianie pozostałości pofermentacyjnej

Substancja pofermentacyjna wykorzystywana jest najczęściej do nawożenia upraw polowych i użytków zielonych. Jej cechą charakterystyczną jest wysokie uwodnienie, które w zależności od stosowanego substratu waha się od 90 do 97%. Szczególnie duże uwodnienie występuje w przypadku uzyskiwania biogazu z samej gnojowicy (wynosi ok. 94%).

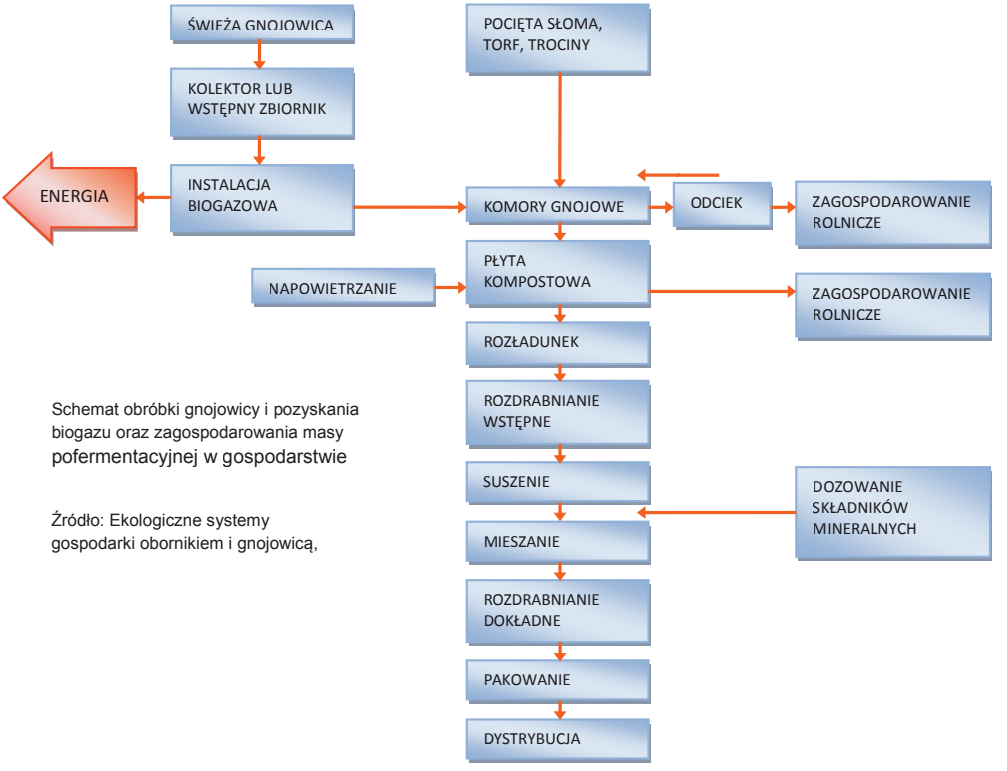
Duża zawartość wody w substracie powoduje, że rosną koszty transportu z biogazowni na pole. Również wielkość zbiorników musi być relatywnie większa. Zwiększa to koszty funkcjonowania biogazowni.

Problemowi temu można zaradzić poprzez zagęszczanie pozostałości i separację

azotu i fosforu w separatorze, który rozdziela odgazowaną biomasę na frakcję ciekłą i stałą. Frakcja ciekła może być zawrócona do zbiornika z gnojowicą lub do modułu, który odzieli substancje odżywcze od wody.

Frakcja ciekła zawiera ok 20% fosforu i 80% azotu (w tym ok. 90% w postaci amonowej, łatwiej dostępnej dla roślin), przy zawartości suchej masy 2–2,5%. W procesie dalszego osuszania można otrzymać skoncentrowaną frakcję zawierającą do 90% suchej masy. Dzięki temu można obniżyć koszty transportu. Frakcja stała zawiera ok 80–85% fosforu oraz 20–25% azotu w formie organicznej. Zawartość suchej masy tej frakcji wynosi 30–35%. Po dalszym zagęszczeniu, np. poprzez dodanie rozdrobnionego dolomitu i wzbogaceniu odpowiednimi dodatkami czy mikroelementami, uzyskuje się nawóz w postaci sypkiej, który może być sprzedawany i przynosić dochód gospodarstwu (jest użyteczny np. dla ogrodnictwa czy kwiaciarstwa). (A. Kowalczyk-Juśko, Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska)

Dawkowanie substancji pofermentacyjnej powinno być analogiczne, jak dla nawozów mineralnych o szybkim wykorzystaniu. Przy stosowaniu tej substancji do nawożenia (w formie płynnej i zagęszczonej) należy przestrzegać przepisów prawnych regulujących zagadnienia związane z nawozami i nawożeniem, które ograniczają dawkę azotu do 170 kg N/ha (zarówno dla nawozów mineralnych jak i organicznych).



Schemat obróbki gnojowicy i pozyskania biogazu oraz zagospodarowania masy pofermentacyjnej w gospodarstwie

Źródło: Ekologiczne systemy gospodarki obornikiem i gnojowicą,

Oprócz nawozowego wykorzystania pozostałości pofermentacyjnej istnieje również możliwość zastosowania jej jako dodatku do pasz. Osad po fermentacji obornika zawiera prawie dwukrotnie więcej aminokwasów niż świeży obornik i może zastępować w paszach część dodatków białkowych.

Inną możliwość zagospodarowania frakcji stałej pofermentu stanowi spalanie jej w kotłach przystosowanych do spalania biomasy. Frakcja ciekła może być zwrócona do komory fermentacyjnej po uprzedniej denitryfikacji (ograniczenie zużycia wody) lub użyta jako nawóz ciekły. Frakcja stała po wstępnym odwodnieniu mechanicznym może zostać osuszona metodami termicznymi i zgranulowana (magazynowanie długoterminowe, możliwość użycia jako biopaliwo stałe do zgazowania lub pirolizy lub do współspalania).

5.4 Uciążliwość zapachowa pofermentu

Istotnym elementem w procesie fermentacji beztlenowej jest obniżenie poziomu odoru-substancji zapachowych, które występują w niektórych substratach, np. gnojowicy. Uciążliwość zapachowa masy pofermentacyjnej stanowiąca podstawę obaw i protestów społecznych jest w rzeczywistości znacznie niższa niż w przypadku surowej gnojowicy.

W biogazowniach funkcjonujących w Polsce oszacowano redukcję odoru na poziomie 80%. Według badań amerykańskich, dzięki kontrolowanej fermentacji w warunkach beztlenowych poziom odoru można zredukować nawet o 97% w porównaniu do gnojowicy świeżej. Dla porównania przechowywanie nieprzefermentowanej gnojowicy przez okres 3 dni, zwiększa intensywność odoru o 77%. (K. Węglarzy (red.) Agrobiogazownia)

6 Studium przypadku

Przykłady dobrych praktyk:

6.1 Opis biogazowni rolniczej o mocy 500 kW w zakładzie doświadczalnym Instytutu Zootechniki PIB Odrzechowa Sp. z o.o.

Biogazownia rolnicza o mocy 500 kW zlokalizowana jest w miejscowości Odrzechowa, gmina Zarszyn, powiat sanocki, województwo podkarpackie.

Opis obiektów biogazowni[1]:

1. Zbiorniki fermentacyjne

Zbiorniki są wykonane w postaci okrągłego żelbetowego zbiornika monolitycznego o średnicach wewnętrznych 23,0 m i 26 m i wysokości 6 m przykryte dachem membranowym stanowiącym zbiornik gazu. Od wewnątrz zbiorniki zaizolowane są w strefie gazowej przed działaniem agresywnego środowiska. Od zewnątrz zbiorniki są zaizolowane cieplnie i obudowane blachą trapezową. W zbiornikach zamontowane zostały 2 mieszadła zatapialne z możliwością regulacji wysokości i kąta a także instalacja ciepłownicza i technologiczna.

2. Zbiornik pozostałości pofermentacyjnych

Zbiornik jest wykonany w postaci okrągłego żelbetowego zbiornika monolitycznego o średnicy wewnętrznej 30,0 m i wysokości 6 m. Funkcję zbiornika na pozostałość pofermentacyjną spełniać będzie również istniejący na gospodarstwie zbiornik gnojowicy. W zbiorniku zamontowane zostały 2 mieszadła zatapialne z możliwością regulacji wysokości i kąta a także instalacja technologiczna.

[1] Opracowano na podstawie dokumentacji przesłanej przez ZD IZ PIB Odrzechowa sp. z o.o. opracowanej przez mgr. inż. Piotra Kenara

3. Zbiornik wstępny

Zbiornik jest wykonany w postaci okrągłego żelbetowego zbiornika monolitycznego o średnicy wewnętrznej 6,4 m i wysokości 3 m. W zbiorniku zamontowane jest 1 mieszadło zatapialne z możliwością regulacji w pionie i w poziomie, a także instalacja technologiczna.

4. Silos na kiszonki

Silos na kiszonki wykonany został jako 3-komorowy żelbetowy zbiornik monolityczny o wys. 4,2 m, szer. 30 m i dł. 50 m.

5. Budynek techniczny oraz pomieszczenie techniczne pompowni

Budynek techniczny został wykonany w technologii tradycyjnej. W budynku technicznym zostały zaplanowane pomieszczenie kogeneratora, trafo, sterownia, pomieszczenie techniczne oraz zaplecze socjalne. W pomieszczeniu technicznym pompowni zlokalizowane są układy sieci ciepłowniczej, technologicznej oraz szafy sterownicze.

Pozostałe elementy technologiczne biogazowni (niekubaturowe) są urządzeniami wolnostojącymi na płytach żelbetowych posadowionych na gruncie.

Dane techniczne:

- Moc znamionowa elektryczna: 500 kWe,
- Moc znamionowa cieplna: 518 kWt,
- Produkcja energii elektrycznej brutto: 4 157 MWh/rok ,
- Produkcja ciepła brutto: 15 817 GJ/rok,
- Przyłączenie do sieci: linia 15 kV relacji Besko-Równe.

Technologia biogazowni

Technologia zakłada przetwarzanie substratów pochodzenia roślinnego takich jak kiszonka z kukurydzy, kiszonka z traw i innych odpadów z produkcji roślinnej oraz obornika i gnojowicy w różnych proporcjach. Obornik będzie dostarczany na teren biogazowi bezpośrednio z gospodarstwa. Wszystkie substraty stałe będą dostarczane do zasobnika dozującego ładowarką skąd w sposób

automatyczny transportowane będą do komór fermentacji. Substraty płynne będą przetłaczane bezpośrednio rurociągiem do zbiornika wstępnego. Dozowanie substratów ze zbiornika wstępnego do procesu produkcji będzie odbywało się automatycznie. Substraty stałe za pośrednictwem będą transportowane do urządzenia dozująco-mieszającego w którym nastąpi wymieszanie substratu stałego z płynnym do postaci pompowalnej. Jednorodna mieszanina substratów będzie pompowana do dwóch głównych komór fermentacji w odpowiednich ilościach i proporcjach. Projektowany układ zapewnia możliwość prowadzenia procesu technologicznego w dwóch etapach: fermentacja wstępna i fermentacja wtórna. Fermentacja zachodzi w dwóch komorach fermentacyjnych. W obu zbiornikach zachodzi proces intensywnej produkcji biogazu. W obu zbiornikach zainstalowana zostanie instalacja grzewcza zapewniająca utrzymanie stabilnej temperatury procesu w zakresie 37–40°C. Biogaz powstający w procesie fermentacji podlega procesowi odsiarczania: w przestrzeni gazowej reaktorów zachodzi proces biologicznego odsiarczania polegający na dozowaniu niewielkich ilości powietrza co przyczynia się do rozwoju bakterii redukujących stężenie siarkowodoru w biogazie. Odsiarczony biogaz przepływa przez ujęcia biogazu z komór fermentacyjnych do sieci biogazu, którą transportowany jest do urządzeń sprężania i uzdatniania II stopnia. II stopień uzdatniania polega na odwodnieniu polegającym na wykraplaniu wilgoci na skutek spadku temperatury gazu. Skropliny z biogazu w postaci kondensatu spływają grawitacyjnie do studzienki kondensatu, z której przepompowywane są do zbiornika pozostałości pofermentacyjnych.

Tak przygotowany biogaz kierowany jest do jednostki kogeneracyjnej, gdzie jego energia chemiczna ulega konwersji do energii elektrycznej i cieplnej. Energia elektryczna wykorzystywana jest na pokrycie potrzeb własnych obiektu i zasilania sieci elektroenergetycznej. Ciepło z kogeneracji ma postać gorącej wody i jest wykorzystywane do pokrycia potrzeb własnych obiektu z możliwością wykorzystania do innych celów użytkowych. W przypadku niewykorzystania całego ciepła z kogeneracji w postaci wody do celów użytkowych jego nadmiar kierowany jest na chłodnicę wentylatorową. Ciecz pofermentacyjna przetłoczona zostanie do separatora frakcji stałej nawozu pofermentacyjnego. Frakcja stała odbierana będzie w kontenerze do którego stały nawóz spada grawitacyjnie. Frakcja ciekła nawozu kierowana będzie do zbiornika magazynowego – zbiornika pozostałości pofermentacyjnych.

Rodzaj substratów:

- kiszonka kukurydzy w ilości max. 2500 Mg/rok,
- zielonka z niedojadów w ilości ok. 600 Mg/rok (w okresie V–VII)
- trawa w ilości ok. 800 Mg/rok (w okresie VIII–IX)
- wysłodki buraczane w ilości ok. 5000 Mg/rok (ograniczając kiszonkę kukurydzy)
- odpady z hodowli zwierzęcej: obornik bydlęcy w ilości 8300 Mg/rok, gnojówka w ilości 900 m^3/rok, gnojowica w ilości 4500 m^3/rok.

6.2 Przykłady dobrych praktyk zakończonych pomyślnym wdrożeniem w zakresie małych biogazowni.

- Biogazownia w Wapielsku (kujawsko-pomorskie) – moc zainstalowana 75 kW,
- Biogazownia w Adamowie (lubelskie) – moc zainstalowana 30 kW,
- Biogazownia w Studzionce (śląskie) – moc zainstalowana 35 kW,
- Biogazownia w Wiśle Małej (śląskie) – moc zainstalowana 30 kW,
- Biogazownia kontenerowa w Cieszowej (śląskie) – moc zainstalowana 20 kW,
- Biogazownia kontenerowa zainstalowana w Instytucie Technologiczno Przyrodniczym o. Poznań – moc zainstalowana 20 kW.

7 Bibliografia:

1. Agrobiogazownia, praca zbiorowa pod red. K. Węglarzy, W. Podkówka, Instytut Zootechniki PIB, Grodziec Śląski 2010
2. Biogazownie rolnicze. Opracowanie monograficzne, pod red. J. Walczak, Instytut Zootechniki PIB, Kraków 2010
3. Biogazownie szansą dla rolnictwa i środowiska, dr Alina Kowalczyk-Juśko, FDPA Fundacja na rzecz Rozwoju Polskiego Rolnictwa, Warszawa
4. Budowa i eksploatacja biogazowni rolniczych. Poradnik dla inwestorów zainteresowanych budową biogazowni rolniczych, praca zbiorowe pod red. A. Myczko, Wydawnictwo ITP, Warszawa–Poznań 2011
5. Ekologiczne systemy gospodarki obornikiem i gnojowicą, W. Romaniuk, IBMER, Warszawa 2005
6. Mikrogeneracja ciepła i energii elektrycznej w lokalnych systemach zasilania, Radosław Szczerbowski, Politechnika Poznańska, w: „Energia Elektryczna" – styczeń 2011
7. Wykorzystanie energii odnawialnych, opr. red. dr Małgorzata Bereza, Instytut Zootechniki PIB ZD Grodziec Śląski Sp. z o.o., Kostkowice 2009
8. http://www.cire.pl/pliki/2/Mikrogeneracja_Technika.pdf

MODUŁ 2

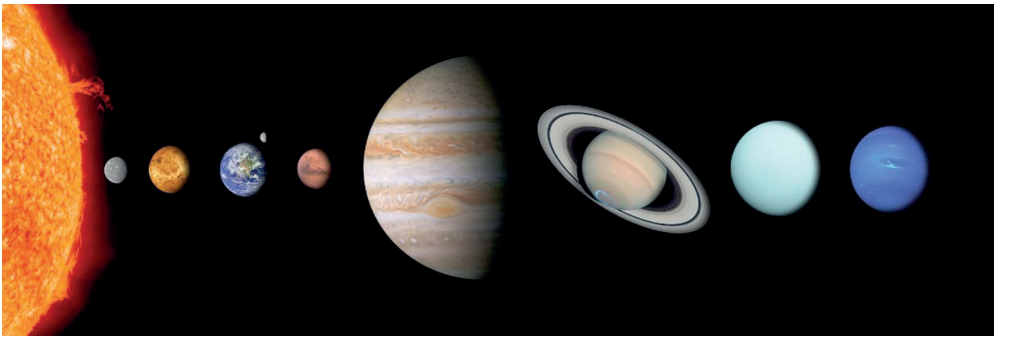
Energia słoneczna

1 Energia słoneczna

1.1 Definicja

Energia słoneczna – energia powstająca wewnątrz Słońca w wyniku przemian termojądrowych, głównie syntezy atomów wodoru.

Słońce jest centralną gwiazdą układu słonecznego wokół, której krąży Ziemia i inne planety oraz ciała niebieskie. Jest najjaśniejszym obiektem na niebie i głównym źródłem energii docierającej do Ziemi. Codziennie Słońce dostarcza energię w ilości przewyższającej dzienne jej zużycie na Ziemi 15 tys. razy. Słońce jest największym i najbardziej wydajnym dostępnym ludzkości źródłem energii. Z ogromnej odległości wynoszącej 150 milinów kilometrów dostarcza nam niekończące się ilości energii. Oszacowano, że w godzinę Słońce dostarcza na naszą planetę ilość energii odpowiadającą zużyciu energii przez całą ludzkość w ciągu całego roku. Zasobne i przyjazne środowisku słońce jako źródło energii dostępne będzie przynajmniej przez najbliższych 5 miliardów lat.



źródło fot. https://fajnepodroze.pl

1.2 Podział energii słonecznej

Energię słoneczną można podzielić na **aktywną** lub **pasywną**, w zależności od sposobu jej pozyskiwania, dystrybucji oraz przekształcania w energię elektryczną.

Aktywne techniki solarne:

- systemy fotowoltaiczne (PV),
- skoncentrowana energia słoneczna (CSP),
- solarne systemy podgrzewania wody.

Pasywne techniki solarne:

- orientacja budynku względem słońca,
- korzystne materiały stanowiące masę termiczną o właściwościach rozpraszania światła,
- naturalny strumień nagrzanego powietrza.

1.3 Promieniowanie Słoneczne

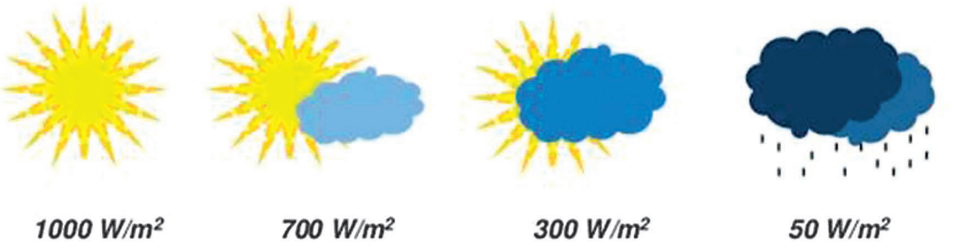
Energię pochodzącą ze Słońca określa się jako Energię Promieniowanie Słonecznego (EPS). Potencjał energii EPS uzależniony jest od lokalizacji geograficznej.

Parametry opisujące EPS:

- natężenie promieniowania słonecznego W/m^2,
- nasłonecznienie kWh/m^2/rok,
- usłonecznienie h/rok.

Natężenie promieniowania słonecznego to chwilowa moc promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi zależna od atmosfery.

Ilość energii słonecznej docierającej do powierzchni Ziemi jest tak ogromna, że w jednym roku przewyższa ona około dwukrotnie ilość energii, która kiedykolwiek może zostać uzyskana z wszystkich ziemskich nieodnawialnych zasobów węgla, ropy naftowej, gazu ziemnego oraz uranu łącznie.



źródło fot. https://jmdtermotechnika.pl

Nasłonecznienie

Nasłonecznienie jest to suma natężenia promieniowania słonecznego w danym czasie na danej powierzchni. Jest to najważniejszy parametr opisujący EPS, ponieważ wyraża energię docierającą do powierzchni Ziemi. Nasłonecznienie określane jest w kWh/m^2/rok.

Usłonecznienie

Usłonecznienie określa liczbę godzin bezchmurnych w ciągu roku, gdy promieniowanie słoneczne dociera bezpośrednio do powierzchni Ziemi.

1.4 Zalety i wady wykorzystywania energii słonecznej

Zalety

- darmowa,
- dostępna na całej kuli ziemskiej,
- ekologiczna,
- bezpieczna,
- brak emisji zanieczyszczeń atmosferycznych i gazów cieplarnianych,
- łatwe utrzymanie/ konserwacja urządzeń,
- duża wydajność,
- możliwość wykorzystania w gospodarstwach oddalonych od innych źródeł energii.

Wady

- duże koszty budowy instalacji,
- ustawione ogniwa zajmują sporą powierzchnię,
- zmienność dobowa i sezonowa promieniowania słonecznego,
- zmiany klimatyczne,
- szkodliwość substancji zawartych w ogniwach fotowoltaicznych,
- konieczność magazynowania energii.

2 Historia wykorzystania energii słonecznej

2.1 Początki wykorzystywania energii słonecznej

Energia słoneczna zaczęła być wykorzystywana do tworzenia energii elektrycznej dopiero w ubiegłym wieku, ale próby jej zastosowania sięgają czasów starożytnych. Budownictwo rozwijało się w obszarach wysoko nasłonecznionych, aby stworzyć odpowiednie warunki bytowania. Stawiano domy na zboczach nachylonych w kierunku południowym, aby w pełni spożytkować potencjał energetyczny Słońca. Jednak mistrzami wykorzystania potencjału promieniowania słonecznego byli Grecy już 400 lat p.n.e. Odkryli oni soczewkę skupiającą (w formie naczynia o kształcie kulistym), która była im pomocna przy rozniecaniu ognia.

2.2 Wczesne zastosowanie energii słonecznej w gospodarce

- Słońce i energia odnawialna stały się obiektem wielu badań, już w XVIII wieku stworzono pierwszy kolektor słoneczny będący dziełem Szwajcarów. Skupiał on promieniowanie słoneczne, używane do gotowania potraw. To przełomowe wydarzenie zaowocowało przyspieszeniem badań w tej dziedzinie.
- Pierwsza bateria napędzana w pełni energią słoneczną powstała w roku 1861 r. i jest dziełem francuskiego naukowca Auguste'a Mouchouta.

– Pod koniec XIX w., a konkretnie w 1896 r. stworzono prototyp kolektora słonecznego obecnie używanego do podgrzewania wody.

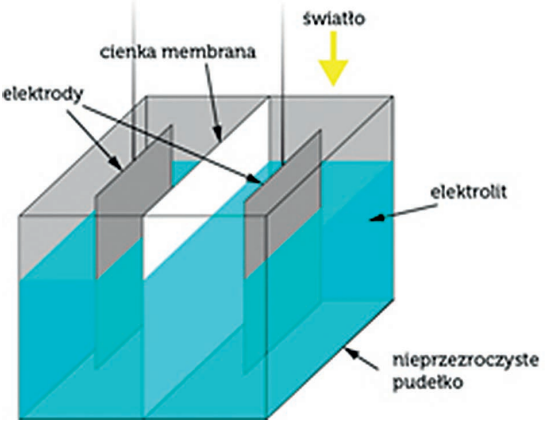
– W roku 1921 Albert Einstein dostał nagrodę Nobla za badania nad efektami fotoelektrycznymi przy produkcji elektryczności. Wiedza na temat efektów fotoelektrycznych nie przełożyła się jednak szybko na ich praktyczne wykorzystanie.

– Na szeroką skalę zaczęło mieć to miejsce dopiero w latach 50.; energia słoneczna zaczęła wówczas być wykorzystywana w projektach kosmicznych.

W Polsce pierwsze prace naukowe dotyczące energetyki słonecznej sięgają lat 40. XX w. W roku 1973 J. Pabis, naukowiec z SGGW zaprezentował działający kolektor słoneczny, a dopiero 20 lat później po zmianach ustrojowych polski przemysł kolektorów słonecznych rozwinął się na dużą skalę. Rozwój technologii pozwolił kolektorom słonecznym osiągać coraz większą wydajność, a ich produkcja stała się coraz mniej kosztowna. Obecnie zdecydowanym liderem w zakresie kolektorów słonecznych jest Japonia, za nią zaś znajdują się kraje Europy Zachodniej.

1839 – Aleksander Edmund Becquerel, francuski fizyk odkrywa efekt fotoelektryczny. Podczas doświadczeń z elektrodami i elektrolitem zauważył, że przewodność rośnie wskutek oświetlenia układu. Francuski naukowiec miał wtedy 19 lat. Podczas eksperymentu używał różnych rodzajów światła, najlepszy efekt uzyskał przy niebieskim świetle lub promieniowaniu ultrafioletowym.

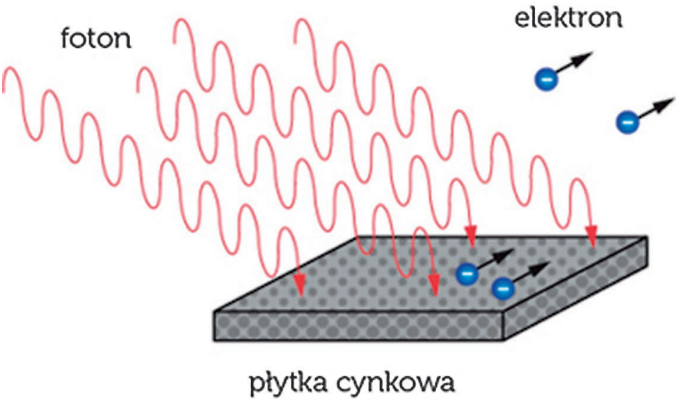
Aleksander Edmund Becquerel w laboratorium



źródło fot.: www.oze.otwartaszkola.edu.pl

1905 – Albert Einstein podał wyjaśnienie efektu fotoelektrycznego wykorzystując hipotezę kwantów Plancka. Uznał, że energia jest przekazywana elektronom w postaci porcji (kwantów energii). Według niego światło to strumień cząstek – fotonów, z których każdy niesie ściśle określoną porcję energii – kwant energii. Foton oddziałując z elektronem znajdującym się na powierzchni płytki metalowej, przekazuje mu całą swą energię. W przypadku, gdy energia wiązania elektronu W równa pracy, jaką należy wykonać, by wyrwać elektron z powierzchni płytki, jest większa od energii fotonu – zjawisko nie zajdzie, jednak gdy energia fotonu stanie się większa niż praca wyjścia W, elektron zostaje wyrwany z powierzchni płytki.

1921 – Albert Einstein otrzymuje Nagrodę Nobla za wyjaśnienie zjawiska fotoelektrycznego



schemat zjawiska fotoelektrycznego

źródło fot. http://www.oze.otwartaszkola.edu.pl

3 Solarna energia elektryczna

3.1 Wykorzystanie energii promieniowania słonecznego

Najważniejsze techniki przechwytywania i konwersji energii słonecznej:

Kolektory słoneczne – służące do przekształcania promieniowania słonecznego w ciepło.

Systemy fotowoltaiczne – służące do konwersji promieniowania słonecznego na energię elektryczną.

3.2 Typy kolektorów słonecznych

Podział kolektorów

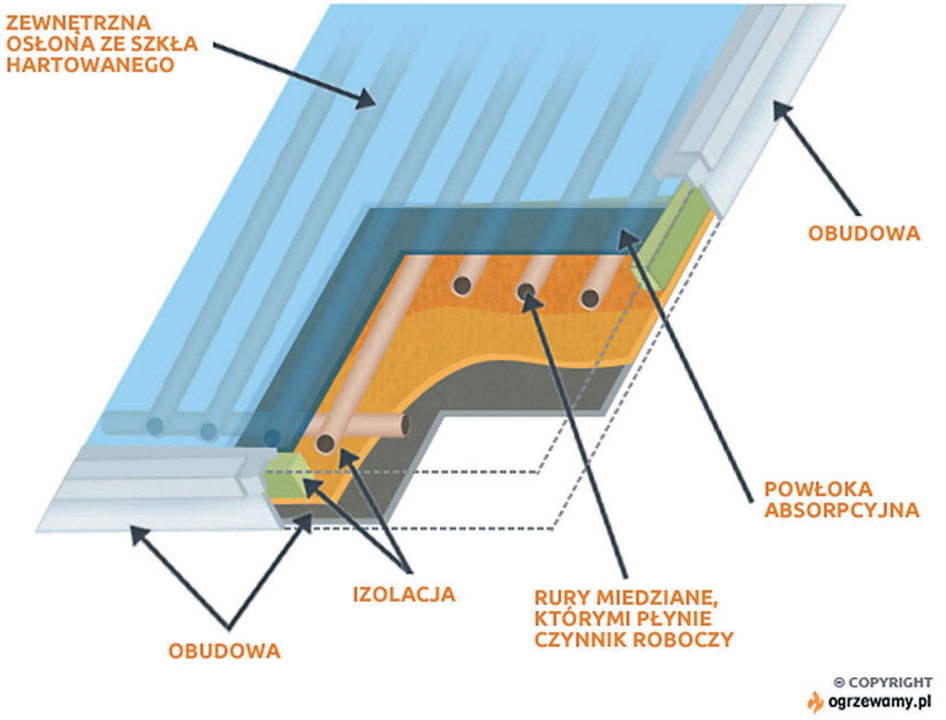
W zależności od budowy kolektory można podzielić na trzy grupy:

- niskotemperaturowe (kolektory płaskie, maty poliuretanowe),
- średniotemperaturowe (kolektory próżniowe),
- wysokotemperaturowe (kolektory skupiające).

Ze względu na konstrukcję wyróżnia się kolektory skupiające i płaskie. Z uwagi na zastosowany czynnik roboczy wyróżniamy kolektory cieczowe i powietrzne. Kolektory cieczowe dzielimy na:

- płaskie,
- próżniowe,
- elastyczne maty.

Kolektor płaski składa się z absorbera oraz szyby solarnej. Absorber w pełni pochłania promieniowanie słoneczne i przekształca na energię cieplną. Natomiast szyba solarna dobrze przepuszcza promienie słoneczne. Kolektor ma obudowę, która składa się z ramy i izolacji cieplnej, której zadaniem jest ograniczenie strat ciepła.



źródło fot.: ogrzewamy.pl

Kolektor płaski próżniowy zbudowany jest z tych samych elementów co kolektor płaski. Wyróżnia się wyskociśnieniową próżnią, wytworzoną w całej objętości kolektora oraz wspornikami zabezpieczającymi przed ugięciem szyby pod wpływem próżni.

Kolektor rurowy próżniowy – podstawowym elementami kolektora próżniowego są szklane rury, w których umieszczone są tzw. heat – pipe. Rury te posiadają podwójne ścianki, pomiędzy którymi jest próżnia, będąca doskonałym izolatorem, zapobiegającym stratom ciepła. Kolektor tworzy 6–30 rur ułożonych w rzędzie lub przewód zbiorczy połączonych rur. Dodatkowo z tyłu każdej rury może znajdować się lustro, skupiające promieniowanie słoneczne.

źródło fot. https://www.suntechnik.eu/kolektory-sloneczne/rurowy-kolektor-sloneczny-heat-pipe-z-rurami-o-srednicy-58mm/

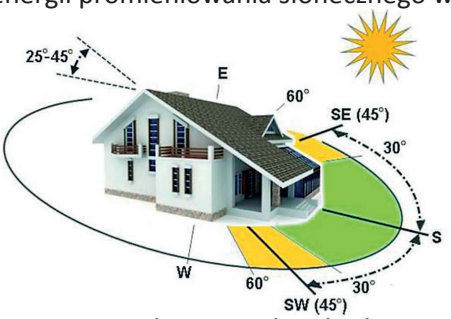
Kolektory skupiające – zbudowane są z luster lub soczewek skupiających promieniowanie słoneczne. Charakteryzują się małymi wymiarami. Muszą być ustawione prostopadle do kierunku padania promieni słonecznych, w związku z tym muszą być wyposażone w urządzenia, umożliwiające ich obrót wraz z ruchem Słońca.

źródło fot. http://instalacje.gep.com.pl/kolektory-skupiajace/

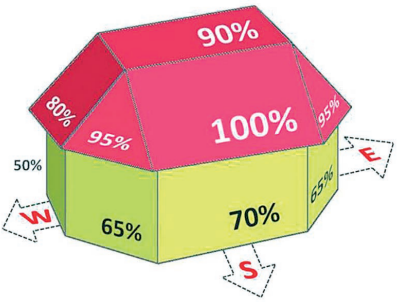
3.3 Optymalne warunki zabudowy kolektora słonecznego

Zalecanym w praktyce ustawieniem kolektorów słonecznych jest skierowanie ich w kierunku południowym (S). W granicach odchylenia ±30° od południa nie jest zauważalne zmniejszenie ilości ciepła. Nieznacznie niższe (do 5%) będą one przy odchyleniu ±45° od kierunku południowego.

Drugim parametrem określającym położenie kolektora słonecznego jest jego nachylenie do poziomu. Dla większości dachów pochyłych kąt mieści się w zakresie 25–45°, przy którym efektywność pracy kolektora jest najwyższa w skali całego roku. W przypadku zamontowania kolektorów w warunkach innych niż optymalne (skierowanie na południe ±45° oraz nachylenie 25–45°) następuje zmniejszenie ilości energii promieniowania słonecznego w czasie roku.



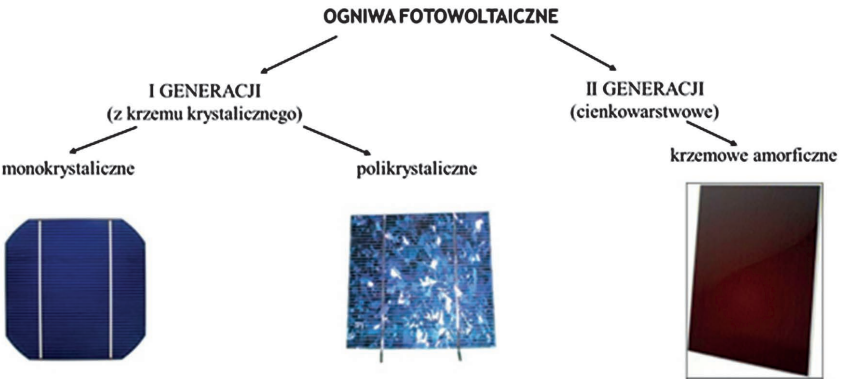
Optymalne warunki zabudowy kolektorów słonecznych – skierowanie na południe z możliwością odchylenia 45^0



źródło: Hewalex

3.4 Ogniwa fotowoltaiczne

Ogniwo fotowoltaiczne to urządzenie, które zamienia energię promieniowania słonecznego na energię elektryczną. Pojedyncze ogniwa fotowoltaiczne są łączone w grupy i tworzą panel fotowoltaiczny. Ogniwa typu PV wytwarzane są z mono- lub polikrystalicznego krzemu zaliczane są do tzw. I generacji. Nowym rozwiązaniem są ogniwa, w których materiał półprzewodnikowy nanoszony jest w postaci cieniutkiej warstwy krzemu, np. tellurek kadmu (CdTe), mieszaniny miedzi, indu, galu i selenu (CIGS). Są to tzw. ogniwa cienkowarstwowe.



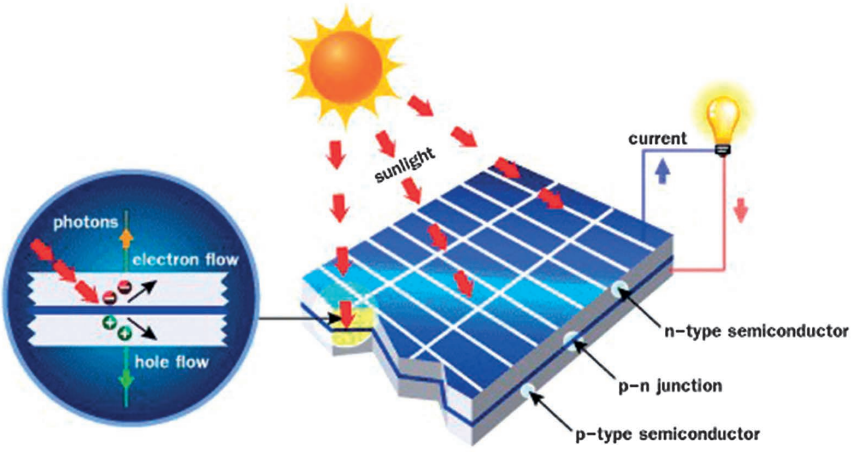
Schemat podziału ogniw ze względu na materiał. Szymański, „Instalacje fotowoltaiczne”

3.5 Czym jest efekt fotowoltaiczny?

Efekt fotowoltaiczny to zjawisko polegające na powstaniu siły elektromotorycznej w materiale półprzewodnikowym pod wpływem promieniowania słonecznego. Po raz pierwszy został odnotowany w 1839 r. przez francuskiego fizyka Edmunda Bequerela. Odkrył on, że niektóre materiały wytwarzają niewielki prąd elektryczny po ich ekspozycji na działanie światła. Jest to zasada wykorzystywana przez fotowoltaiczne panele słoneczne. Pierwsze praktyczne zastosowanie fotowoltaicznych paneli słonecznych miało miejsce na statku kosmicznym w 1960 roku. Z biegiem czasu, technologia była ulepszana, a panele były coraz mniejsze i tańsze. Obecnie panele słoneczne są niedrogie i wystarczająco skuteczne do użytku domowego. (na podstawie How Solar panels Work-A Guide for Dummies, opublikowanego 20/08/2012 przez The Go Green Team)

3.6 Jak działają ogniwa słoneczne?

Wewnątrz ogniwa słonecznego znajdują się dwie cienkie warstwy krystalicznego krzemu, umieszczone jedna na drugiej. Gdy światło słoneczne dotrze do górnej warstwy krzemu, aktywuje ono elektrony i daje im wystarczająco dużo energii do przemieszczania się. Elektrony zaczynają przesuwać się z górnej warstwy do dolnej. Gdy wiązka elektronów zaczyna poruszać się w tym samym kierunku, zostaje wytworzona energia elektryczna. Umieszczając dwa metalowe styki po obu stronach ogniwa otrzymamy energię elektryczną poruszającą się w obiegu. Niemniej jednak, energia elektryczna wytwarzana przez fotowoltaiczne ogniwa słoneczne jest stała, a w domach używamy zmiennego prądu elektrycznego. Dlatego też prąd wytwarzany przez system paneli słonecznych musi przepłynąć przez przetwornicę, która przekształca go ze stałego na zmienny, zanim zostanie dostarczony do naszych domów i wykorzystany do zasilania urządzeń. (na podstawie How Solar Panels Work-A Guide For Dummies, opublikowanego 20/08/2012 przez The Go Greena Team).



źródło fot.: http://www.thegmcrv.com

Słońce nie musi wychodzić zza chmur, by aktywować panele słoneczne. To prawda, że produkują one więcej energii w słoneczne dni, ale będą też produkować nieco energii w ciągu dni pochmurnych. Fotowoltaiczne panele słoneczne wykorzystują światło do produkcji energii elektrycznej, a nie ciepło.

Podstawowe informacje techniczne dotyczące paneli słonecznych

- Ogniwa są bardzo cienkie, około 0,01 cala grubości, i zajmują zwykle powierzchnię 3–4 cali kwadratowych. Ich standardowa żywotność wynosi **20–30 lat**. Jeden panel słoneczny zawiera **od 2 do 200 ogniw**, które są ze sobą połączone oraz obudowane hartowanym szkłem i aluminium, aby były odporne na warunki atmosferyczne.
- Podobnie jak akumulatory, ogniwa mogą być połączone **szeregowo** lub **równolegle** w celu uzyskania większych i konkretnych napięć i natężeń. Na przykład, cztery 1-woltowe/1-amperowe ogniwa połączone szeregowo stworzą panel, którego napięcie wyniesie 4 V, ale którego natężenie pozostanie na poziomie 1 ampera. Natomiast cztery 1-woltowe/1-amperowe ogniwa połączone równolegle pozostaną na poziomie 1 wolta, ale ich natężenie wyniesie 4 ampery. Ilość wytworzonych watów to iloczyn natężenia i napięcia (w powyższym przykładzie 4×1).
- W zależności od zastosowania, moduły mogą być wykonane w różnych rozmiarach i kształtach. Płyty są w standardzie **prostokątne**, **trójkątne**, **składane** lub cienkowarstwowe. Oznacza to, że mają szeroki wachlarz zastosowań, od łodzi i kamperów po samochody elektryczne i stacje kosmiczne.
- Z reguły moduły słoneczne konwertują na energię elektryczną około 10–15% energii, która na nie pada. Oznacza to, że na każde 100 jednostek energii, które w rzeczywiście padają na panel, tylko 15 z nich faktycznie dotrze do domu w postaci energii elektrycznej.
- W zależności od technologii, panele słoneczne można podzielić na **3 główne grupy**:
  - **polikrystaliczne** (11–14% sprawności),
  - **monokrystaliczne** (12–16% sprawności),
  - **amorficzne** (6–8% sprawności),

  Sprawność systemów fotowoltaicznych zależy od:
  - kąta nachylenia,
  - orientacji,
  - zacienienia.

Elementy instalacji fotowoltaicznych

Głównymi elementami instalacji fotowoltaicznej mającymi wpływ na pracę i skuteczność systemu są:

- regulatory ładowania – odpowiadają za proces ładowania akumulatorów, zapobiegają przeładowaniu, jak i rozładowaniu akumulatora,
- kontrolery napięcia – czas użytkowania akumulatora zależy od sposobu kontroli jego ładowania i rozładowania, zwłaszcza w przypadku akumulatorów ołowiowo – kwasowych. Kontroler ogranicza głębokość i szybkość rozładowania odpowiednio do temperatury akumulatora,
- akumulatory – dostarczają energię elektryczną w momencie, gdy nie jest ona produkowana przez moduły fotowoltaiczne np. w nocy. Spełniają rolę zbiornika buforowego, w którym magazynuje się prąd wyprodukowany na zapas na pochmurne dni, kiedy produkcja prądu jest mniejsza. Większość akumulatorów używanych w systemach fotowoltaicznych to akumulatory ołowiowo – kwasowe. W regionach o chłodniejszym klimacie stosuje się akumulatory niklowo – kadmowe,
- przetwornice – zmieniają prąd stały (DC) produkowany przez moduły fotowoltaiczne w prąd zmienny (AC), który jest potrzebny do zasilania większości urządzeń,
- falowniki – specjalne urządzenia służące do podłączenia elektrowni fotowoltaicznej do sieci. Przystosowują prąd produkowany przez moduły fotowoltaiczne do parametrów wymaganych przez zakład energetyczny: zmieniają napięcie stałe na zmienne i nadają kształt wyjściowej fali zmienno-napięciowej.

4 Możliwości wykorzystania energii słonecznej w rolnictwie

Zastosowanie energii słonecznej w produkcji rolniczej pozwala na obniżenie zużycia paliw o około 20–30 %. Kolektory słoneczne mają zastosowanie w produkcji roślinnej, zwierzęcej i w gospodarstwach domowych. Są wykorzystywane do suszenia produktów rolniczych oraz produkcji warzyw pod osłonami. Zasilają wentylatory elektryczne w celu zapewnienia obiegu powietrza. Innym zastosowaniem PV jest oświetlenie budynków rolniczych i terenu gospodarstwa.

Systemy PV mogą być bardziej ekonomicznym rozwiązaniem od konwencjonalnych, zasilanych bateryjnie instalacji, latarek i lamp na paliwo płynne. Ponadto, zapewniają one więcej światła o wyższej jakości i nie emitują spalin ani dymu.

Inne zastosowania systemów fotowoltaicznych w gospodarstwach obejmują:

- zasilanie urządzeń do mielenia paszy lub innych produktów;
- zasilane elektrycznie urządzenia do zbioru i transportu;
- chłodzenie produktu;

- nawadniania upraw;
- silniki i sterowniki urządzeń do pojenia bydła oraz podajników karmy dla zwierząt;
- sprężarki i pompy, ogrzewanie wody w hodowli ryb;
- ogrodzenia elektryczne pastwisk;
- ładowanie baterii;
- ogrzewanie szklarni i tuneli foliowych.

W szklarniach światło słoneczne przekształcane jest w ciepło, co umożliwia produkcję przez cały rok i hodowlę upraw specjalistycznych oraz innych roślin, które nie są dostosowane do lokalnego klimatu. Prymitywne szklarnie zostały po raz pierwszy użyte w czasach rzymskich do całorocznej produkcji ogórków dla rzymskiego cesarza Tyberiusza. Pierwsze nowoczesne szklarnie zostały zbudowane w Europie w XVI wieku, aby utrzymać przy życiu egzotyczne rośliny przywiezione z wypraw za granicę. (Butti and Perlin, 1981, s. 41)

Wiele gospodarstw trzody chlewnej i drobiu hoduje zwierzęta w zamkniętych pomieszczeniach, by móc kontrolować temperaturę i jakość powietrza w celu utrzymania zdrowia zwierząt i zapewnienia ich wzrostu. W obiektach tych należy regularnie wymieniać powietrze, by usuwać wilgoć, toksyczne gazy, zapachy i kurz. Ogrzewanie tego powietrza wymaga dużych ilości energii. Solarne systemy ogrzewania wody mogą dostarczać ciepłą wodę do mycia wstępnego budynków oraz czyszczenia sprzętu lub do wstępnego podgrzewania wody dochodzącej do konwencjonalnego pogrzewacza wody. Inne obszary, w których energia słoneczna może być stosowana zamiast gazu lub konwencjonalnej energii elektrycznej to: szklarnie, suszarnie, pompy wody, oświetlenie.

5 Różne zastosowania słonecznej energii cieplneJ

Słoneczne technologie cieplne mogą być stosowane do **ogrzewania wody**, **ogrzewania pomieszczeń, chłodzenia pomieszczeń oraz produkcji ciepła procesowego.** (Solar Energy Technologies and Applications, Canadian Renewable Energy Network)

- **Destylacja słoneczna** może być stosowana do uzdatniania wody słonej oraz słonawej do picia.
- **Słoneczna dezynfekcja wody** polega na wystawianiu wypełnionych wodą plastikowych butelek wykonanych z politereftalanu etylenu na słońce na kilka godzin. Jest to zalecana przez WHO realna metoda uzdatniania wody i bezpiecznego magazynowania dla gospodarstw domowych.
- Energia słoneczna może być stosowana w **stawach stabilizacyjnych** służących do oczyszczania ścieków bez udziału środków chemicznych i energii elektrycznej.

– **Technologie koncentrujące energię słoneczną,** takie jak **talerz paraboliczny, rynna paraboliczna** oraz **reflektory Schefflera** dostarczają ciepło procesowe do miejsc, w których jest ono wykorzystywane na skalę przemysłową lub komercyjną.
– **Kuchenki słoneczne** wykorzystują światło słoneczne do gotowania, suszenia i pasteryzacji.

http://www.markoo.net

– Suszenie roślin uprawnych i ziarna przez wystawienie ich na słońce jest jednym z najstarszych i najczęściej wykorzystywanych zastosowań energii słonecznej. Niemniej jednak, pozwalanie roślinom wysychać w sposób naturalny na polu uprawnym naraża je na działanie zanieczyszczeń, ptaków i owadów. Nowoczesne **słoneczne suszarnie do roślin** są również bardzo proste, ale i bardziej skuteczne i higieniczne. Podstawowe elementy suszarni słonecznej to zabudowa lub wiata, ekranowane stojaki lub tace i kolektor słoneczny. Kolektor może być po prostu oszkloną skrzynią z ciemnym wnętrzem mającym na celu pochłanianie energii słonecznej, która podgrzewa powietrze. Dzięki zachodzącemu procesowi naturalnej konwekcji lub użyciu wentylatora ogrzane powietrze przemieszcza się w kolektorze ku górze przechodząc przez osuszany materiał.

https://twojogrodek.pl

6 Metody magazynowania energii

Energia słoneczna jest dostępna tylko w ciągu dnia, dlatego musi być magazynowana. Stosuje się systemy wykorzystujące masę termiczną**,** które mogą w ciągu dnia oraz poza okresami grzewczymi magazynować energię słoneczną w postaci ciepła w temperaturze przydatnej w zastosowaniach domowych. Systemy magazynowania ciepła zwykle korzystają z łatwo dostępnych materiałów o wysokim cieple właściwym, takich jak woda, ziemia i kamienie. Dobrze zaprojektowane systemy mogą zmniejszyć zapotrzebowanie szczytowe, przenieść czas wykorzystywania na godziny pozaszczytowe i zmniejszyć łączne zapotrzebowanie na ogrzewanie i chłodzenie.

Kolejnymi nośnikami magazynującymi ciepło są materiały zmieniające fazę takie jak parafina i sól glauberska. Materiały te są tanie, łatwo dostępne i mogą zapewniać ciepło w temperaturze przydatnej w zastosowaniach domowych. Energia słoneczna może być przechowywana w wysokiej temperaturze za pomocą stopionej soli. Sole są skutecznym nośnikiem magazynującym ciepło, ponieważ są tanie, mają wysoką pojemność cieplną i mogą dostarczać ciepło w temperaturach zgodnych z konwencjonalnymi systemami zasilania. Autonomiczne systemy fotowoltaiczne tradycyjnie używały akumulatorów do przechowywania nadmiaru energii elektrycznej. W systemach fotowoltaicznych podłączonych do sieci energetycznej, nadmiar energii elektrycznej może być wysyłany do sieci przesyłowej, podczas gdy standardowa sieć energetyczna może być wykorzystana do uzupełniania niedoborów.

Istnieje wiele czynników, które należy wziąć pod uwagę przy oszacowywaniu kosztów energii słonecznej. Borenstien (2008) stwierdził, że podstawowym kosztem jest montaż (części i robocizna), stanowiący koszt większościowy systemu. Po instalacji, największy koszt jaki właściciel systemu fotowoltaicznego musi ponieść stanowi wymiana przetwornicy. Średnia trwałość przetwornicy wynosi od pięciu do dziesięciu lat. Istnieje kilka innych czynników, które według Borenstien'a należy rozważyć; pierwszym z nich jest efekt starzenia się. Produkcja energii przez ogniwa fotowoltaiczne maleje z czasem, zmniejszając się w najlepszym przypadku o jeden procent rocznie w stosunku do oryginalnej wydajności. Drugą kwestią jest efekt „zabrudzenia": brudne panele słoneczne pochłaniają mniej promieniowania słonecznego i generują mniej energii elektrycznej. Oznacza to, że do bieżącej wartości netto systemu należy doliczyć koszty czyszczenia lub konserwacji.

7 Studia przypadków

7.1 Farma słoneczna Wierzchosławice

W 2011 roku powstała farma słoneczna w miejscowości Wierzchosławice. Na powierzchni około 1 ha rozlokowano 4445 sztuk paneli słonecznych (każdy panel to płyta szklana o mocy 225 Wat). Są one ułożone w metalowych ramach, a te przytwierdzone do stalowych pali wbitych w ziemię. Panele są ustawione do słońca

na stałe pod kątem ok. 35°, a ich łączna powierzchnia wynosi 7000 m^2 (ok. 70 arów). Wszystkie panele oraz moduły złożone z ogniw, składające się na panel, połączone są szeregowo hermetycznymi kablami -szybkozłączami. W panelach odbywa się bezpośrednia konwersja (zamiana) energii promieniowania słonecznego na energię

elektryczną prądu stałego, a następnie poprzez przetwornice (falowniki) zamiana na prąd zmienny. Następnie poprzez transformator średniego napięcia prąd sprzedawany jest do najbliższej sieci energetycznej.

Koszt przedsięwzięcia zamknął się w kwocie 2,5 mln Euro. Mimo braku dotacji systemowych do wyprodukowanej energii, farma jest rentowna, generuje przychody w granicach 120–170 tys. euro, w zależności od nasłonecznienia. Najwyższe rekordowe uzyski godzinowe w dni pełnego słońca w środku lata wyniosły 1060 kW/h.

Wierzchosławicka elektrownia słoneczna stała się bardzo popularna w regionie i w Polsce, odwiedzają ją liczne wycieczki. Spółka planuje rozbudowę obiektu do 1,7 MW mocy przyjętej wcześniej w projekcie, przez zamontowanie kolejnych 3000 sztuk paneli.

7.2 Słoneczny powiat – Sucha Beskidzka

Powiat suski leży w Beskidach, w południowej części województwa małopolskiego. Zamieszkuje go około 82 tys. mieszkańców. Jest to obszar typowo górski, którego ok. 50% powierzchni stanowią lasy oraz obszary europejskiej ochrony przyrody NATURA 2000.

Aby ograniczyć emisję zanieczyszczeń do środowiska oraz obniżyć koszty użytkowania obiektów, postanowiono przeprowadzić modernizację systemu przygotowania ciepłej wody użytkowej w budynkach użyteczności publicznej. Prace projektowe rozpoczęto w maju 2007, a instalacje przekazano do użytku już w grudniu 2008 r. (instalacje zostały wykonane w okresie dwóch miesięcy).

W ramach realizacji projektu najpierw wykonano niezależne instalacje solarne dla Domu Pomocy Społecznej w Makowie Podhalańskim, dla Domu Pomocy Społecznej w Łętowni, dla Krytej Pływalni w Suchej Beskidzkiej oraz dla internatu i Zespołu Szkół im. Witosa w Suchej Beskidzkiej . Instalacje wykonano w obiektach w których zapewniono stały rozbiór wody.

Zespół Szkół w Suchej Beskidzkiej

DPS w Łętowni

Łącznie woda użytkowa ogrzewana jest energią słoneczną w 7 obiektach, a na krytej pływalni także woda basenowa. Dzięki zastosowaniu systemu przekazu ciepła pomiędzy budynkami Zespołu Szkół i krytej pływalni, ciepło nie wykorzystane w Zespole Szkół w szczególności w okresie wakacji przekazane jest do podgrzewania wody. Tym samym rozwiązano problem nadmiaru ciepłej wody w szkołach w okresie wakacji.

W sumie zainstalowano 206 kolektorów słonecznych o mocy 310 kW i powierzchni 375 m^2, które spowodują ograniczenie emisji zanieczyszczeń o 87 ton/rok. Ponadto w obiektach zamontowano zbiorniki wody użytkowej 3×800 l, 6×1000 l, 2×1500 l, wymienniki basenowe JAD – 4 szt., automatykę sterującą, konstrukcje wsporcze, naczynia przeponowe, instalację rurową izolowaną termicznie.

Według szacunków montaż kolektorów słonecznych daje oszczędności zużycia gazu w ilości 38.100 m^3/rok i energii elektrycznej w ilości 38 494 kWh/rok. Od kwietnia 2009 r. prowadzony jest monitoring ilości pozyskanego ciepła, gdyż każdą instalację wyposażono w ciepłomierze. Z dotychczas przeprowadzonych obserwacji wynika, że osiągnięto również założony efekt ekologiczny w postaci redukcji gazów cieplarnianych, w tym dwutlenku węgla.

Nie należy także zapominać o walorach edukacyjnych instalacji, gdyż kolektory słoneczne to bardzo ważny i widoczny znak, że samorząd i mieszkańcy chronią środowisko.

MODUŁ 3

Energia wiatru

1 Energia wiatru

1.1 Definicje i podstawowe terminy

Czym jest energia wiatru?

Wiatr jest czystym, darmowym i łatwo dostępnym źródłem energii odnawialnej. Każdego dnia na całym świecie turbiny wiatrowe przechwytują energię wiatru i przetwarzają ją na energię elektryczną. To źródło energii odgrywa coraz większą rolę w tym, w jaki sposób zasilany jest świat. Energia wiatru to źródło obfite i łatwo dostępne, a jej pozyskiwanie nie wyczerpuje cennych zasobów naturalnych. Wiatr jest formą energii słonecznej. Wiatry są spowodowane nierównomiernym ogrzewaniem atmosfery przez Słońce, nierównościami powierzchni Ziemi i ruchem obrotowym Ziemi. Na przepływ wiatru wpływają ukształtowanie powierzchni, zbiorniki wodne i pokrywa roślinna. Gdy wiatr, lub też jego energia kinetyczna, jest przechwytywany przez nowoczesne turbiny wiatrowe, może być wykorzystany do wytwarzania energii elektrycznej. Turbiny wiatrowe mogą pomóc w przeciwdziałaniu szkodliwym skutkom zmian klimatu. Global Wind Energy Outlook przewiduje, że do 2030 roku dzięki wykorzystywaniu energii wiatrowej roczna produkcja dwutlenku węgla będzie o 2,5 mld ton niższa. Jest to równoznaczne z usunięciem 530 milionów samochodów z dróg rocznie lub niewykorzystaniem 4,6 miliarda baryłek ropy na całym świecie. Pozwoliłoby to nawet zrekompensować emisje z 525 elektrowni węglowych w ciągu jednego roku.

Wykorzystywanie energii wiatrowej napędzanej powietrzem atmosferycznym to kolejny sposób pozyskiwania energii. Słońce ogrzewa atmosferę, w której powstaje wiatr. Dzieje się tak również w pochmurne dni i w trakcie trwania pory deszczowej. Położenie turbin wiatrowych jest bardzo ważnym czynnikiem, który wpływa na ich wydajność. Wiatraki są na ogół usytuowane na szczycie wieży o wysokości około 30 metrów. Aby turbulencje wywoływane przez jedną turbinę nie wpływały na wiatr wiejący na drugą, odległość między turbinami jest 5–15 razy większą od średnicy łopat. Oś wiatraków może być zarówno pozioma, jak i pionowa. Podstawowa zasada działania obu jest podobna. Wiatr przechodzący przez łopaty jest przekształcany w moc mechaniczną, która jest podawana przez transmisję do generatora elektrycznego. Turbiny wiatrowe nie będą działać przy wiatrach wiejących z prędkością poniżej 13 km na godzinę. Działają najlepiej, gdy prędkość wiatru wynosi średnio 22 km na godzinę. Większość turbin wiatrowych produkowanych obecnie to turbiny o osi poziomej z trzema łopatami o średnicy 15–30 m, wytwarzające 50–350 kW energii elektrycznej. Energia wiatrowa nie powoduje zanieczyszczenia powietrza ani wody, nie wymaga stosowania substancji toksycznych lub niebezpiecznych i nie stanowi zagrożenia dla bezpieczeństwa publicznego.

1.2 Dlaczego energia wiatru?

Energia wiatrowa ma wiele zalet, co wyjaśnia, dlaczego jest to jedno z najszybciej rozwijających się źródeł energii na świecie. Prace badawcze mają na celu sprostanie wyzwaniom związanym z większym wykorzystaniem energii wiatrowej.

źródło fot.: www.energy.gov/eere/wind/advantages

1.3 Zalety energii wiatru

Ekologia

Energia wiatru to ekologiczne źródło energii. Wykorzystywanie energii wiatru nie zanieczyszcza środowiska tak, jak paliwa kopalne, węgiel i energia jądrowa. Prawdą jest, że produkcja, transport i montaż turbiny wiatrowej przyczyniają się nieznacznie do globalnego ocieplenia klimatu, ale sama produkcja energii elektrycznej wiąże się z zerową emisją gazów cieplarnianych. Z energią wiatrową wiążą się pewne problemy środowiskowe, które zostaną omówione w części dotyczącej wad.

Ogromny potencjał

Jak wspomniano we wstępie tego rozdziału, potencjał energii wiatrowej jest absolutnie niewiarygodny. Kilka niezależnych zespołów badawczych doszło do tych samych wniosków: światowy potencjał energii wiatru wynosi ponad 400 TW (terawaty). Energia wiatru może być wykorzystywana niemal wszędzie. To, czy możliwości finansowe pozwalają na wykorzystanie danego zasobu jest kolejnym pytaniem.

Odnawialność

Wiatr to odnawialne źródło energii. Nie ma możliwości wyczerpania zasobów energii wiatru występującej w przyrodzie. Energia wiatrowa pochodzi z procesów syntezy jądrowej zachodzących na Słońcu. Dopóki Słońce będzie świecić (według naukowców

przez kolejne 6–7 miliardów lat), będziemy mogli wykorzystywać energię wiatru na Ziemi. Nie dotyczy to natomiast paliw kopalnych (np. ropy naftowej i gazu ziemnego), na których tak bardzo polega obecnie nasze społeczeństwo.

Wykorzystanie przestrzeni

Największe turbiny wiatrowe są w stanie wygenerować wystarczającą ilość energii elektrycznej, aby zaspokoić zapotrzebowanie na energię 600 domów. Turbiny wiatrowe nie mogą być umieszczone zbyt blisko siebie, ale grunt znajdujący się pomiędzy nimi może być wykorzystany do innych celów. Dlatego dla wielu gospodarstw korzystniejsze będą turbiny wiatrowe niż panele słoneczne.

Szybki rozwój

Chociaż energia wiatrowa odpowiada jedynie za około 2,5% całkowitej światowej produkcji energii elektrycznej, to jej wydajność rośnie w niewiarygodnym tempie 25% rocznie (2010). Przyczynia się ona nie tylko do walki z globalnym ociepleniem, ale także pomaga obniżyć koszty.

Spadek cen

Od 1980 roku ceny spadły o ponad 80%. Dzięki postępowi technologicznemu i zwiększonemu popytowi w najbliższej przyszłości przewidywane są kolejne spadki cen.

Niskie koszty operacyjne

Zasadniczo prawdą jest, że po wyprodukowaniu i postawieniu turbin, koszty operacyjne są zwykle niskie. Jednak nie każda turbina wiatrowa powstaje tak samo, niektóre wymagają więcej konserwacji niż inne.

Wysoki potencjał dla gospodarstw domowych

Ludzie mogą generować własną energię elektryczną za pomocą energii wiatru w taki sam sposób, jak robią to korzystając z najlepszych paneli słonecznych (fotowoltaika).

Energia wiatru to czyste źródło paliwa
Energia wiatrowa nie zużywa wody, w przeciwieństwie do konwencjonalnych źródeł energii elektrycznej
Energia wiatru to lokalne źródło energii
Energia wiatru jest niewyczerpywalna
Energia wiatru jest opłacalna
Turbiny wiatrowe można stawiać na istniejących farmach lub na terenie przedsiębiorstw rolniczych
Wiatr tworzy miejsca pracy

1.4 Wady energii wiatru

Nieprzewidywalność

Wiatr jest nieprzewidywalny, a dostępność energii wiatrowej nie jest stała. Energia wiatrowa nie jest zatem odpowiednia jako źródło energii obciążenia podstawowego. Gdybyśmy znali opłacalne sposoby magazynowania energii wiatrowej, sytuacja byłaby inna. Możemy mieć nadzieję na przełom w technologii magazynowania energii w przyszłości, ale obecnie turbiny wiatrowe muszą być używane równocześnie z innymi źródłami energii, aby stale zaspakajać nasze zapotrzebowanie na energię.

Koszty

Konkurencyjność cenowa energii wiatrowej jest wysoce dyskusyjna. Zarówno farmy wiatrowe na skalę przemysłową, jak i małe turbiny wiatrowe zazwyczaj polegają głównie na zachętach finansowych, które mają dać elektrowniom wiatrowym równą szansę w ostrej konkurencji z konwencjonalnymi źródłami energii, takimi jak paliwa kopalne i węgiel. Energia słoneczna – fotowoltaika (PV) jest powszechnie uważana za pierwszy wybór dla właścicieli domów, którzy sami chcą zostać producentami energii, ale turbiny wiatrowe stanowią w niektórych sytuacjach doskonałą alternatywę. By zostać producentem energii elektrycznej netto trzeba 40 000–70 000 $ i turbiny wiatrowej o mocy 10 kilowatów. Inwestycja tej wysokości zwykle zaczyna być rentowna po 10–20 latach.

Zagrożenie dla dzikiej przyrody

Ptaki, nietoperze i inne latające stworzenia mają niewielkie szanse na przetrwanie, gdy zostaną uderzone bezpośrednio przez obracające się łopaty turbiny wiatrowej. Jednak niektórzy ekolodzy przerysowali tę kwestię. Oszacowano, że roczna liczba ofiar śmiertelnych wśród ptaków w USA wynosi od 10 000 do 440 000. Dla porównania, zderzenia z budynkami mogą zabić do 976 milionów ptaków.

Hałas

Hałas jest problemem dla niektórych osób mieszkających w pobliżu turbin wiatrowych, dlatego należy unikać budowania turbin wiatrowych w środowisku miejskim. Hałas nie stanowi problemu w przypadku morskich turbin wiatrowych. Nowe projekty wykazują znaczną poprawę w porównaniu ze starszymi modelami i generują mniej hałasu.

Wygląd

Podczas gdy większości osób naprawdę podoba się, jak wyglądają turbiny wiatrowe, zawsze znajdą się tacy, którym ich wygląd nie odpowiada. Turbiny wiatrowe mają mniejszy wpływ na krajobraz niż większość innych źródeł energii (w tym energii

słonecznej, jądrowej i węglowej). Problem ten jest mniejszy, gdy turbiny wiatrowe są budowane poza obszarami miejskimi.

źródło fot.: https://www.evwind.es/2015/05/14/
impacts-of-onshore-wind-energy-development-on-birds- and-bats/52115

Pod względem kosztów energia wiatrowa musi konkurować z konwencjonalnymi źródłami wytwarzania energii
Dobre lokalizacje dla farm wiatrowych to często miejsca znajdujące się z dala od miast, w których potrzebna jest energia elektryczna
Turbiny mogą powodować hałas i zmieniają krajobraz
Turbina wiatrowa może szkodzić przyrodzie, łopaty turbin mogą ranić

2 Wytwarzanie energii z wiatru w rolnictwie

Farma wiatrowa to grupa zlokalizowanych w tym samym miejscu turbin wiatrowych służących do produkcji energii elektrycznej. Duża farma wiatrowa może składać się z kilkuset pojedynczych turbin wiatrowych rozmieszczonych na większym obszarze, ale grunt między turbinami może być wykorzystany do celów rolniczych lub innych. Przykładowo, farma wiatrowa Gansu, największa farma wiatrowa na świecie, ma kilka tysięcy turbin. Farma wiatrowa może być również zlokalizowana na morzu. Prawie wszystkie duże turbiny wiatrowe mają taką samą konstrukcję. Są to turbiny o osi poziomej, mające ustawiony pod wiatr wirnik z trzema łopatami przymocowany do gondoli na szczycie wysokiej wieży rurowej. Na farmie wiatrowej poszczególne turbiny są połączone ze sobą za pomocą średniego napięcia (często 34,5 kV), systemu gromadzenia energii i sieci komunikacyjnej. Ogólnie rzecz biorąc, odległość wynosząca siedmiokrotność średnicy wirnika turbiny wiatrowej jest ustawiana między

każdą turbiną na pełni zagospodarowanej farmie wiatrowej. W podstacji średnie napięcie prądu elektrycznego jest zwiększane za pomocą transformatora, by móc podłączyć go do systemu przesyłu energii elektrycznej wysokiego napięcia.

2.1 W jaki sposób wiatr może pomóc rolnikom?

Rolnicy i hodowcy zwierząt mają wyjątkową możliwość skorzystania z rozwoju branży wiatrowej. Aby wykorzystać ten rynek, mogą oni wydzierżawić grunty deweloperom farm wiatrowych, sami zasilać swoje gospodarstwa energią elektryczną pozyskaną z energii wiatru lub zostać producentami energii wiatrowej.

źródło fot.: https://sciencing.com/info-8337416-much-farmer-make-wind-turbine.html

2.2 Współpraca z deweloperami farm wiatrowych

Jednym z najłatwiejszych i najbardziej atrakcyjnych sposobów na wykorzystanie energii wiatrowej przez rolników jest umożliwienie deweloperom postawienia dużych turbin wiatrowych na własnym gruncie. Czynsz wynosi zazwyczaj od 2000 do 5000 USD rocznie za każdą turbinę, w zależności od jej wielkości. Wpływy te mogą zapewnić stabilne uzupełnienie dochodu rolnika, pomagając przeciwdziałać wahaniom cen towarów. Deweloperzy farm wiatrowych mogą zaoferować właścicielom gruntów stałą roczną opłatę za dzierżawę, jednorazową zapłatę uiszczaną z góry, udział w przychodach z farmy wiatrowej lub kombinację wszystkich wymienionych opcji. Chociaż stałe opłaty mogą być niższe niż udział w przychodach, zapewniają one mniejsze ryzyko właścicielowi gruntu. Płatności z góry mogą być również atrakcyjne, ale jeśli nieruchomość zostanie sprzedana w trakcie trwania umowy, może to skomplikować sprzedaż. Nowy właściciel gruntu, który nie otrzyma żadnych dochodów z turbin wiatrowych, może chcieć zapłacić niższą cenę za nieruchomość. Ponadto,

płatności z góry są często tak skonstruowane, że deweloper otrzymuje wieczystą dzierżawę praw do zasobów wiatrowych na nieruchomości. Może być to niekorzystne, ponieważ przewiduje się, że wartość energii wiatrowej z czasem wzrośnie. Udział w przychodach prawdopodobnie jest najlepszą opcją w świetle przyszłych wzrostów wartości energii wiatrowej.

Posiadanie turbiny

Rolnicy i hodowcy zwierząt mogą generować własną energię elektryczną z wiatru. Małe generatory wiatrowe, o mocy od **400 watów** do **40 kilowatów** lub więcej, mogą zaspokoić potrzeby całego gospodarstwa lub mogą być ukierunkowane na konkretne zastosowania. Na przykład w Teksasie i na zachodzie USA wielu ranczerów używa generatorów wiatrowych do pompowania wody dla bydła. Elektryczne generatory wiatrowe są znacznie bardziej wydajne i niezawodne niż stare wiatrowe pompy wody. Mogą być również tańszym rozwiązaniem niż przedłużanie linii energetycznych, a ponadto są wygodniejsze i tańsze niż generatory wysokoprężne. Gdy turbina wytwarza w danym momencie więcej energii elektrycznej niż potrzebuje gospodarstwo, dodatkowa energia wraca do sieci elektroenergetycznej, aby inni mogli z niej korzystać, cofając licznik elektryczny. Gdy produkcja turbiny jest niższa niż zapotrzebowanie gospodarstwa, licznik obraca się do przodu, jak zwykle. Pod koniec miesiąca lub roku rolnik płaci za zużycie netto lub firma elektryczna płaci za produkcję netto.

Rolnik jako deweloper farmy wiatrowej

Trzecią możliwością dla rolnika lub grupy rolników jest produkcja energii na sprzedaż. Firmy energetyczne coraz częściej kupują energię od niezależnych producentów energii, a nie generują jej same. Coraz częściej oferują produkty ekologiczne lub przyjazne dla środowiska i mogą poszukiwać dostawców energii wiatrowej. Ponadto, wiele stanów oraz rząd federalny USA oferują zachęty do rozwoju energetyki wiatrowej. Przed deweloperem farmy wiatrowej stoi jednak wiele wyzwań. Zakup jednej lub większej liczby dużych turbin wiatrowych może być znaczącą inwestycją nawet dla dużych gospodarstw. Mniejsze farmy wiatrowe mogą być zmuszone do konkurowania z większymi parkami wiatrowymi z wieloma turbinami, które często mają niższe koszty produkcji ze względu na korzyści skali płynące z produkcji i montażu na skalę masową. Podczas gdy rynki ekologiczne mogą stworzyć miejsce dla produktów niszowych, rynek zielonej energii jest wciąż młody, a marże zysku są niewielkie. Rolnicy chętni podjąć ryzyko mogą również zostać inwestorami wiatrowymi. Atrakcyjną opcją może być połączenie zasobów z innymi rolnikami w celu zmniejszenia ryzyka i obniżenia kosztów. Spółdzielcza własność jednej lub więcej turbin jest powszechna w Europie i zaczyna opanowywać rynek również w USA, gdzie rolnicy zaczęli zakładać spółdzielnie wiatrowe przy pomocy dodatkowych zachęt państwowych dostępnych dla małych projektów wiatrowych. Rolnicy mogą również nawiązać

współpracę ze spółdzielnią energetyczną w celu sfinansowania projektu i sprzedaży energii wiatrowej jej klientom. Niektóre spółdzielnie energetyczne są znacznie bardziej aktywne.

3 Zasady pozyskiwania i wykorzystywania energii wiatru

Farma wiatrowa to zespół połączonych ze sobą turbin wiatrowych, które dostarczają energię elektryczną lokalnej społeczności lub przesyłają ją do sieci energetycznej dla większej populacji. Farmy wiatrowe często znajdują się wzdłuż linii brzegowych, gdzie wieją silne wiatry.

3.1 Jak działa turbina wiatrowa?

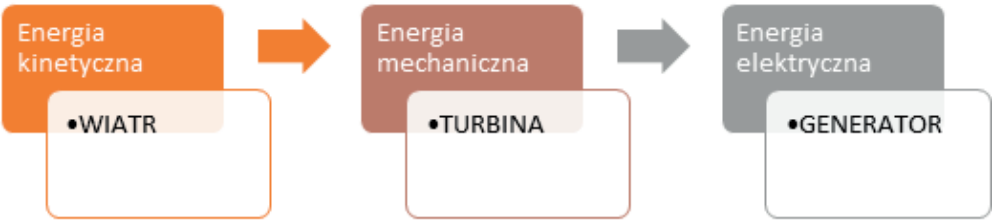
Turbiny wiatrowe przekształcają energię kinetyczną wiatru w energię elektryczną. Główne etapy procesu to:

- Etap 1: Poruszające się powietrze naciska na łopaty turbiny, powodując ich obrót. W tym procesie część energii kinetycznej poruszającego się powietrza jest przekształcana w energię mechaniczną (energię kinetyczną ruchu obrotowego) wirujących łopat (wiatr wciąż ma pewną energię kinetyczną, gdy oddala się od turbiny).
- Etap 2: Wały i przekładnie wewnątrz skrzyni przekładniowej przenoszą energię mechaniczną turbiny na generator (przekładnie powodują, że wał napędowy generatora obraca się szybciej niż wał połączony z piastą łopaty).

źródło fot.: https://medium.com/@ChuckGrassley/from-maytag-to-wind-power-an-american-success-story-in-newton-iowa-f117a77268b

3.2 Jaka jest najlepsza lokalizacja farmy wiatrowej?

Turbiny wiatrowe powinny być zlokalizowane tam, gdzie występują silne wiatry – choć nie tak silne, że mogłyby uszkodzić turbiny.



Przemiany energetyczne zachodzące w turbinie wiatrowej.

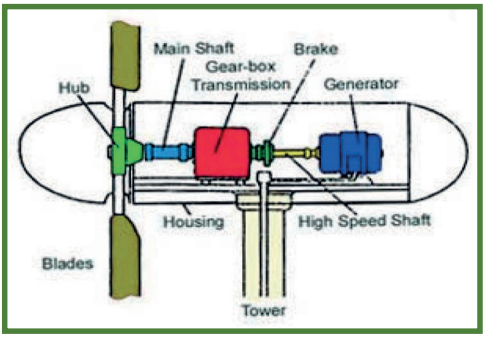
Pracują z największą możliwą wydajnością energetyczną, gdy przepływ powietrza jest „płynny", tzn. gdy cząstki powietrza poruszają się w tym samym kierunku i nie wirują. Dlatego idealne lokalizacje turbin wiatrowych to:

– miejsca z dala od przeszkód, takich jak lasy, wieże i wychodnie skalne (miejsca te spowodowałyby wirowanie powietrza).

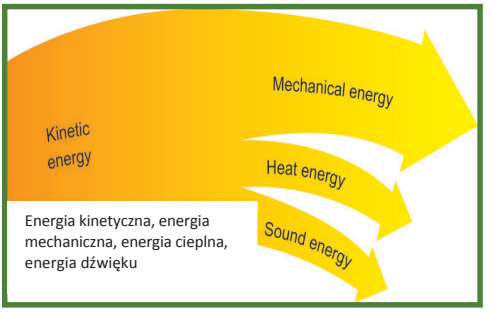
– miejsca zlokalizowane w najwyższym możliwym punkcie. najlepsze miejsce jest na szczycie gładkiego wzgórza, gdzie wiatr może się zcentralizować i zwiększyć prędkość.

3.3 Moc wiatru

Energia, którą może dostarczyć wiatr jest proporcjonalna do sześcianu prędkości wiatru.



Piasta, wał główny, skrzynia przekładniowa, hamulec, generator, łopaty, obudowa, wieża, wał wysokoobrotowy



Turbina wiatrowa – widok wnętrza i wykres Sankeya pokazujący, w jaki sposób część energii kinetycznej wiatru jest przekształcana w nieużyteczne formy energii.

Oznacza to, że:

- Wiatr o dwukrotnie większej prędkości może dostarczyć ośmiokrotnie więcej energii.
- Wiatr o trzykrotnie większej prędkości może dostarczyć dwadzieścia siedem razy więcej energii.
- Wiatr o dziesięciokrotnie większej prędkości może dostarczyć tysiąc razy więcej energii.

Obrazuje to, jak ważne jest, by farma wiatrowa znajdowała się w miejscu charakteryzującym się silnymi wiatrami.

3.4 Co decyduje o tym, ile energii generuje turbina wiatrowa?

Ilość energii elektrycznej wytwarzanej przez turbinę wiatrową nie zależy tylko od prędkości wiatru i tego, jak płynnie wieje, lecz również od konstrukcji turbiny:

- liczby łopat
- długości łopat
- kształtu łopat
- masy (ciężaru) łopat
- kąta nachylenia łopat względem wiatru
- wysokości wieży
- używanych przekładni
- typu używanego generatora
- systemu komputerowego kontrolującego pracę turbiny i jej moc wyjściową (jeśli jest używany).

Czym jest wydajność energetyczna turbiny wiatrowej?

Turbiny wiatrowe nie generują energii elektrycznej nieprzerwanie. Chociaż wiatr może być dostępny nawet przez 70% czasu, często nie jest on wystarczająco silny, by turbina wiatrowa pracowała z pełną mocą. Połączenie braku wiatru i nieodpowiedniej siły wiatru oznacza, że nawet w dobrej lokalizacji turbina wiatrowa w ciągu roku wygeneruje tylko około 30% ilości, jaką mogłaby wygenerować przy stałym silnym wietrze. Dobra lokalizacja może mieć **współczynnik wydajności** wysokości 35%. Oznacza to, że roczna wydajność turbiny wynosi średnio 35%. Oprócz problemów związanych z wiatrem, część energii kinetycznej wiatru jest przekształcana w energię cieplną (przekładnie i wały nagrzewają się) i energię dźwięku (łopaty, przekładnie i wały powodują hałas podczas obracania się).

Zasada działania turbin wiatrowych jest prosta. Energia wiatru powoduje obrót dwóch lub trzech śmigłopodobnych łopat wokół wirnika. Wirnik jest połączony z wałem głównym, który obraca generator w celu wytworzenia energii elektrycznej.

Wiatr jest formą energii słonecznej i jest rezultatem nierównomiernego ogrzewania atmosfery przez Słońce, nierówności powierzchni Ziemi i ruchu obrotowego Ziemi. Termin energetyka wiatrowa opisuje proces, w którym wiatr jest wykorzystywany do generowania mocy mechanicznej lub elektrycznej. Turbiny wiatrowe przekształcają energię kinetyczną wiatru w energię mechaniczną. Energia ta może być wykorzystywana do określonych zadań (takich jak rozdrabnianie ziarna lub pompowanie wody) lub może zostać przekształcona przy użyciu generatora w energię elektryczną.

Rodzaje turbin wiatrowych

Współczesne turbiny wiatrowe dzielą się na dwie podstawowe grupy: turbiny o osi poziomej, oraz turbiny o osi pionowej, takie jak nazwany na cześć francuskiego wynalazcy model Darrieusa przypominający swym wyglądem śmigło. Turbiny wiatrowe o osi poziomej zazwyczaj mają dwie lub trzy łopaty. Trzy łopaty turbin tego typu ustawione są „pod wiatr". Turbiny wiatrowe można budować na lądzie lub na dużych zbiornikach wodnych, takich jak oceany i jeziora.

Turbina Savoniusa o pionowej osi obrotu

Nowoczesna turbina HAWT o poziomej osi obrotu

Turbina Darrieusa o pionowej osi obrotu

Rodzaje turbin wiatrowych (pionowe i poziome)

– Turbiny o poziomej osi obrotu (turbiny typu **HAWT –** Horizontal Axis Wind Turbine) są najczęściej używanymi urządzeniami dostępnymi na rynku ze względu na ich wyższą wydajność.
– Turbiny o pionowej osi obrotu (turbiny typu **VAWT –** Vertical Axis Wind Turbine) są bardziej odpowiednie do użytku prywatnego, ponieważ emitują mniej hałasu.

P_n =2–5 kW

Powierzchnia omiatania = 8,5–17,3 m^2

P_n =2–5 kW

Powierzchnia omiatania = 8,5–17,3 m^2

P_n =30 kW

Powierzchnia omiatania = 300 m^2

P_n =30 kW

Powierzchnia omiatania = 1 452m^2

Właściwości małych turbin wiatrowych odpowiednich do użytku w gospodarstwie

P_n – moc znamionowa

Dla lokalizacji charakteryzujących się niską prędkością wiatru

- powierzchnia omiatania: >10 m^2/kW
- prędkość wiatru 3–4 m/s satysfakcjonująca
- prędkość wiatru 4–5 m/s dostateczna
- prędkość wiatru 5–6 m/s dobra-bardzo dobra

Dla lokalizacji charakteryzujących się średnią prędkością wiatru

- powierzchnia omiatania 6–10 m^2/kW
- prędkość wiatru >5–6 m/s satysfakcjonująca

Dla lokalizacji charakteryzujących się niską prędkością wiatru

- powierzchnia omiatania: < 6 m²/kW max. powierzchnia omiatania = 200 m²
- prędkość wiatru > 6 m/s satysfakcjonująca-dostateczna

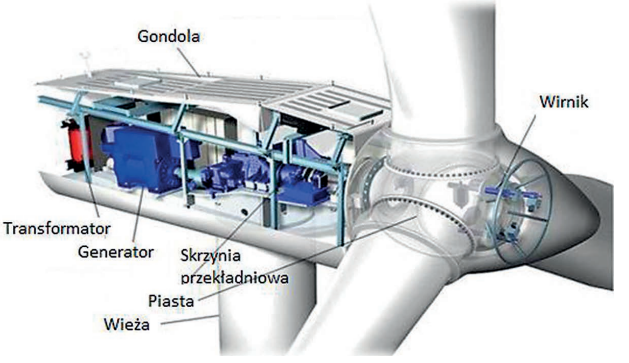
W porównaniu do turbin wiatrowych z małymi wirnikami dostosowanymi do silnych wiatrów, turbiny wiatrowe dostosowane do lekkich wiatrów są w stanie pokryć wysokie zapotrzebowanie własne dzięki wydajności charakteryzującej się większą stałością. Dzięki temu są one rozwiązaniem praktyczniejszym z ekonomicznego punktu widzenia, podczas gdy turbiny wiatrowe dostosowane do silnych wiatrów wytwarzają tylko odpowiednią ilość energii elektrycznej podczas burzy.

Rozmiary turbin wiatrowych

Turbiny na skalę przemysłową mają moc od 100 kilowatów do kilku megawatów. Większe turbiny wiatrowe są bardziej opłacalne i łączone są w zespoły określanie mianem farm wiatrowych, które masowo dostarczają energię do sieci elektrycznej. Pojedyncze małe turbiny o mocy poniżej 100 kilowatów są wykorzystywane do użytku domowego, zasilania anten telekomunikacyjnych lub pomp wody. Małe turbiny są czasami używane w połączeniu z generatorami prądu, akumulatorami i systemami fotowoltaicznymi. Systemy te nazywane są hybrydowymi systemami wiatrowymi i są zwykle stosowane w odległych lokalizacjach poza siecią, gdzie połączenie z siecią energetyczną nie jest możliwe.

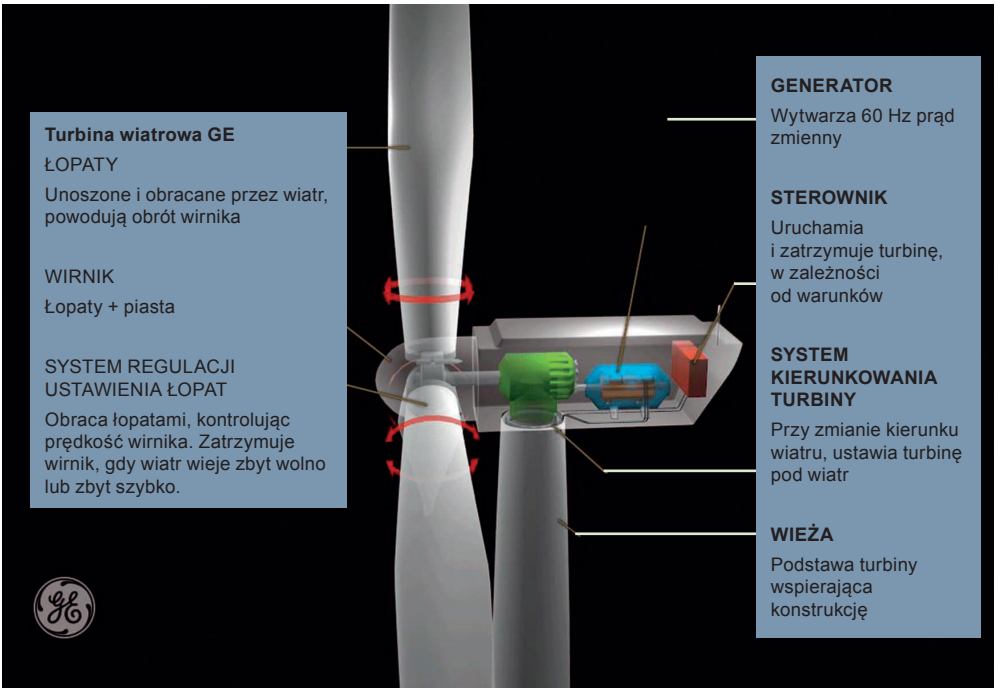
Zasada działania

Zasada działania turbiny wiatrowej jest prosta. Wirnik jest połączony z wałem głównym, który obraca generator w celu wytworzenia energii elektrycznej. W celu pozyskania jak największej ilości energii, turbiny wiatrowe montowane są na wieży. Na wysokości 30 metrów (100 stóp) lub więcej nad ziemią mogą wykorzystać wiatr wiejący szybciej i w sposób mniej turbulentny. Turbiny wiatrowe mogą być wykorzystywane do produkcji energii elektrycznej dla pojedynczego domu lub budynku bądź mogą być podłączone do sieci elektrycznej w celu dystrybucji energii elektrycznej na szeroką skalę.



Wnętrze turbiny wiatrowej, źródło: www.quora.com

Wykorzystując siły natury do wytwarzania energii elektrycznej, inżynierowie muszą przestrzegać zasady działania turbiny wiatrowej. Aby zwiększyć wydajność turbiny i wydłużyć jej czas pracy, gdy wiatr wieje z dużą prędkością, konieczne jest zamontowanie mocnej ramy, która nie tylko osłania podstawowe urządzenia generujące energię, ale może również zmniejszyć uszkodzenia w przypadku silnych wiatrów. Istnieją zatem pewne wytyczne, które należy stosować i które są wzorami zaczerpniętymi z mechaniki ruchu obrotowego oraz analizy reakcji automatycznych występujących pod wpływem tarcia mechanicznego.



Budowa elektrowni wiatrowej. Źródło: www.quora.com

Standardowy koszt turbiny wiatrowej

Ekonomika posiadania turbiny zależy od wielu czynników, w tym prędkości wiatru, wielkości i kosztu turbiny wiatrowej, stóp procentowych, podatków i cen energii elektrycznej. Jedną z kluczowych kwestii jest to, ile energii zużywa gospodarstwo i ile sprzedaje do zakładu. Badanie przeprowadzone przez Izaaka Waltona League wykazało, że inwestycja w turbiny wiatrowe zwraca się najszybciej, gdy większość lub cała energia jest wykorzystywana w gospodarstwie, ponieważ rolnik oszczędza energię w cenie detalicznej, zamiast sprzedawać ją w cenie hurtowej.

Tabela 1. Koszt i okres zwrotu standardowej turbiny wiatrowej.

Koszt i okres zwrotu standardowej turbiny wiatrowej			
Moc turbiny	Koszt inwestycyjny lub wstępny	Roczna produkcja energii	Okres zwrotu przy pokrywaniu całych potrzeb energetycznych gospodarstwa
10 kW	$ 32000	20000–28000 kWh	18–27 lat
50 kW	$ 130000	100000–150000 kWh	12–18 lat
225 kW	$ 325000	425000–600000 kWh	9–13 lat
660–750 kW	$ 800000–900000	1500000–2300000 kWh	6–8 lat

Przy założeniu, że cena detaliczna energii elektrycznej wynosi 7,5 centa za kilowatogodzinę i wzrasta o trzy procent rocznie, a roczna średnia prędkość wiatru to 15–17,4 mil na godzinę na wysokości 50 metrów nad ziemią. Źródło: Na podstawie danych producentów turbin wiatrowych i szacunków Thomasa A. Winda, Wind Utility Consulting.

W przypadku mniejszych turbin wiatrowych cała energia może zostać zużyta przez większość czynności w gospodarstwie. Koszt jednostki energii elektrycznej generowanej przez mniejsze turbiny jest wyższy niż w przypadku większych turbin, więc okres zwrotu jest dłuższy. Biorąc pod uwagę, że dobrze utrzymana turbina wiatrowa może działać przez 30 lat, może to być opłacalna inwestycja. Jak w przypadku każdej inwestycji długoterminowej, przed jej dokonaniem ważna jest dokładna analiza techniczna i finansowa.

3.5 Jak wybudować farmę wiatrową? Etapy budowy farmy wiatrowej

1. Dowiedz się, jakie są zasoby energii wiatrowej w danym miejscu. Najważniejszym czynnikiem, który należy wziąć pod uwagę przy budowie elektrowni wiatrowej, jest zasób energii wiatru w miejscu elektrowni wiatrowej. Aby lokalizacja farmy wiatrowej mogła być w ogóle brana pod uwagę, musi charakteryzować się minimalną średnią roczną prędkością wiatru w okolicach 11–13 m/h. Informacji na temat średnich prędkości można zasięgnąć na lotniskach i w stacjach meteorologicznych, które dysponują lokalnymi danymi pogodowymi. Można również sprawdzić mapy wiatru dla swojego regionu na stronie National Renewable Energy pod adresem https://www.ewea.org/. Z czasem można zamontować własne urządzenia monitorujące, aby rejestrować dane dotyczące wiatru w danym miejscu.

2. Określ odległość od istniejących linii przesyłowych. Krytyczną kwestią w redukcji kosztów budowy farmy wiatrowej jest zminimalizowanie ilości infrastruktury przesyłowej, która musi zostać zainstalowana. Koszt linii wysokiego napięcia może wynosić kilkadziesiąt tysięcy złotych. W miarę możliwości, przy wyborze lokalizacji należy wziąć pod uwagę dostępność istniejących linii.

3. Zabezpiecz dostęp do gruntów. Właściciele gruntów, zarówno prywatni, jak i publiczni, będą oczekiwać rekompensaty za każdą inwestycję wiatrową na ich ziemi. Ze wszystkimi zainteresowanymi stronami należy przeprowadzić rozmowy

na temat umowy dzierżawy lub innego rodzaju opłat. Drogi, urządzenia transmisyjne i konserwacyjne, turbiny i tym podobne – należy wziąć pod uwagę wszystkie kwestie. Ponadto, budowa farmy wiatrowej wymaga użycia ciężkiego sprzętu przemysłowego. Deweloperzy będą musieli zainwestować w drogi z dostateczną nośnością. W tym celu potrzebna będzie współpraca właścicieli ziemskich, a w niektórych przypadkach również społeczności lokalnej.

4. Zapewnij dostęp do kapitału. Budowa farmy wiatrowej nie jest tania. Przeciętny koszt inwestycji w elektrownię wiatrową to 1 mln USD na megawat (MW) zainstalowanej mocy. By móc czerpać korzyści skali, elektrownie wiatrowe powinny przekraczać 20 MW. Zakładając, że przeciętna turbina wiatrowa ma moc 750 kilowatów (kW), oznacza to montaż co najmniej 26 turbin i początkową inwestycję w wysokości 20 milionów dolarów.

5. Zdobądź solidnego nabywcę energii lub rynek zbytu. Dotychczas najbardziej konkurencyjną cenowo energią odnawialną na rynku jest energia wiatrowa. W rzeczywistości koszt energii wiatrowej spadł tak bardzo, że konkuruje ona z wieloma tradycyjnymi technologiami wytwarzania energii. Niemniej jednak, nabywcy będą kupować energię jak najtańszą i jak najbardziej niezawodną. Obecnie, w większości przypadków jest to gaz ziemny. Nie oznacza to jednak, że nie ma rynku zbytu dla energii wiatrowej. Zapotrzebowanie na „zieloną energię" (elektryczność z czystych źródeł, takich jak wiatr, która jest sprzedawana klientom po wyższej cenie) i wymogi środowiskowe przyczyniają się do powstawania coraz szerszego grona nabywców energii wiatrowej po konkurencyjnych stawkach. Przed zainwestowaniem tysięcy dolarów w ocenę zasobów wiatrowych, zdobyciem pozwoleń i planowaniem budowy, deweloper powinien otrzymać wstępne zobowiązanie od jednego lub więcej nabywców energii elektrycznej na okres od 10 do 30 lat okresu eksploatacji.

6. Rozważ kwestie dotyczące lokalizacji i wykonalności inwestycji. Fakt, że dana lokalizacja jest wietrzna, nie oznacza, że nadaje się do rozwoju energetyki wiatrowej. Ustalając lokalizację inwestycji, deweloper musi wziąć pod uwagę wiele czynników. Czy w okolicy jest duża aktywność ptaków drapieżnych? Czy żyją tam gatunki zagrożone lub chronione, które mogłyby być narażone na szkodę przez obecność elektrowni? Czy geologia danego miejsca jest odpowiednia dla rozwoju przemysłowego? Czy hałas i estetyka będą problemem dla lokalnej społeczności? Czy turbiny zasłonią tor lotu lokalnego ruchu lotniczego? Istnieje wiele kwestii środowiskowych i społecznych, które należy rozważyć, biorąc pod uwagę daną lokalizację elektrowni wiatrowej. Farmy wiatrowe mogą być wspaniałymi sąsiadami, ale obowiązkiem dewelopera jest zapewnienie, by inwestycja przebiegała w sposób akceptowany przez organy nadzoru i społeczność lokalną.

7. Poznaj ekonomikę elektrowni wiatrowej. Istnieje wiele czynników wpływających na koszt i wydajność elektrowni wiatrowych. Na przykład, moc

generowana przez turbinę wiatrową jest funkcją sześcianu średniej prędkości wiatru w danej lokalizacji, co oznacza, że niewielkie różnice w prędkości wiatru oznaczają duże różnice w wydajności i kosztach energii elektrycznej. Ponadto, powierzchnia omiatania wirnika turbiny jest funkcją kwadratu długości łopaty (promienia powierzchni omiatania wirnika). Niewielkie wydłużenie łopaty zwiększa ilość pozyskanej energii i obniża koszty. Metody finansowania mogą również znacząco wpłynąć na ekonomikę projektu. Zapewnienie znaczącego kapitału inwestycyjnego lub współwłasność projektu może znacznie obniżyć koszty. Ponadto, istnieją dotacje, do których projekt może się kwalifikować i które mogą obniżyć koszty oraz zachęcić do korzystniejszych inwestycji.

8. Zdobądź wiedzę na temat zagospodarowania przestrzennego i pozwoleń na budowę. Znalezienie lokalizacji dla inwestycji energetycznej może być trudnym zadaniem ze względu na oszałamiającą liczbę czynników społecznych i środowiskowych. Deweloper energii wiatrowej może wiele wynieść z porad profesjonalisty zaznajomionego z otoczeniem regulacyjnym energetyki wiatrowej.

9. Nawiąż dialog z producentami turbin i podmiotami realizującymi projekt. Każda turbina wiatrowa jest inna pomimo pozornie podobnych mocy znamionowych. Niektóre urządzenia są zaprojektowane do bardziej wydajnej pracy przy niższych prędkościach wiatru, podczas gdy inne są przeznaczone do silniejszych wiatrów. Potencjalny deweloper energii wiatrowej powinien wziąć pod uwagę różne kwestie i porównać wydajność z istniejącymi urządzeniami. Pomocne mogą być anegdotyczne informacje, jak również profesjonalne usługi deweloperów energii wiatrowej.

10. Podpisz umowę w zakresie obsługi i konserwacji obiektu. Technologia turbin wiatrowych poczyniła ogromne postępy w ostatnich latach. Dzisiejsze maszyny są wydajniejsze i tańsze niż kiedykolwiek. Jednak są one również bardziej skomplikowane. Dostępność turbin i ich niezawodność są głównymi czynnikami wpływającymi na sukces inwestycji, a usługi profesjonalistów zaznajomionych z obsługą i konserwacją turbin wiatrowych mogą okazać się nieocenione. Ponadto, producenci turbin mogą oferować bardziej korzystne gwarancje produktu, wiedząc, że na miejscu będą wykwalifikowani operatorzy odpowiedzialni za konserwację urządzenia.

Koszty energii elektrycznej i trendy w energetyce wiatrowej

Energia wiatrowa jest kapitałochłonna, ale nie wymaga paliwa. Cena energii wiatrowej jest zatem znacznie bardziej stabilna niż ceny paliw kopalnych. Koszt krańcowy energii wiatru po zbudowaniu stacji wynosi zwykle mniej niż 1 cent na kWh. Niemniej jednak, szacunkowy średni koszt na jednostkę energii elektrycznej musi obejmować koszt budowy turbiny i urządzeń przesyłowych, pożyczone środki, zwrot

dla inwestorów (w tym koszt ryzyka), szacowaną roczną produkcję i inne składniki uśrednione na przewidywany okres użytkowania sprzętu, który może przekraczać dwadzieścia lat. Szacunki kosztów energii są w dużym stopniu zależne od tych założeń, więc opublikowane dane dotyczące kosztów mogą się znacznie różnić. W 2004 roku, energia wiatrowa kosztowała jedną piątą tego, ile kosztowała w latach 80., a niektórzy spodziewali się, że spadkowa tendencja będzie trwać, ponieważ produkowano masowo duże multimegawatowe turbiny. W 2012 roku, koszty kapitałowe turbin wiatrowych były znacznie niższe niż w latach 2008–2010, ale nadal przekraczały poziomy z roku 2002. Według raportu Amerykańskiego Stowarzyszenia Energetyki Wiatrowej z 2011 roku: koszty energii wiatru spadły w ciągu ostatnich dwóch lat o 5 do 6 centów za kilowatogodzinę. Energia ta jest ostatnio około 2 centy tańsza niż energia elektryczna wytworzona z węgla. Trzydzieści pięć procent energii elektrycznej wyprodukowanej w Stanach Zjednoczonych przez zakłady wybudowane od 2005 roku pochodzi z wiatru. Jest to więcej niż łączna produkcja nowych elektrowni gazowych i węglowych.

Wymogi dla budowy farmy wiatrowej w Europie

Budowa farmy wiatrowej wymaga obszernych prac nad przedstawieniem planów wszystkim zainteresowanym stronom oraz, oczywiście, władzom publicznym, które zdecydują, czy zezwolić na budowę. By zbudować elektrownię wiatrową, musimy mieć pozwolenie od lokalnej administracji lub pozwolenie na budowę. Ocena planowanej farmy wiatrowej zazwyczaj obejmuje publiczną dyskusję i konsultację, na które zaproszone są wszystkie strony, by mogły przedstawić swoją opinię. Deweloper musi również skontaktować się ze wszystkimi organami publicznymi i firmami zainteresowanymi danym gruntem. Mogą to być siły zbrojne i urząd lotnictwa cywilnego, operatorzy telekomunikacyjni, organy administracji leśnej, organy administracji morskiej, Towarzystwo Ochrony Przyrody, Towarzystwo Ornitologiczne i lokalne stowarzyszenia na rzecz dziedzictwa.

Jakie są wymagania urzędowe dla farmy wiatrowej?

Zanim zaczniemy starać się o pozwolenie, musimy poszukać odpowiedniej lokalizacji. Aby znaleźć miejsce dla farmy wiatrowej należy udać się na rozmowę z lokalnymi władzami i właścicielami gruntów. Następnie wysyłamy prośbę o konsultację do różnych organów publicznych i prosimy o ich opinie na temat danego obszaru jako lokalizacji farmy wiatrowej. Należy również sprawdzić, jakie ptaki, nietoperze, rośliny, środowiska kulturowe, stanowiska archeologiczne, biotypy i cenne siedliska naturalne występują na danym obszarze. Powinniśmy wysłać kompleksowy pakiet informacyjny do wszystkich, którzy mieszkają w promieniu kilometra od proponowanej lokalizacji turbin i zaprosić ich na spotkanie informacyjne. Następnie powinniśmy poprosić niezależnego konsultanta o przeprowadzenie ogólnej oceny oddziaływania na środowisko, którą uwzględnimy w naszym wniosku. Musimy także opracować mapy proponowanych lokalizacji wszystkich turbin, ocenić oddziaływanie dźwięków i cieni oraz wykonać

zdjęcia lokalizacji pod różnymi kątami, które następnie wykorzystamy do stworzenia fotomontaży pokazujących planowane turbiny wiatrowe w ich przyszłym środowisku. Kiedy oceniliśmy nasz pomysł z punktu widzenia wszystkich zainteresowanych, powinniśmy złożyć wniosek, a następnie otrzymać decyzję na temat tego, w jaki sposób farma wiatrowa powinna być zaprojektowana, aby ingerencja w środowisko nie naruszała prawa. Decyzja nakłada również obowiązek pomiaru i monitorowania wszelkich aspektów, które mogą wpływać na środowisko oraz corocznego składania lokalnym władzom raportu środowiskowego dotyczącego tychże aspektów.

4 Studia przypadków

4.1 Turbiny wiatrowe Bilecik-Kutahya

Celem Bilecik-Kutahya jest pozostanie tureckim centrum produkcyjnym w dziedzinie technologii wiatrowych. Planowana wydajność turbin zlokalizowanych w obrębie 5 regionów wynosi 5 tysięcy megawatów. Inwestycja zakłada również budowę 10-letniego obiektu badawczo-rozwojowego w Eskisehir. Przewidywany koszt inwestycji to co najmniej 1 mld USD, a miesięczna produkcja w Keban Dam, największym zakładzie produkcji energii w Turcji, wyniesie tysiąc megawatów.

4.2 Pierwsza morska farma wiatrowa w Turcji

Turcja jest czwartym krajem, który zwiększył moc elektrowni wiatrowych w Europie do roku 2017. Obecnie przygotowuje się do uruchomienia pierwszej morskiej farmy wiatrowej. Zainteresowanie morskimi elektrowniami wiatrowymi, które mają większą wydajność, rośnie z dnia na dzień. Dzięki swoim przełomowym dokonaniom, Turcja stała się jednym z graczy na arenie międzynarodowej w dziedzinie energetyki wiatrowej. Według Global Wind Energy Council (GWEC), w ubiegłym roku światowa zainstalowana moc elektrowni wiatrowych wzrosła o 52 753 megawatów i wynosiła 539 651 megawatów. Moc elektrowni tureckich wynosi 6 857 megawatów, co plasuje Turcję na 11. miejscu w dziedzinie światowej energetyki wiatrowej.

4.3 Elektrownia 40 MW w Ayça, Çanakkale

Yakın Renewable Energy ma w planach wybudować elektrownię wiatrową Ayçe Wind Power Plant o mocy 40 MW w okręgach Bayramiç i Ayvacık w Çanakkale. W zeszłym roku ruszył przetarg Tureckiej Spółki Przesyłowej Energii Elektrycznej (TEİAŞ) na budowę Ayça RES, elektrowni o mocy 740 MW, która docelowo w ostatnim etapie ma mieć moc 2130 MW. W ramach projektu o wartości 45 mln USD zostanie wygenerowanych łącznie 122 640 000 kilowatogodzin energii elektrycznej przez 40 turbin wiatrowych o mocy 1 MWe/1 MWm. Wyprodukowana energia elektryczna przesyłana będzie do systemu z połączeniem do sieci przesyłowej 154 kV Ayvacik TM o planowanej długości 20 km (1272 MCM EHH) i 154 kV sieci Maslaktepe RES TM o długości 8 km (1272 MCM EHH).

4.4 Elektrownia 303 MW w Çanakkale

Bilgin Energy przygotowuje się do uruchomienia elektrowni wiatrowej o mocy 303 MW w Çanakkale. Bilgin Enerji Yatırım Holding A.Ş. Bilgin Wind Power Plant Generating Company planuje montaż i obsługę „Çınarpınar RES 303 MWm / 303 MWe (101 × 3 MWm/3 MWe)" o mocy 303 MWm/303 MWe z 101 turbinami wiatrowymi w granicach

dzielnic Canakkale, Ayvacık i Ezine. W ramach projektu o wartości 950 000 000 TL rocznie generowanych będzie 930 000 000 kWh energii, które zostaną podłączone do Krajowego Systemu Energii Elektrycznej za pomocą linii przesyłowej 154 kV i podstacji transformatorowej.

Inwestycja zostanie zrealizowana w granicach okręgu Ayvacık w miejscowościach Çınarpınar, İlyasfakı, Büyükhusun, Kozlu, Paşaköy, Kulfal, Tamiş, Tabaklar, Çamköy, Tasboğaz, Kestanelik, Naldöken, Tuzla i Köseedere. Pozostałe 22 turbiny zostaną zamontowane w miejscowościach Tavaklı, Belen, Köseler, Yaylacık, Sarpdere i Arasanlı w okręgu Ezine.

4.5 Park wiatrowy Fantanele-Cogealac

ČEZ Group prowadzi największą nadmorską farmę wiatrową o zainstalowanej mocy 600 MW. 1 czerwca 2010 roku uruchomiono pierwszą z 240 planowanych turbin wiatrowych, a 21 listopada 2012 roku ČEZ podłączyła do sieci 240. turbinę wiatrową. Farma wiatrowa Fantanele-Cogealac w Rumunii przegoniła swą konkurencję w Szkocji, a tym samym stała się największą lądową farmą wiatrową w Europie. W ubiegłym roku, z farmą wiatrową w swoim portfolio, CEZ posiadała ponad 40% rynku zielonych certyfikatów w Rumunii. Farma wiatrowa Fantanele-Cogealac położona jest na obszarze o powierzchni 72 kilometrów kwadratowych w rumuńskim regionie Dobrudża, zaledwie 17 kilometrów od brzegu Morza Czarnego. Każda z postawionych turbin wiatrowych GE 2,5 XL ma moc znamionową 2,5 MW. Mają one wysokość 100 m i średnią średnicę wirnika 99 m. Inwestycja została zaplanowana z największą dbałością o środowisko. W wybranej lokalizacji panują doskonałe warunki wiatrowe. Po zakończeniu projektu farma wiatrowa będzie stanowić prawie 10% udziału w rumuńskim rynku energii odnawialnej (który obejmuje duże elektrownie wodne). Rumunia wspiera produkcję energii elektrycznej ze źródeł odnawialnych poprzez wydawanie zielonych certyfikatów producentom energii.

4.6 Park wiatrowy Věžnice

Pod koniec 2009 roku uruchomiono kilka nowoczesnych elektrowni wiatrowych w pobliżu miejscowości Věžnice na terenie regionu Vysočina. Obiekt obsługiwany przez CEZ powinien pokryć zapotrzebowanie 3 tysięcy gospodarstw domowych. Głównym dostawcą projektu jest ŠKODA PRAHA Invest. Turbiny o mocy jednostkowej 2 MW zostały dostarczone przez niemiecką firmę REpower Systems.

4.7 Czysta energia z Vysočina

Farma położona jest między miejscowościami Polná i Přibyslav na wysokości 500 m n.p.m. w miejscu charakteryzującym się dobrymi warunkami wiatrowymi. Wiatr osiąga prędkość średnio 6–7 m/s na wysokości 100 metrów. Prace nad projektem rozpoczęły się w 2004 roku na gruntach prywatnych właścicieli w miejscowości Věžnice. Pierwotnie rozważano budowę ośmiu jednostek. Sam proces uzyskania pozwolenia trwał trzy lata i niestety towarzyszyły mu opóźnienia zwykle występujące w warunkach czeskich. W rezultacie, CEZ Renewable Sources wykupił projekt od władz lokalnych, w tym pozwolenie na budowę i pomyślnie ukończył całą inwestycję.

4.8 Czysta energia z regionu Svitavsko

Farma położona jest między miejscowościami Litomyšl i Svitavy na wysokości 400 m n.p.m. w miejscu charakteryzującym się dobrymi warunkami wiatrowymi. Wiatr osiąga prędkość średnio 6–7 m/s na wysokości 100 metrów. Prace nad projektem rozpoczęły się w 2004 roku na gruntach prywatnych właścicieli spółki Š-Bet. CEZ Renewable Sources wykupił projekt, w tym pozwolenie na budowę i pomyślnie ukończył całą inwestycję. Technologia elektrowni wiatrowych w miejscowości Janov.

Producent	Wikow Wind, a. s.
Rodzaj turbiny wiatrowej	W 2000 SPG
Moc znamionowa	2 000 kW
Wysokość do osi wirnika	80 m
Średnica wirnika	80 m
Całkowita wysokość	120 m
Średnica podstawy wieży	4,3 m
Całkowita waga	275,7 ton
Okres budowy	kwiecień – sierpień 2009 (roboty ziemne, budowa, ustawienie, test wstępny)

5 Bibliografia

- Çelik, K., Baytekin, H., Kalmış, H., Çelik, H., 2017. Tarımsal Uygulamalarda Yenilenebilir Enerji Kullanımı. Sonçağ Yayıncılık Matbaacılık, Ankara.
- http://energyinformative.org/wind-energy-pros-and-cons/
- https://www.cez.cz/en/power-plants-and-environment/wind-power-plant/janov.html
- American Wind Energy Association, 10 Steps in Building a Wind Farm
- http://www.stelr.org.au/wind-energy/
- https://en.wikipedia.org/wiki/Wind_power

MODUŁ 4

Energia geotermalna

1 Energia geotermalna

Z energii geotermalnej korzystać może 750 milionów ludzi na całym świecie. Co najmniej 70 krajów wykorzystuje jej potencjał. Dzięki dzisiejszej technologii z wysokotemperaturowych zasobów geotermalnych na świecie można dodatkowo wytworzyć ponad 140 000 MW energii elektrycznej. Obszary ich występowania to, na przykład, Wielkie Rowy Afrykańskie i Pacyficzny Pierścień Ognia (w tym archipelagi Azji Wschodniej, Ameryki Środkowej i Południowej oraz zachodnich Stanów Zjednoczonych). Ogromne złoża niskotemperaturowe można znaleźć w Chinach i Europie. Mogą one dostarczać ciepło do centralnego ogrzewania i innych bezpośrednich zastosowań. Wykonywane obecnie głębokie odwierty oraz ulepszone systemy geotermalne prawdopodobnie znacznie zwiększą produkcję energii.

2.2 Definicje i podstawowe terminy

Energia geotermalna to naturalna energia cieplna znajdująca się pod powierzchnią Ziemi. Wody podziemne i powierzchniowe przepływające przez gorące skały na różnych głębokościach skorupy ziemskiej niosą ciepło, a następnie gromadzą się w danym regionie, tworząc zbiornik. Gorąca woda, para i gazy znajdujące się w tych zbiornikach i zawierające substancje chemiczne nazywane są źródłami geotermalnymi. Źródła energii geotermalnej można wykorzystać bezpośrednio lub pośrednio. Energia cieplna uzyskana z tych źródeł i niektórych gorących skał, które nie zawierają wody, nazywana jest energią geotermalną. W zależności od temperatury, źródła energii geotermalnej można podzielić na trzy grupy:

- źródła niskotemperaturowe (20–70°C),
- źródła średniotemperaturowe (70–150°C),
- źródła wysokotemperaturowe (ponad 150°C).

Źródła o niskiej i średniej temperaturze są wykorzystywane do produkcji substancji chemicznych (kwas borowy, wodorowęglan amonu, woda ciężka, metale ciężkie), a zwłaszcza do ogrzewania (szklarnie, budynki, użytkowanie rolnicze) i w przemyśle (produkcja suchego lodu, suszenie żywności, przemysł drzewny, skórzany, papierniczy i włókienniczy). Opracowano również technologie wytwarzania energii elektrycznej ze źródeł o średniej entalpii. Woda uzyskana ze złóż o wysokiej entalpii może być wykorzystywana do produkcji energii elektrycznej, jak również w innych dziedzinach.

Bezpośrednim źródłem ciepła jest gorąca magma, która w postaci lawy wypływa podczas erupcji wulkanicznych. Złoża par geotermalnych o temperaturze powyżej 150–200°C występują na obszarach aktywności wulkanicznej i tektonicznej. Zasoby wód geotermalnych są powszechnie dostępne na całym świecie. Zasoby wód geotermalnych o temperaturze poniżej 150°C są bardziej powszechne niż zasoby par geotermalnych. W gorących suchych formacjach skalnych, które nie zawierają wody ani pary, mających temperaturę powyżej 150–200°C i występujących na głębokości

3–4 km pod powierzchnią Ziemi gromadzone są znaczne ilości ciepła. Obecnie opracowuje się metody i technologie do wychwytywania ciepła z suchych gorących skał (ang. Hot Dry Rocks, HDR). Systemy tego typu określane są mianem ulepszonych systemów geotermalnych (ang. Enhanced Geothermal Systems, EGS) lub inżynieryjnych systemów geotermalnych (ang. Engineering Geothermal Systems, EGS).

W wielu krajach źródła energii geotermalnej, poza produkcją energii elektrycznej, ogrzewaniem i chłodzeniem, wykorzystuje się również w innych obszarach, takich jak turystyka, balneoterapia i medycyna.

Energię ze złóż geotermalnych zaczęto wykorzystywać dwa tysiące lat temu. Według źródeł pisanych, złoża gorącej wody wykorzystywane były przed 2000 lat w Chinach do prania i mycia w łaźni. Technologie ogrzewania pomieszczeń gorącym powietrzem pochodzą z czasów rzymskich. Jednakże grzejniki do ogrzewania przestrzeni zaczęto stosować około 100 lat temu. Etruskowie wykorzystywali wody geotermalne do pozyskiwania minerałów. Wiadomo, że pierwsza znana praktyka pozyskiwania związków chemicznych ze źródeł geotermalnych rozpoczęła się w 1818 roku od produkcji kwasu borowego z basenów termalnych we Włoszech.

Ogrzewanie budynków i pozyskiwanie energii elektrycznej z energii geotermalnej znalazło zastosowanie w głównej mierze w XX wieku. Geotermalną energię elektryczną rozpoczęto wytwarzać w 1904 roku w Toskanii. W 1930 w Islandii zaczęto wykorzystywać ją do ogrzewania dzielnic mieszkaniowych. W ciągu ostatnich pięćdziesięciu lat produkcja energii geotermalnej gwałtownie wzrosła.

Ponieważ Turcja znajduje się w aktywnym sejsmicznie regionie, dysponuje bogatymi zasobami geotermalnymi o różnych temperaturach w porównaniu do innych krajów. Wydajność produkcji geotermalnej w Turcji wynosi około 1300 jednostek. Wartość energii geotermalnej na świecie i rodzaj energii różni się w zależności od kraju. Pomimo położenia w rejonie bardzo ważnego pasa geotermalnego i dysponowania dużą liczbą źródeł, energia geotermalna w naszym kraju nie może być w wystarczającym stopniu wykorzystana. W Turcji wykorzystuje się zasoby geotermalne w uzdrowiskach i szklarniach, ale w ostatnich latach skupiono się na ogrzewaniu mieszkań.

2 Zasady pozyskiwania i wykorzystywania energii geotermalnej

2.1 Opis działania energii geotermalnej

Elektrownie: Energię elektryczną wytwarza się ze złóż geotermalnych o temperaturze ponad 150°C. Wybór systemu stosowanego do produkcji energii elektrycznej zależy od właściwości zasobów.

Elektrownie na suchą parę: Para ze źródła jest stosowana do bezpośredniego napędzania turbiny celem wytwarzania energii elektrycznej.

Elektrownie na mokrą parę: Wykorzystują zasoby zarówno w stanie ciekłym, jak i gazowym. Płyn zamieniany jest w parę w separatorze, a następnie przesyłany do turbiny celem wytworzenia energii elektrycznej. Nadmiar płynu zwracany jest do zbiornika. Jest to najbardziej popularny rodzaj elektrowni, ponieważ jest to najbardziej powszechny rodzaj zasobów geotermalnych na całym świecie.

Elektrownie binarne. System binarny: Jest to rodzaj elektrowni, która do produkcji energii elektrycznej wykorzystuje źródła geotermalne o niskiej temperaturze w stanie ciekłym. W systemach binarnych wykorzystuje się czynnik roboczy o niskiej temperaturze wrzenia przechodzący przez turbinę. Temperatura płynu geotermalnego jest przekazywana do czynnika roboczego za pomocą wymiennika ciepła, a energia elektryczna jest uzyskiwana poprzez obracanie turbiny przez odparowujący płyn.

Centralne ogrzewanie, centralne chłodzenie, ogrzewanie szklarni, itd. Ogrzewanie/chłodzenie: W takich obszarach jak szklarnictwo, ciepłownictwo, rolnictwo, nawadniane i procesy przemysłowe energia cieplna w temperaturach poniżej 150°C wykorzystywana jest bezpośrednio. W przypadku centralnego ogrzewania i chłodzenia, ogrzewania szklarni oraz innych zastosowań energii geotermalnej, geopłyn jest transportowany do miejsc, w których znajdują się konsumenci i wykorzystywany za pomocą systemów technicznych o różnych specyfikacjach. Mogą być to instalacje grzewcze umieszczane pod ziemią, na powierzchni lub w stołach hodowlanych, systemy do podgrzewania powietrza za pomocą wentylatorów i wymienników ciepła oraz połączone systemy grzewcze.

Zastosowania przemysłowe: Energia geotermalna znajduje wiele zastosowań w przemyśle. Obejmują one suszenie warzyw, ziarna i drewna, przetwarzanie papieru, produkcję substancji chemicznych i oczyszczanie ścieków. Ponadto, energia geotermalna wykorzystywana jest do produkcji substancji chemicznych i minerałów, takich jak lit, wodór, dwutlenek węgla i ciężka woda, oraz do produkcji nawozu.

Usuwanie śniegu: W Argentynie, Islandii, Japonii, Szwajcarii i Stanach Zjednoczonych, energia geotermalna wykorzystywana jest do usuwania śniegu z dróg zimą.

Kąpieliska termalne – turystyka termalna: W basenach, ośrodkach leczniczych i ośrodkach SPA w blisko 50 krajach wykorzystuje się źródła geotermalne. Są one również stosowane do produkcji wody pitnej zawierającej minerały.

Wykorzystanie źródeł o temperaturze 30°C w rolnictwie: Dzięki energii geotermalnej w hodowli organizmów wodnych temperatura zbiornika wodnego może być zawsze utrzymywana na stałym poziomie, eliminując problem strat produkcyjnych i straty czasu. W standardowej hodowli ryb można w krótkim czasie wyhodować więcej ryb. Temperatura zasobów geotermalnych wymagana w akwakulturze mieści się w granicach 0–50°C. Głębokość 75 m, temperatura wody 63°C, pH 7,8, Ca 132 ppm, Mg 33 ppm, SiO_2 65 ppm w wodzie.

3 Wytwarzanie energii ze źródeł geotermalnych w rolnictwie

Energię geotermalną można wykorzystać w sposób bezpośredni lub pośredni (w produkcji energii elektrycznej). Bezpośrednie wykorzystanie energii geotermalnej może obejmować wiele różnych zastosowań końcowych, takich jak ogrzewanie i chłodzenie przestrzeni, przemysł, utrzymanie szklarni, hodowla ryb i utrzymanie uzdrowisk.

W bezpośrednim wykorzystaniu energii elektrycznej największych postępów dokonano w technologii pomp ciepła. W ciągu kilku dziesięcioleci w wielu krajach (wiodące kraje to Stany Zjednoczone, Szwajcaria, Szwecja, Niemcy, Austria i Kanada) zachęcano właścicieli domów do montażu gruntowych pomp ciepła w celu ogrzewania w zimie i (w razie potrzeby) chłodzenia latem.

Światowa moc zainstalowana i ilość wyprodukowanej energii elektrycznej pochodzące ze źródeł geotermalnych w 2000 roku wynosiły odpowiednio 7972 MWe i 49261 GWh. W 2015 roku wartości te wzrosły do 12 635 MWe i 73 549 GWh. W 2020 roku całkowita zainstalowana moc ma wynosić 21 443 MWe.

3.1 Ogrzewanie i pompy ciepła

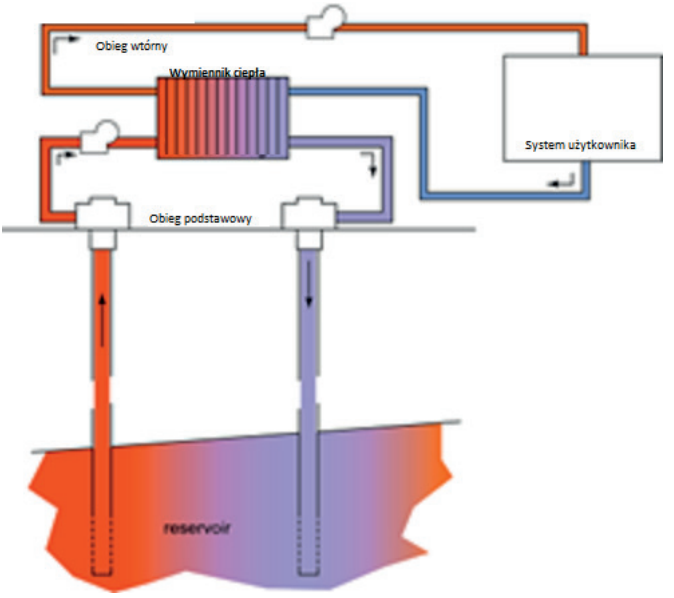
Ogrzewanie bezpośrednie

Zasoby geotermalne służą do ogrzewania budynków od lat 20. XX wieku. W wielu przypadkach zaletą posiadania zasobów naturalnych, takich jak gejzery, gorąca woda lub para, jest możliwość ich wykorzystania w pobliżu miast. Gejzery i źródła pary występują, gdy wody gruntowe przedostają się przez skały i docierają do skał ogrzewanych przez magmę. Na przykład w Islandii, w celu pozyskania gorącej wody i pary, wykonywane są odwierty w skałach wulkanicznych. Gorąca woda lub para wodna są transportowane do miast w izolowanych rurach i wykorzystywane do ogrzewania domów i firm.

Bezpośrednie użycie oznacza ogrzewanie lub chłodzenie docelowego środowiska za pomocą gorącej wody. Temperatura wody jest podstawowym wyznacznikiem stosowanej metody.

W większości przypadków bezpośrednie wykorzystanie opiera się na następującej prostej koncepcji:

- gorąca woda jest pompowana na powierzchnię przez jeden lub więcej otworów wiertniczych.
- ciepło w pompowanej wodzie jest przekazywane do wymiennika ciepła.
- ochłodzona woda jest pompowana z powrotem do jednego lub więcej otworów zatłaczających. W ten sposób powstaje cykl zapewniający niewyczerpywalność gorącej wody gruntowej.



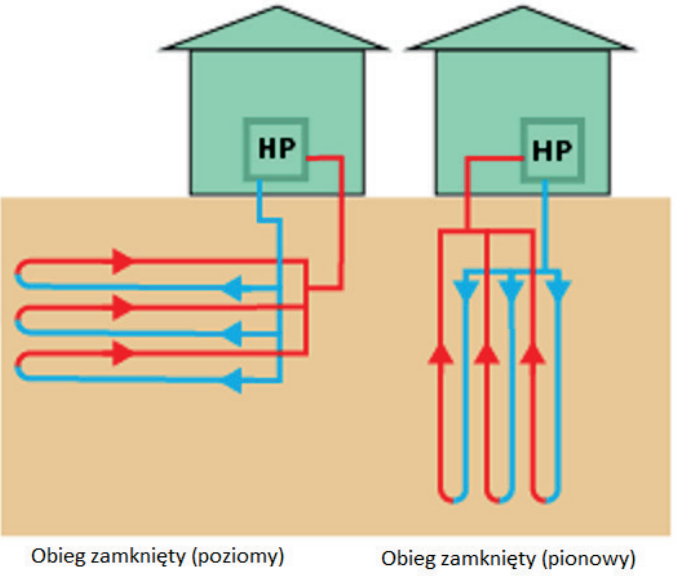
Ogrzewanie bezpośrednie przy użyciu zasobów geotermalnych

W praktyce wykonuje się co najmniej jeden odwiert na pożądaną głębokość w wyznaczonym miejscu zgodnym ze specyficznymi wymaganiami (prędkość przepływu, moc). Ze względu na zawartość soli w wodach gruntowych zwiększającą się wraz z głębokością, nie zawsze możliwe jest odprowadzenie wody na powierzchni. Dlatego często wiercone są co najmniej dwa odwierty: otwór produkcyjny i otwór zatłaczający. Powtórne wtłaczanie jest zalecane również w celu utrzymania ciśnienia w zbiorniku w dłuższej perspektywie. Jeśli oba otwory kończą się w tej samej warstwie geologicznej mamy do czynienia z „dubletem geotermalnym". Jeśli kończą się natomiast w różnych warstwach, mówimy o „semi-dublecie". Odległość między dwoma otworami jest określana w zależności od przewidywanej żywotności systemu geotermalnego.

Gruntowe pompy ciepła

Gruntowe (geotermalne) pompy ciepła (GSHP) to wysoce efektywna technologia wykorzystującą energię odnawialną do ogrzewania i chłodzenia przestrzeni. Technologia ta może być zastosowana jeśli temperatura pod ziemią jest wyższa niż temperatura powietrza w zimie, niższa niż temperatura powietrza w lecie i jest stosunkowo stała. Geotermalne pompy ciepła przenoszą zmagazynowaną pod ziemią energię i zimą ogrzewają nią pomieszczenia, a latem chłodzą. Geotermalne pompy ciepła nie wymagają specjalnych warunków geologicznych, takich jak obecność gorących źródeł, aby wykonać tę operację.

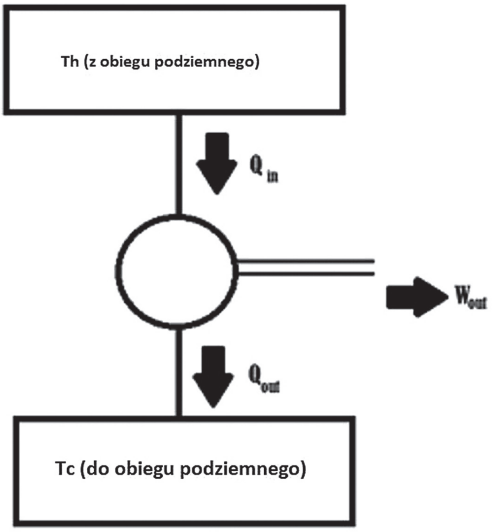
Geotermalna pompa ciepła składa się z trzech podstawowych bloków: bloku podziemnego, bloku pompy ciepła i bloku dystrybucji ciepła. Blok podziemny zwykle składa się z rur tworzących obieg zamknięty, zakopanych w ziemi pionowo lub poziomo. Płyn znajdujący się w rurach za pomocą pompy przenosi do budynku ciepło, które przechwytuje krążąc w podziemnym systemie. Płyn ten to zazwyczaj woda lub mieszanina wody i substancji zapobiegającej zamarzaniu. W niektórych przypadkach możliwe jest również pobranie wody gruntowej ze studni i odprowadzenie jej do źródła naziemnego, takiego jak jezioro. W celach grzewczych blok pompy ciepła usuwa ciepło z płynu, koncentruje go i przekazuje do budynku. Proces ten jest odwrotny, gdy mamy do czynienia z ochładzaniem przestrzeni. Blok dystrybucji ciepła jest konwencjonalnym kanałem wykorzystywanym do dystrybucji ogrzewanego lub chłodzonego powietrza w całym budynku. Podziemny blok jest środkiem, za pomocą którego pompa ciepła może pobrać lub wtłoczyć ciepło pod ziemię. Systemy te ogólnie dzieli się na systemy zamknięte i otwarte.



Systemy zamknięte

Systemy otwarte: Woda gruntowa jest wykorzystywana jako nośnik ciepła i jest przekazywana bezpośrednio do pompy ciepła. Przetworzona przez pompę ciepła woda gruntowa odprowadzana jest z systemu. Systemy z obiegiem otwartym wykorzystują lokalne wody gruntowe lub wodę powierzchniową zamiast płynu będącego nośnikiem ciepła używanego w systemach z obiegiem zamkniętym. By odróżnić systemy te od innych, określa się je mianem gruntowej pompy ciepła.

Systemy zamknięte: Wymienniki ciepła zakopuje się pod ziemią poziomo lub pionowo. Będący nośnikiem ciepła płyn krąży w wymiennikach ciepła i przekazuje ciepło do pompy ciepła (lub odwrotnie). System ten zwany jest obiegiem zamkniętym, ponieważ nośnik ciepła krążący w rurach jest odizolowany od środowiska zewnętrznego.

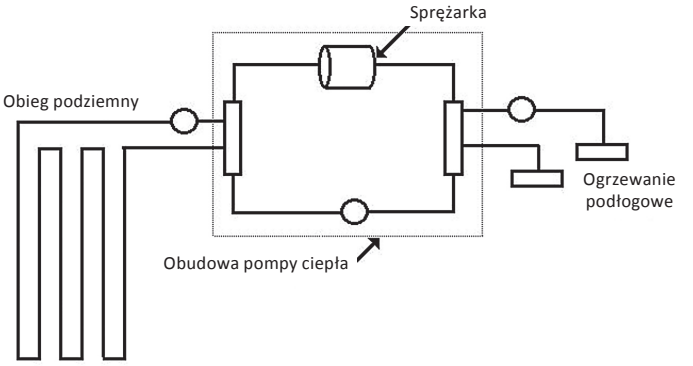


Schemat silnika cieplnego

Pompy ciepła są jedną z najbardziej energooszczędnych metod ogrzewania przestrzeni. Pompa ciepła odwraca naturalny przepływ ciepła (z ciała cieplejszego do zimniejszego) na taki, w którym ciepło przepływa od ciała o temperaturze niższej do ciała cieplejszego. By tego dokonać, wykorzystuje energię elektryczną. Standardowa pompa ciepła może przetworzyć 1 jednostkę energii elektrycznej i 2 jednostki energii otoczenia na 3 jednostki ciepła użytkowego. W każdym przypadku ilość wyprodukowanego ciepła użytkowego będzie większa niż energia zużywana przez pompę. Ponadto, pompy ciepła charakteryzują się stosunkowo niską emisją dwutlenku węgla. W Europie używa się tysięcy domowych pomp ciepła.

Gruntowe pompy ciepła przekazują ciepło z gruntu do budynku celem ogrzania pomieszczeń i wody. Na każdą jednostkę energii elektrycznej zużytą przez pompę, wytwarzane są 3–4 jednostki ciepła.

Pompa ciepła jest stosowanym do ogrzewania i chłodzenia urządzeniem mechanicznym, działającym zgodnie z zasadą, według której ciepło przenosi się z ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze. Gruntowa pompa ciepła wykorzystuje energię zawartą pod ziemią do ogrzewania w zimie i chłodzenia latem. Obecnie każdy ma w domu pompę ciepła w swojej lodówce, która przenosi ciepło z jej wnętrza na zewnątrz. Jeśli dotkniesz tyłu lodówki, poczujesz ciepło, które pochodzi z jej wnętrza. Zasada jest taka sama, jeśli chcesz przenieść ciepło z dowolnego otoczenia. Pompa ciepła przenosi ciepło z otoczenia o niskiej temperaturze do środowiska o wysokiej temperaturze. Proces podnoszenia temperatury obejmuje cykl parowania, sprężania, kondensacji i rozprężania.



Obieg pompy ciepła

Pompa ciepła ma trzy podstawowe części:

- parownik – odbiera ciepło od wody znajdującej się w podziemnym rurociągu.
- sprężarka – rozprowadza czynnik chłodniczy w pompie ciepła i spręża gazowy czynnik chłodniczy do wymaganej temperatury.
- skraplacz – oddaje ciepło do zbiornika gorącej wody, który zasila system dystrybucji.

Ciepło rozprowadzane jest dzięki systemowi ogrzewania podłogowego lub grzejnikom do ogrzewania przestrzeni. W niektórych przypadkach możliwe jest również magazynowanie gorącej wody.

3.2 Wytwarzanie energii elektrycznej z energii geotermalnej

Wydajność wytwarzania energii elektrycznej z pary geotermalnej mieści się w granicach 10–17% i jest około trzy razy mniejsza niż wydajność elektrowni jądrowych lub elektrowni zasilanych paliwami kopalnymi. Elektrownie geotermalne mają najniższe wartości wydajności ze względu na niską temperaturę pary, która zazwyczaj wynosi poniżej 250°C. Ponadto, para geotermalna ma skład chemiczny różny od czystej pary wodnej, ponieważ na ogół zawiera gazy nieskraplające się (CO_2, H_2S, NH_3, CH_4, N_2 i H_2). Gazy te muszą zostać usunięte ze skraplacza elektrowni, ponieważ zmniejszają

wydajność produkcji energii elektrycznej.

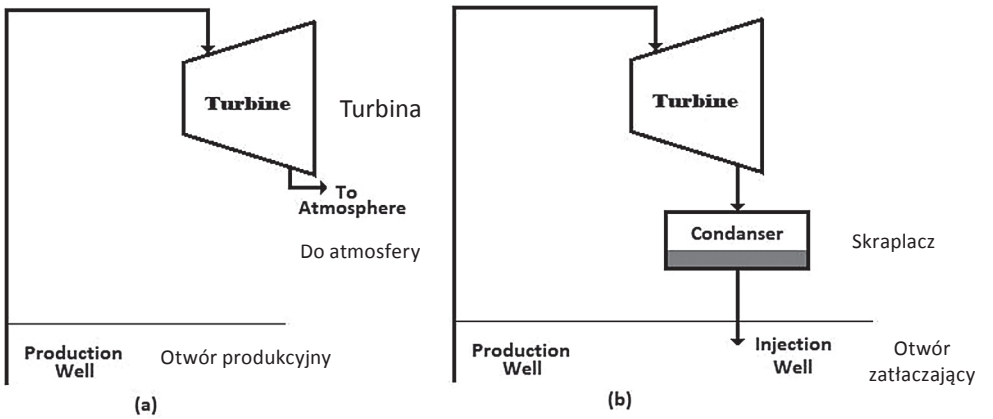
W zależności od stanu źródła geotermalnego, do wytwarzania energii elektrycznej wykorzystuje się różne systemy:

- elektrownie na suchą parę,
- elektrownie na mokrą parę,
- elektrownie binarne.

Elektrownie na suchą parę

Jest to najprostszy rodzaj elektrowni geotermalnej. Elektrownie tego typu mogą powstawać na obszarach występowania nasyconej geotermalnej pary wodnej. Na świecie istnieje niewiele takich obszarów. W przypadku pary pochodzącej ze źródeł geotermalnych, pary suchej lub lekko gorącej pary, energię elektryczną można wytworzyć kierując parę bezpośrednio na turbinę. Przykładami źródeł o takich cechach są pola geotermalne w Larderello we Włoszech i The Geysers w USA.

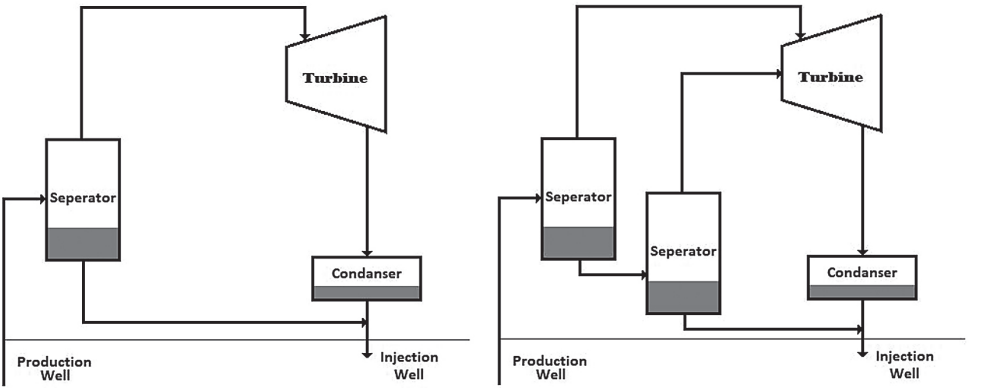
Tego typu elektrownie mogą być wyposażone w skraplacz. W systemach bez skraplacza para ze studni geotermalnej jest po prostu przepuszczana przez turbinę i usuwana do atmosfery. Zaletą braku skraplacza jest niższy koszt budowy i eksploatacji instalacji niż w przypadku systemów wyposażonych w skraplacz. Niepożądaną konsekwencją tego systemu jest to, że bezpośrednie odprowadzanie par geotermalnych prowadzi do zanieczyszczenia środowiska.



Elektrownie na suchą parę

Elektrownie na mokrą parę

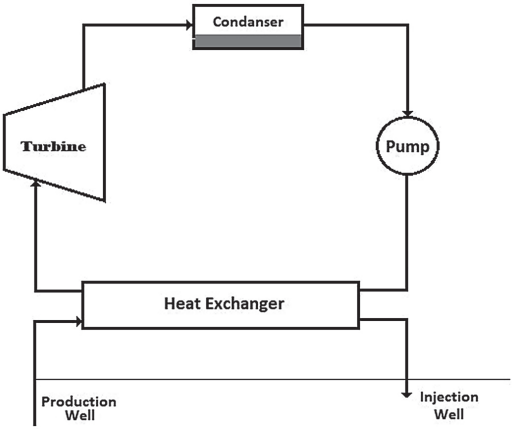
Podziemny geopłyn występujący całkowicie w formie pary nie jest powszechnym zjawiskiem. Wydobywany płyn geotermalny jest zwykle mieszaniną nasyconej cieczy i pary. W tym przypadku, jeśli zawartość pary jest wystarczająco wysoka, jest ona oddzielana od cieczy, która wtłaczana jest do studni zatłaczającej. Para jest natomiast przesyłana do turbiny. Systemy te mogą być jedno- lub dwustopniowe.



System jedno- i dwustopniowy

Elektrownie binarne

W niskiej temperaturze (zwykle poniżej 170°C) i dysponując źródłami geotermalnymi w stanie ciekłym do wytwarzania energii elektrycznej stosuje się system zwany binarnym. Płyn pośredniczący przechodzący przez turbinę w tym systemie nie jest parą geotermalną, ale tak zwanym płynem wtórnym, którego temperatura wrzenia jest znacznie niższa niż temperatura wrzenia wody. W systemie tym to geopłyn jest źródłem ciepła. Izobutan, izopentan, pentan i R114 są płynami pośredniczącymi powszechnie stosowanymi w elektrowniach geotermalnych.



System binarny

4 Metody produkcji w rolnictwie

Zasoby geotermalne mają ogromny potencjał w produkcji energii elektrycznej, gospodarce szklarniowej, turystyce zdrowotnej i ogrzewaniu. W obszarach aktywności sejsmicznej dzięki występowaniu źródeł geotermalnych możliwe jest zmniejszenie zużycia paliw kopalnych.

34% zasobów energii geotermalnej dostępnych na świecie jest wykorzystywanych do ogrzewania i pozyskiwania gorącej wody. Kolejny obszar wykorzystania zasobów geotermalnych to SPA i baseny termalne. Natomiast 14% energii geotermalnej wykorzystuje się w rolnictwie. Źródła gorącej wody są szeroko stosowane do ochrony przed zimnem, np. w hodowli roślin ciepłolubnych. 14% dostępnych na świecie źródeł gorącej wody wykorzystywanych jest w szklarnictwie. W 12% wykorzystywane są one w hodowli zwierząt gospodarskich i akwakulturze. Źródła energii geotermalnej znajdują również zastosowanie w takich dziedzinach, jak suszenie roślin i uprawa grzybów.

Zasoby gorącej wody znajdują szereg zastosowań w produkcji rolnej:

- suszenie żywności,
- sterylizacja,
- chłodzenie przestrzeni,
- produkcja wody pitnej,
- ogrzewanie szklarni,
- utrzymanie pomieszczeń dla zwierząt,
- hodowla ryb,
- ogrzewanie gleby,
- produkcja grzybów,
- rekultywacja gruntu,
- nawadnianie upraw.

Źródła energii geotermalnej mogą być wykorzystywane bezpośrednio w przetwórstwie produktów rolnych. 14% zasobów energii geotermalnej dostępnych na świecie jest wykorzystywanych w produkcji rolnej. Geotermia znajduje zastosowanie głównie w szklarnictwie, lecz 12% energii geotermalnej wykorzystuje się w rybołówstwie i innej działalności hodowlanej. Obszarem, w którym energia geotermalna jest stosowana najrzadziej są systemy suszenia produktów. Przedmiotem badań jest wykorzystanie energii geotermalnej w produkcji żywności w dziedzinach, w których jeszcze nie jest stosowana.

4.2 Możliwe zastosowania w rolnictwie

Wykorzystanie energii geotermalnej do ogrzewania gleby

Niektóre z upraw owocowych i warzywnych można prowadzić na zewnętrz pod warunkiem ogrzewania gleby. By podgrzać grunt, rury grzewcze układane są pod warstwą ziemi. Temperatura gleby jest doprowadzana do pożądanego poziomu przez podgrzewanie oddolne.

Wykorzystanie energii geotermalnej do ogrzewania pomieszczeń dla zwierząt

Źródła gorącej wody można wykorzystać w pomieszczeniach dla zwierząt, takich jak stajnie i kurniki, w celu zapewnienia odpowiednich warunków życia dla zwierząt. Do ogrzewania pomieszczeń wykorzystuje się grzejniki i rury z gorącą wodą. Ogrzane powietrze wtłaczane jest do pomieszczeń za pomocą wentylatorów.

Wykorzystanie energii geotermalnej w szklarnictwie

Turcja jest jednym z najbogatszych regionów świata pod względem zasobów energii geotermalnej, ponieważ znajduje się na obszarze występowania gorących źródeł. Źródła te znajdują ostatnio szerokie zastosowane w szklarnictwie. W ostatnich latach wykorzystanie zasobów ciepłej wody w szklarnictwie wzrosło sześciokrotnie, a wielkość produkcji wzrosła do ponad 50 tysięcy ton.

Wykorzystanie energii geotermalnej w suszarnictwie

Gorące powietrze wytwarzane przez źródła gorącej wody zapewnia znaczne oszczędności energii podczas suszenia produktu. Jednocześnie jest to bardziej ekonomiczne rozwiązanie od stosowania paliw kopalnych. Produkty suszy się w suszarniach o strukturze plastra miodu lub wykorzystujących wentylatory. W procesach suszenia w niskich temperaturach gorącą wodę można wykorzystać do bezpośredniego ogrzewania przestrzeni.

Wykorzystanie energii geotermalnej w rybołówstwie

W rybołówstwie ciepła woda może być wykorzystywana bezpośrednio przez dodanie jej do zbiornika lub krążyć w rurach umieszczonych w zbiorniku. Niektóre produkty akwakultury, takie jak krewetki, wymagają temperatury otoczenia 30°C. Z kolei łosoś i pstrąg nie tolerują temperatur wyższych niż 15°C.

Wykorzystanie energii geotermalnej w hodowli grzybów

Znaczne ilości energii są zużywane do kontroli temperatury w hodowlach grzybów. W zależności od hodowanego gatunku, konieczność utrzymywania temperatury otoczenia na poziomie 15–17°C wiąże się ze znacznymi kosztami eksploatacji w warunkach niskich temperatur powietrza atmosferycznego. Z drugiej strony,

zapotrzebowanie na gorącą wodę do pasteryzacji materiału do uprawy grzybów zwiększa koszty energii. W uprawie grzybów stosowanie gorącej wody termalnej zmniejsza koszty energii i zapewnia znaczne oszczędności zarówno w klimatyzowaniu pomieszczeń hodowlanych, jak i sterylizacji materiału.

Wykorzystanie energii geotermalnej do oczyszczania gleby

W regionach suchych i półsuchych, gdzie zasoby wód podziemnych są intensywnie eksploatowane, najważniejszym problemem jest gromadzenie się soli w glebie. Chociaż nie jest to zbyt częste, geotermalne zasoby gorącej wody są wykorzystywane do poprawy jakości tych gleb, które przysparzają problemów związanych z drenażem. W tym celu najpierw opracowuje się system drenażu, a do słonej gleby wpuszczana jest woda geotermalna.

Wykorzystanie wód geotermalnych do nawadniania

W szklarnictwie, wody geotermalne wykorzystuje się nie tylko do ogrzewania, lecz również do nawadniania. Najważniejszym problemem w wykorzystaniu zasobów geotermalnych jest ich zawartość wody i minerałów. Aby zasoby geotermalne mogły być wykorzystane do nawadniania, należy znać ich skład mineralny. Szczególnie ważny jest poziom niektórych pierwiastków. Czasami w źródłach gorącej wody znajdują się pierwiastki toksyczne, zwłaszcza pierwiastek boru. Zaleca się, aby wody geotermalne zawierające średnio więcej niż 1 ppm boru nie były stosowane do nawadniania, chociaż zależy to od uprawianych roślin.

5 Zalety i wady energii geotermalnej

5.1 Zalety

- Energia geotermalna jest źródłem odnawialnym, niewyczerpywalnym, tanim, niezawodnym i zrównoważonym.
- Ponadto, są to zasoby występujące lokalnie i nienaruszone pod względem ekonomicznym przez wojny, dzięki czemu zmniejszają zależność krajów od zewnętrznych dostawców energii.
- W przypadku energii geotermalnej nie występuje problem transportu energii.
- Jest to źródło przyjazne środowisku naturalnemu ze względu na bardzo niską emisję gazów.
- Energia geotermalna jest niezależna od klimatu i warunków pogodowych.
- Dzięki istnieniu wód podziemnych i powierzchniowych przepływających przez gorące skały i możliwości ich wtłaczania z powrotem do źródła, energia geotermalna jest zrównoważoną energią odnawialną.

5.2 Wady

- W systemach geotermalnych woda krążąca w rurach może być zanieczyszczona przez zawartość siarki i soli.
- Zanieczyszczona woda geotermalna może mieć niekorzystny wpływ na żywność pozyskiwaną z gruntów rolnych, przez co może zaszkodzić zdrowiu ludzkiemu.
- Siarka, dwutlenek węgla, amoniak, metan i bor mogą uwalniać się w otoczeniu systemów otwartych, co może wywoływać choroby serca, płuc i wątroby.
- Uwalniany w systemie gazowy dwutlenek siarki powoduje również kwaśny deszcz mający wpływ na rośliny, drzewa, jeziora i rzeki.

6 Najnowsze informacje na temat geotermii

EGEC, Europejska Rada Energii Geotermalnej, opublikowała siódmą edycję swojego corocznego badania oceniającego rozwój sektora geotermalnego w Europie. Raport dotyczący rynku energii geotermalnej EGEC potwierdza stałą tendencję wzrostową w ostatnich latach, ale zwraca również uwagę na potrzebę większego uznania dla energii geotermalnej w celu umożliwienia jej pełnego wykorzystania w Europie.

Zainstalowana moc urządzeń wykorzystujących energię geotermalną w Europie wynosi 2,8 GWe, co daje ponad 15 TWh rocznie. W Europie znajduje się 117 elektrowni geotermalnych, z których 16 zostało otwartych w 2017 roku. Nowe zakłady są dość znaczące, gdyż dzięki nim 330 MWe energii elektrycznej trafia do sieci, głównie w Turcji.

Dzięki budowie nowych sieci ciepłowniczych i modernizacji starych wzrasta również wykorzystanie energii geotermalnej w celach grzewczych. Jest to zasługa planów lokalnych i krajowych, według których ciepło geotermalne identyfikowane jest jako opłacalne rozwiązanie spełniające potrzeby grzewcze. W 2017 roku otwarto we Francji, Holandii i Włoszech 9 nowych zakładów, dodając ponad 75 MWth. Liczba nowych zakładów przyłączanych do sieci każdego roku wykazuje tendencję wzrostową, a średnia roczna stopa wzrostu w ostatnich latach wynosi 10%.

Patrząc na poszczególne systemy ogrzewania geotermalnego, rynek płytkiej geotermii pozostaje największym segmentem pod względem liczby instalacji, zainstalowanej mocy i wyprodukowanej energii. Indywidualne systemy ogrzewania geotermalnego, lub też geotermalne pompy ciepła, reprezentują ponad 20 GWth mocy grzewczej w Europie, z prawie 2 milionami zainstalowanych jednostek.

„Jednym z wyzwań dla rozwoju geotermii w Europie jest wykazanie, że wkład naszego sektora w koszyk energetyczny, oparty na odnawialnych źródłach energii, jest obecnie znacznie większy i jest czymś więcej niż rynkiem niszowym", powiedział Sekretarz Generalny EGEC Philippe Dumas. „Geotermia jest uznawana za ważne źródło

energii, dzięki któremu możemy osiągnąć nasze cele po 2020 roku w zakresie zużycia energii odnawialnej, zwiększenia efektywności energetycznej i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych. Uczestnicy rynku będą musieli teraz skorzystać z nowych możliwości, które są im oferowane, aby nadal rozwijać rynek geotermalny w Europie."

7 Europejska Platforma Technologii i Innowacji w Zakresie Głębokiej Geotermii (ETIP-DG)

A 2050 Vision for Deep Geothermal – Development & Utilisation in Europe – Europejska Platforma Technologii i Innowacji w Zakresie Głębokiej Geotermii (ETIP-DG) opublikowała swoją wizję rozwoju energii geotermalnej pochodzącej z głęboko położonych złóż i jej wykorzystania w Europie do 2050 roku.

Platforma przedstawiła swoją „Wizję głębokiej geotermii" w kolebce energii geotermalnej (Piza, Włochy), aby przyjrzeć się przyszłemu rozwojowi głębokiej energii geotermalnej i podkreślić ogromny potencjał niewykorzystanych zasobów geotermalnych w Europie.

Po spotkaniu w Toskanii, regionie, w którym w obszarze energii geotermalnej zatrudnionych jest już blisko 10 000 osób, a czysta i niezawodna energia dostarczana jest do kolejnych tysięcy, pomagając zmniejszyć zależność od importu paliw kopalnych, ETIP-DG opublikowała swoją „Wizję" i rozpoczęła prace nad strategicznym programem badań.

„Naszą wizją jest, aby do 2050 roku energia geotermalna pokrywała znaczną część krajowego zapotrzebowania na ciepło i energię elektryczną", powiedział Ruggero Bertani, przewodniczący ETIP-DG. „Jako lokalne i stabilne źródło energii odnawialnej, energia geotermalna będzie kluczowa w przyszłym systemie energetycznym, zapewniając energię elektryczną i umożliwiając magazynowanie ciepła".

Publikacja podkreśla, w jaki sposób sukces transformacji energetycznej pociąga za sobą projekt optymalnych scenariuszy pod względem kosztów i przystępności cenowej dla klientów i obywateli, gwarantując jednocześnie komfort energetyczny. „Wizja" ma zainicjować debatę na temat tego, jak najlepiej zapewnić przyszłość energii geotermalnej, która jest bezpieczna, przystępna cenowo, wolna od emisji dwutlenku węgla i mająca najmniejszy wpływ na przyrodę, w Europie. Przedstawia dziesięć kluczowych komunikatów (patrz poniżej), które obejmują rozwój, nacisk na potencjał zasobów, zrównoważony rozwój, kogenerację i hybrydyzację, nie zapominając o wymiarze społecznym.

Wizja głębokiej geotermii. Kluczowe komunikaty:

- Potencjał zasobów: Geotermia jest ogólnie dostępnym źródłem energii, ponieważ ciepło zgromadzone pod ziemią występuje w każdym miejscu.
- Zastosowanie: Geotermia ma duże możliwości kolejnych zastosowań w wielu obszarach.

- Stabilność i dostępność: Energia geotermalna jest dostępna nieprzerwanie i ma przewidywalną wydajność.
- Rozwój: Zasoby geotermalne nie są jeszcze wykorzystywane w większości miejsc na świecie i w każdej chwili mogą wspomóc lokalny rozwój gospodarczy.
- Zrównoważony rozwój: Wpływ geotermalny na środowisko jest znacznie niższy niż w przypadku innych źródeł energii.
- Kogeneracja i hybrydyzacja: Celem zwiększenia wydajności, energię geotermalną można łączyć z innymi źródłami energii i technologiami.
- Elastyczność: Geotermię można dostosować do każdego rodzaju zapotrzebowania na energię, zapewniając w razie konieczności energię obciążenia podstawowego.
- Optymalizacja: Geotermia to wszechstronna energia, wiele jej zastosowań jest zoptymalizowanych przez kaskadowe wykorzystanie ciepła.
- Urok: Urok geotermii leży nie tylko w tym, że zapewnia nam ciepło, lecz również w tym, że jest ona zasadniczo niewidoczna.
- Penetracja rynku i wymiar społeczny: Geotermia jest zasobem lokalnym, przyjaznym dla środowiska, bezpiecznym, stabilnym, czystym i przyczyniającym się do zwiększenia efektywności energetycznej.

8 Studium przypadku

8.1 Projekt geotermalny Bigadic

Bigadiç to miasto w południowej części regionu Marmara, zajmujące się głównie rolnictwem i hodowlą zwierząt. Projekt geotermalny został zainicjowany w 1999 roku od oceny źródła energii geotermalnej zlokalizowanej w Hisarköy, 23 km na północny wschód od Bigadiç, i miał na celu ogrzanie domów systemem centralnym na pierwszym etapie projektu. Obecnie działa 7000 domowych systemów grzewczych. Trwają prace na rzecz rozwoju turystyki termalnej.

Celem projektu jest ogrzanie domów, miejsc pracy i instytucji publicznych, budowa szklarni opartej na energii geotermalnej, szerzenie turystyki zdrowotnej i kosmetycznej oraz wykorzystanie energii geotermalnej w rolnictwie i hodowli zwierząt.

W ramach projektu w okolicy rozwinęło się szklarnictwo, a sezonowa produkcja warzyw stała się powszechna. Ponadto, zmniejszono zużycie węgla w celach grzewczych, produkcja rolna stała się bardziej naturalna, a powietrze czystsze.

Oprócz tego, w ramach wykorzystywania energii geotermalnej w turystyce zdrowotnej i kosmetycznej (termalnej), udostępniono obiekty termalne HERA dla turystów z całego świata. W obiekcie znajduje się 14 basenów, 4 łaźnie tureckie, 1 aquapark i centrum SPA.

8.2 İspazmir-Balçova – Geotermalny system ciepłowniczy

W Turcji w miastach Narlıdere i Balçova w İzmir około 15 tysięcy domów ogrzewanych jest energią geotermalną. Płyn geotermalny jest uzyskiwany w zakresie temperatur 83–135°C. Ilość nieskondensowanego gazu w pozyskiwanym płynie jest bardzo niska. Temperatura wody krążącej w systemie grzewczym w Balçova jest podgrzewana do 80–90°C za pomocą wody geotermalnej w płytowych wymiennikach ciepła. Temperatura wody powracającej z systemu 42–60°C. W ten sposób zaspokajane jest zapotrzebowane na energię cieplną 6631 lokali mieszkalnych oraz budynków należących do 2 hoteli i 2 uniwersytetów. Według innych źródeł, całkowita produkcja czterech studni wynosi 391 m^3/h, a średnia temperatura produkcji wynosi 130°C.

Obszar ten został uznany w 1995 roku za „Centrum turystyki termalnej i turystyczny obszar ochrony". Bogactwo geotermalne tego obszaru jest szeroko wykorzystywane w różnych miejscach, od budynków mieszkalnych po instytucje publiczne. Okoliczne hotele i motele wykorzystują energię geotermalną do ogrzewania i chłodzenia.

8.3 Miasto Galanta na Słowacji

Galanta to miasto położone w południowo-wschodniej części Republiki Słowackiej. Galanta usytuowana jest na nizinnym terenie leżącym około 50 km od stolicy, Bratysławy. Położenie miasta w bliskiej odległości od stolicy, około 50 km na północ od granic Węgier i Austrii, jest bardzo korzystne dla inwestorów i ich działalności gospodarczej. Galanta ma 16 500 mieszkańców, powierzchnię 396 ha i jest jednym z ośrodków handlu i kultury w regionie.

Galanta otoczona jest kilkoma rzekami i mniejszymi strumieniami: Vah, Maly Dunaj i Dudvah. Miasto dysponuje bogatymi zasobami wód geotermalnych. Odkąd Słowacja przystąpiła do Unii Europejskiej, założono w Galancie wiele zagranicznych firm, co przyczyniło się do ogólnego rozwoju miasta. Galanta, oraz jej dzielnica o tej samej nazwie, to ważny ośrodek administracyjny i kulturalny. W pobliżu miasta znajduje się również centrum rekreacji Kaskady z doskonałymi obiektami do uprawiania sportów wodnych i wędkowania na zbiorniku Kraľova. Ponadto, w pobliżu Galanty znajdują się trzy baseny geotermalne: w Diakovce, Horne Saliby i Vincov Les. Miasto prowadzi bogate życie kulturalne i społeczne. Organizowane co roku imprezy cykliczne cieszą się dużym powodzeniem. W sierpniu odbywa się Galanta Summer Fair oraz towarzyszące mu imprezy kulturalne i sportowe oraz festiwal piwny. Galanta posiada w dodatku bogate zasoby wód geotermalnych. Miasto podjęło starania mające na celu rozszerzenie wykorzystania tej powszechnie występującej w okolicy zielonej energii i zapewnienie, że będzie ona dostępna dla przyszłych pokoleń.

8.4 Energia geotermalna w Islandii

Sektor geotermalny w Islandii rozwija się od XVIII wieku. Rozwój ten rozpoczął się, gdy wyznaczono strefę gorących źródeł w Reykjaviku i wybudowano pralnię

na otwartym powietrzu. Jednocześnie wykonano odwierty do złóż geotermalnych w celu wydobycia siarki. W 1900 roku rozpoczęto eksperymenty z płytkimi odwiertami geotermalnymi i przesyłaniem rurociągami ciepłej wody do ogrzewania przestrzeni, a w 1908 roku uruchomiono niewielki system ciepłowniczy. Później pojawiły się inne metody bezpośredniego wykorzystania energii geotermalnej i w 1924 roku rozpoczęła działalność pierwsza szklarnia w Islandii ogrzewana ciepłem geotermalnym. Pierwsze kroki w kierunku uniezależnienia ogrzewania przestrzeni w Islandii od węgla i ropy podjęto w 1928 roku, kiedy miasto Reykjavik zainicjowało program polegający na wykonaniu odwiertów w celu uzyskania dostępu do gorącej wody.

W 1930 roku, w Laugardalur w Reykjaviku wybudowano lokalny system ciepłowniczy. System zaopatrzył szpital, basen, szkołę i 60 domów w gorącą wodę geotermalną i był to początek rewolucji ciepłowniczej w Islandii. Kolejnym dużym krokiem dla Islandii było wykorzystanie pary geotermalnej do wytwarzania energii. Pierwsza turbina zasilana parą geotermalną w Islandii ruszyła w 1944 roku. Obecnie ponad 90% wszystkich obiektów przemysłowych i gospodarstw domowych w kraju jest ogrzewanych wodą geotermalną, a około 30% wytwarzanej energii elektrycznej pochodzi z elektrowni geotermalnych. Pozostałe zapotrzebowanie na energię elektryczną jest zaspokajane przez elektrownie wodne, dzięki czemu energia elektryczna w Islandii jest pozyskiwana w 100% ze źródeł odnawialnych.

9 Bibliografia

- Anonim, 2015. Renewable Energy Contributing Proven Solutions to the World. Handbook of best practices of geothermal resources management. D6.3 – Wersja ostateczna.
- Anonim, 2018. „Handbook of best practices of geothermal resources management”
- Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Polska Akademia Nauk, Kraków
- Barbier, E., 2002, Geothermal Energy Technology and Current Status: An Overview., Renewable and Sustainable Energy Reviews 6:3–65.
- Bertrani R. „Geothermal Power Generation in the World 2010–2014 Update Report” Proceedings World Geothermal Congress 2015 Melbourne, Australia 19–29 kwiecień 2015.
- Çelik, K., Baytekin, H., Kalmış, H., Çelik, H., 2017. Tarımsal Uygulamalarda Yenilenebilir Enerji Kullanımı. Sonçağ Yayıncılık Matbaacılık, Ankara.
- Çetiner, Z.S.,2018. „Ayvacık Tuzla Bölgesindeki Jeotermal Kaynaklardan Metal Mineral Kazanım Olanakları “, Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences, Tom 7, Wydanie 1, (2018), 266–273.

- https://igc.is/about-iceland-geothermal-conferences/
- https://geothermie.vito.be/en/how-can-we-use-geothermal-energy
- https://www.ultraenerji.com/jeotermal-enerji/jeotermal-enerjinin-dezavantajlari.html
- Fridleifsson,I.B.,2001. „Geothermal energy for the benefit of the people", Renewable and Sustainable Energy Reviews 5 (2001) 299–312.
- Işıkoğlu, M., Kurban, M., Dokur, E., 2012. The Assessment of Geothermal Power Plants for Turkey 2012 Elektrik – Elektronik ve Bilgisayar Mühendisliği Sempozyumu, 29 Kasım – 01 Aralık 2012, Bursa: 815–820
- Omer A.M., 2008, Ground-source Heat Pumps System and Applications., Renewable and Sustainable Energy Reviews 12: 344–371.
- Külekçi, Ö.C., „Place of Geothermal Energy in The Content of Renewable Energy Sources and It' s Importance for Turkey".
- Richter, A., 2018. ETIP-DG: A 2050 Vision for Deep Geothermal – Development & Utilisation in Europe. http://www.thinkgeoenergy.com/etip-dg-a-2050-vision-for-deep-geothermal-development-utilisation-in-europe/
- Richter, A.,2018. Geothermal energy and its key role for Europe – EGEC's 7th Annual Geothermal Market Report.

  http://www.thinkgeoenergy.com/geothermal-energy-and-its-key-role-for-europe-egecs-7th-annual-geothermal-market-report/

MODUŁ 5

Energia wodna

1 Energia wodna

Energia wody była początkowo wykorzystywana do transportu w dół rzeki. Gdy człowiek wynalazł koło wodne, służyło ono najpierw tylko do pompowania wody. Woda do celów irygacyjnych była pompowana do podwyższonych zbiorników i rozprowadzana stamtąd grawitacyjnie na pola. Były to jednak tylko zbiorniki nawadniające najprawdopodobniej bez żadnych urządzeń wykorzystujących energię wodną. Z drugiej strony, w oparciu o aktualną wiedzę, naukowcy twierdzą, że bez koła wodnego do pompowania wody, Wiszące Ogrody Semiramis w Babilonie, jeden z siedmiu cudów starożytnego świata (Říman, 1987) o wielkości opisywanej w książkach historycznych nie mogłyby zostać nawodnione i utrzymane.

Pierwsze użycie energii wody datuje się na 135 rok p.n.e, kiedy to Ctesibius z Aleksandrii wynalazł koło wodne. We wczesnym okresie chrześcijańskim koło wodne po raz pierwszy zostało wykorzystane do napędzania młynów na Bliskim Wschodzie. Istnieją historyczne dowody na istnienie dużego obiektu wyposażonego w młyny z łącznie 18 kołami łopatkowymi w pobliżu Arles we Francji od 260 do 300 roku n.e., w którym wykorzystano spad o wysokości 18 m w dwóch równoległych kanałach (Nechleba, 1962).

1.1 Energia wodna w UE

W 2011 roku w Unii Europejskiej zarejestrowanych było około 23 000 elektrowni wodnych. 91% z nich, czyli przeważająca większość, to małe obiekty (mniej niż 10 MWH), które generują około 13% całkowitej produkcji energii elektrycznej z energii wodnej. Z kolei duże elektrownie, które generują około 87% całkowitej produkcji energii elektrycznej z energii wodnej, stanowią jedynie 9% wszystkich zakładów hydroenergetycznych[2]. Z przyczyn technicznych elektrownie wodne są często umiejscowione na obszarach górskich, ale mogą osiągnąć dużą wydajność zarówno na dużych, jak i małych rzekach i jeziorach w różnych regionach. Na mniejszych rzekach nawet niewielkie ograniczenie przepływu lub zakłócenie naturalnych warunków ekologicznych może przynieść poważne negatywne konsekwencje dla rzeki. Główne rodzaje elektrowni wodnych, to:

Elektrownie rzeczne przepływowe. W elektrowniach przepływowych produkcja energii elektrycznej zasilana jest przez istniejący przepływ i spad wody w rzece. W instalacji tego typu wykorzystywany jest naturalny przepływ cieku wodnego w celu wytworzenia energii elektrycznej. Woda nie jest gromadzona celem późniejszego wykorzystania. Elektrownie przepływowe to zwykle małe elektrownie wodne, lecz czasem można się również spotkać z dużymi obiektami tego typu.

[2] Arcadis 2011: Hydropower generation in the context of the EU WFD. EC DG Environment. s. 168 http://bookshop.europa.eu/pl/hydropower-generation-in-the-context-of-the-eu-water-framework-directivepbKH3013438/downloads/KH-30-13-438-ENN/KH3013438ENN_002.pdf;pgid=y8dIS7GUWMdSR0EAlMEUUsWb0000A6euO_e0;sid=E0EKwHHfLLsK wiJMudqUZxP6sYJ2kNMcbxE=?FileName=KH3013438ENN_002.pdf&SKU=KH3013438ENN_PDF&CatalogueNumber=KH-30-13-438-EN-N

Elektrownie przepływowo-zbiornikowe. Zbiornik retencyjny umożliwia przechowywanie wody w okresach niskiego zapotrzebowania i puszczanie jej w okresach szczytowych. Ich zdolność wytwórcza jest zatem mniej zależna od dostępności przepływającej wody. W zbiornikach tego typu woda może być magazynowana w ciągu jednego dnia, sezonowo lub przez cały rok, dzięki czemu mogą one zaspokajać szczytowe zapotrzebowanie na energię elektryczną i wspomagać integrację produkcji z różnych źródeł energii odnawialnej, np. z energii wiatru, tworząc jeden system energetyczny.

Elektrownie wodne zbiornikowe. Konwencjonalna elektrownia zbiornikowa wyposażona jest w zbiornik o wielkości wystarczającej do przechowywania wody zarówno w porze mokrej, jak i suchej. Woda przechowywana jest za zaporą i jest dostępna dla elektrowni w razie potrzeby. Taki zakład może być efektywnie wykorzystywany przez cały rok, zaspokajając zarówno obciążenie podstawowe, jak i szczytowe, w zależności od potrzeb.

Elektrownie szczytowo-pompowe. Wyposażone są w zbiorniki znajdujące się na różnych wysokościach, co umożliwia generowanie dodatkowej energii elektrycznej podczas wysokich wymagań szczytowych. Woda pompowana jest ze zbiornika położonego niżej do zbiornika górnego w okresach niskiego zapotrzebowania na energię, a w czasie wysokiego zapotrzebowania woda puszczana jest w dół na turbiny. Elektrownie szczytowo-pompowe nie są wyłączone z dyrektywy w sprawie odnawialnych źródeł energii, ale nie są brane pod uwagę w statystykach dotyczących energii odnawialnej.

1.2 Potencjał hydroenergetyczny

Wszystkie źródła energii odnawialnej zależne są od energii słonecznej. Woda jest w przyrodzie nośnikiem energii mechanicznej, chemicznej i cieplnej. Energia mechaniczna wody obejmuje:

- energię mechaniczną opadów atmosferycznych,
- energię mechaniczną lodowców,
- energię mechaniczną (hydrauliczną) cieków wodnych,
- energię mechaniczną oceanów.

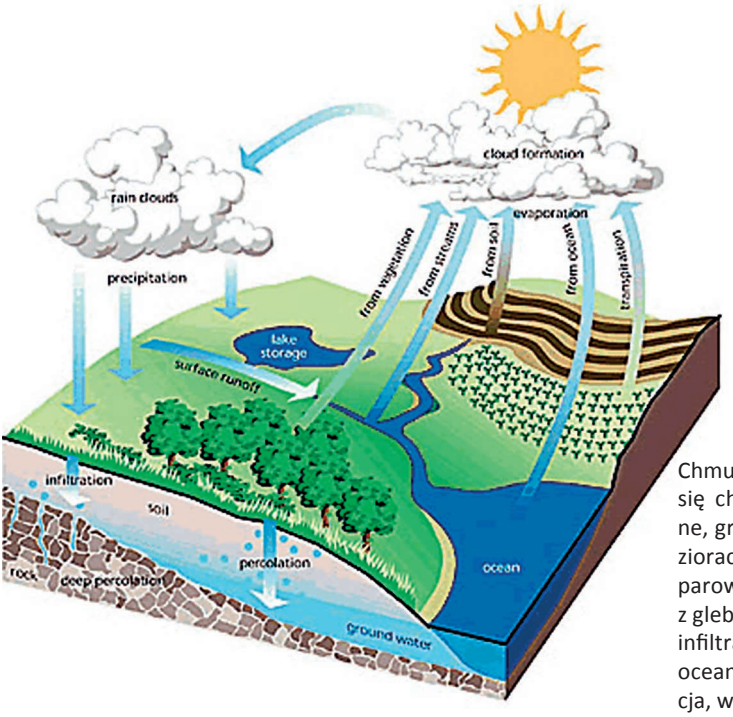
W warunkach klimatycznych Europy jedynym pozostałym źródłem energii jest energia mechaniczna zmagazynowana w ciekach wodnych.

1.3 Cykl hydrologiczny

Cykl hydrologiczny to ciągły obieg wody w hydrosferze Ziemi napędzany przez światło słoneczne. Woda, zmieniając swój stan skupienia, krąży w obiegu. Po odparowaniu do atmosfery, przekształca się w deszcz. Większa część wody odparowuje z mórz i spada z powrotem do nich. Mniejsza część wody jest przenoszona na ląd,

a jej przemieszczanie się w atmosferze jest równoważone przez przepływy wody z lądu przez rzeki do mórz i oceanów. Z geograficznego punktu widzenia, istnieją dwa obiegi wody:

- duży obieg – wymiana następuje między oceanami a lądem,
- mały obieg.



Chmury deszczowe, tworzenie się chmur, opady atmosferyczne, gromadzenie się wody w jeziorach, spływ powierzchniowy, parowanie z roślin, ze strumieni, z gleby, z oceanów, transpiracja, infiltracja, gleba, perkolacja, ocean, skały, głęboka perkolacja, woda gruntowa.

Obieg wody w przyrodzie, źródło: http://elkridge-engineering.com/hydrology.html

Główne procesy fizyczne zachodzące w obiegu wody, to:

- parowanie – proces konwersji utajonego ciepła, w trakcie którego ciecz zamienia się w parę,
- skraplanie lub kondensacja – proces termodynamiczny, w trakcie którego substancja przechodzi ze stanu gazowego do stanu ciekłego. Jeżeli w fazie gazowej występuje wystarczająco dużo związanych cząsteczek wody, to powstaje kropla, która spada na powierzchnię Ziemi w postaci deszczu.

Potencjał hydroenergetyczny

Aby określić, ile energii elektrycznej można wyprodukować przy danym przepływie, należy znać jego potencjał hydroenergetyczny (ang. HEP).

Potencjał hydroenergetyczny (HEP) jest to całkowity przepływ energii w wodach powierzchniowych. Jest to zwykle wartość średnia w skali jednego roku. Jest to wartość czysto teoretyczna, ponieważ nie bierze pod uwagę zmian przepływu na danym odcinku rzeki w wyniku odparowania lub absorpcji wody przez podłoże. W związku z tym całkowity HEP oblicza się, jako iloczyn potencjałów poszczególnych odcinków rzeki.

Potencjał hydroenergetyczny można podzielić na:

- Potencjał hydroenergetyczny brutto (ang. GHEP) – określany na podstawie wysokości strumienia wody badanego odcinka i średniego przepływu. HEP nie jest istotny w trakcie planowania produkcji energii elektrycznej przy wykorzystaniu energii wodnej.
- Techniczny potencjał hydroenergetyczny (ang. TVHEP) – zdefiniowany, jako suma średniej produkcji rocznej z dużych i małych, ale rentownych przepływów na danym obszarze. TVHEP definiuje się również, jako całkowity potencjał, który można wykorzystać do wytwarzania energii elektrycznej. Jego wartość wynosi około 0,4 × GHEP. Techniczny potencjał hydroenergetyczny na całym świecie wynosi około 20 000 TWh rocznie.

2 Klasyfikacja elektrowni wodnych

Istnieje wiele sposobów klasyfikacji elektrowni wodnych.

W zależności od zainstalowanej mocy, elektrownie wodne dzielą się na:

- małe elektrownie wodne – moc zainstalowana do 10 MW,
- średnie elektrownie wodne – moc zainstalowana do 200 MW,
- duże elektrownie wodne – moc zainstalowana powyżej 200 MW.

Małe elektrownie wodne (ang. SHPP) dzielą się na:

- przydomowe elektrownie wodne (do 35 kW),
- mikroelektrownie wodne (do 100 kW),
- mini elektrownie wodne (do 1 MW),
- przemysłowe elektrownie wodne (do 10 MW).

W zależności od wielkości spadu:

- o niskim ciśnieniu (spad do 20 m),
- o średnim ciśnieniu (spad do 100 m),
- o wysokim ciśnieniu (spad ponad 100 m).

W zależności od sposobu gospodarowania wodą:

- przepływowe – nie gromadzą wody, wykorzystują naturalny przepływ do poziomu maksymalnej zdolności absorpcyjnej turbin,
- zbiornikowe – z naturalnym lub sztucznym zbiornikiem, pobierają wodę według zapotrzebowania na energię,
- szczytowo-pompowe – z dwoma zbiornikami wodnymi. W okresach niskiego zapotrzebowania na energię pompuje się wodę ze zbiornika położonego niżej do zbiornika górnego. W czasie wysokiego zapotrzebowania woda napędza generator hydroelektryczny do wytwarzania energii elektrycznej.

3 Silniki elektryczne dla elektrowni wodnych

Duże elektrownie wodne wykorzystują do produkcji energii elektrycznej maszyny synchroniczne zwane prądnicami. Są to 3-fazowe, wielobiegunowe generatory prądu zmiennego o dużej średnicy i krótkim przekroju pracujące przy niskich prędkościach (w przeciwieństwie do prądnic w elektrowniach cieplnych, które są dwubiegunowe, mają małą średnicę, duży przekrój i pracują przy wysokich prędkościach). Generują one 3-fazowy prąd elektryczny w zakresie harmonicznej częstotliwości 50 Hz i wymagają precyzyjnej kontroli prędkości.

Małe elektrownie wodne często wykorzystują urządzenia asynchroniczne (indukcyjne). Silnik elektryczny asynchroniczny składa się z:

- silnika,
- generatora,
- hamulców.

Mała elektrownia wodna w trakcie uruchamiania działa, jak silnik, a turbina działa, jak pompa. Po zalaniu syfonu, płynąca woda napędza turbinę, a maszyna asynchroniczna przechodzi w tryb generatywny. Takie zastosowanie maszyny asynchronicznej umożliwia podłączenie do sieci elektrycznej.

3.1 Koła wodne

Koło wodne jest najstarszą i najprostszą maszyną przekształcającą potencjalną i kinetyczną energię przepływu wody w energię mechaniczną.

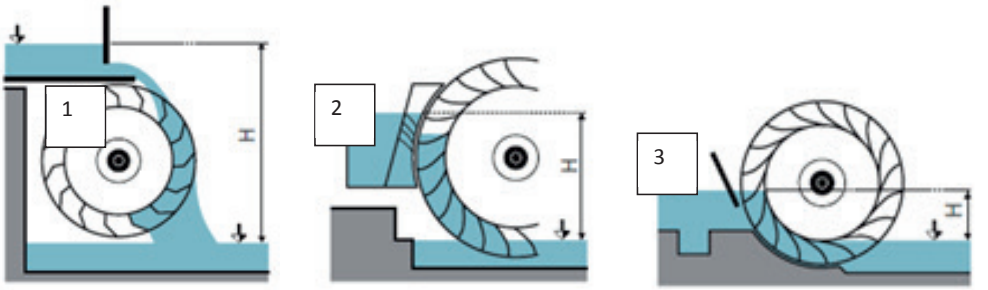
W ciągu swojej ewolucji, koło wodne było stopniowo dopracowywane, aby osiągnąć obecną wydajność na poziomie η=0,6–0,7, która jest porównywalna do wydajności niektórych mniejszych turbin wodnych pracujących w porównywalnych warunkach.

Koła wodne mają kilka istotnych zalet: ułatwiają efektywne wykorzystanie energii wodnej w miejscach o bardzo niskich spadach, nawet poniżej 0,5 m; pozwalają zrealizować projekty przeznaczone dla bardzo małych przepływów, np. 0,1 m^3/s^{-1} lub mniejszych, i mogą prawidłowo działać nawet w bardzo brudnej wodzie. W przypadku spadów mniejszych niż 1,5 m są niemalże niezastąpione.

Biorąc pod uwagę projekt oparty na zasadzie przekształcania mechanicznej energii wody w energię kinetyczną obracającego się wału, koła wodne dzielą się na:

– koła typu kubełkowego, które wykorzystują energię potencjalną wody;
– koła typu łopatkowego, które wykorzystują energię kinetyczną wody.

Biorąc pod uwagę punkt napływu wody, koła wodne klasyfikuje się na te, które pobierają wodę płynącą z góry, po środku lub z dołu lub w bardziej naukowej terminologii koła nasiębierne, śródsiębierne i podsiębierne[3].



1 – koło nasiębierne, 2 – koło śródsiębierne, 3 – koło podsiębierne

Choć wydajność przy bardzo niskich spadach jest bardzo niska i wynosi około 20%, to koła podsiębierne są jedynymi urządzeniami zdolnymi do wykorzystywania bardzo niskich spadów zaczynających się od około 0,1 m. Przy wyższych spadach, pod warunkiem zastosowania odpowiedniej konstrukcji, wydajność koła wodnego może sięgać około 70%.

W miejscach o spadzie wyższym niż 3 m, przeważają koła wodne nasiębierne. Średnica koła jest wtedy jedynie nieco mniejsza niż spad, a koło obraca się nieco powyżej dolnego poziomu wody. Zewnętrzna obręcz koła wyposażona w łopatki tworzy kubły, dzięki którym wydajność koła może sięgać 70%. Niemniej jednak, w miejscach o takich spadach koła wodne są coraz częściej zastępowane nowoczesnymi turbinami wodnymi, głównie ze względu na trudności w działaniu kół wodnych w temperaturach poniżej zera.

Koła wodne charakteryzują się niskimi obrotami, dlatego aby w pełni wykorzystać ich moc konieczne jest zastosowanie skrzyni przekładniowej. Mimo to, ich konstrukcja jest bardzo prosta i są one zwykle bardziej opłacalne niż turbiny wodne, ponadto nie stwarzają żadnych problemów eksploatacyjnych. Nawet część konstrukcyjna

[3] (DUŠIČKA, P., GABRIEL, P., HODÁK, T., ČIHÁK, F., ŠULEK, .: Malé vodní elektrárny, Jaga group, v.o.s., Bratislava 2003

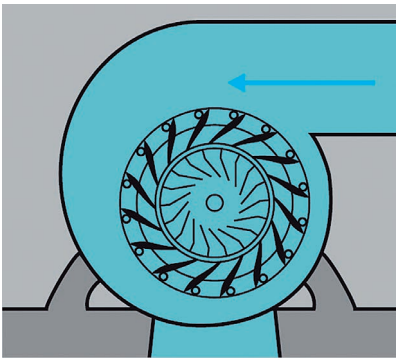
dołączona do koła wodnego jest prostsza, a koszty inwestycyjne są znacznie niższe w porównaniu do turbin wodnych charakteryzujących się porównywalną wydajnością.

3.2 Turbiny wodne

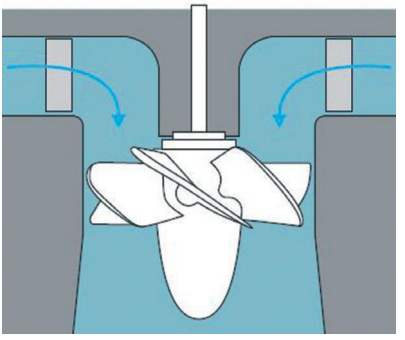
Istnieje duża liczba turbin wodnych charakteryzujących się zróżnicowanymi rozwiązaniami projektowymi i zastosowaniami. Turbiny wodne przeszły długą historię, a ich obecna forma to przetestowana i znacznie ulepszona wersja koła wodnego.

W nowoczesnych elektrowniach wodnych wykorzystywane są następujące rodzaje turbin wodnych:

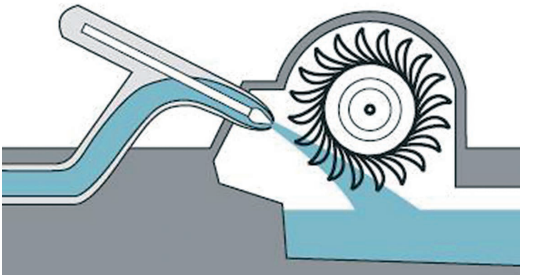
– **Turbina Francisa** – promieniowo-osiowa turbina poddana ciśnieniu wody z nieruchomymi łopatami wirnika i regulowanymi łopatami kierowniczymi. Stopień rozwarcia łopat kierowniczych kontroluje szybkość przepływu wody przez turbinę, a tym samym jej wydajność. Całkowicie zamknięte łopaty blokują dopływ wody do turbiny. Turbina ta jest odpowiednia do konstrukcji, w których spad zmienia się tylko w ograniczonym zakresie lub nie zmienia się w ogóle.



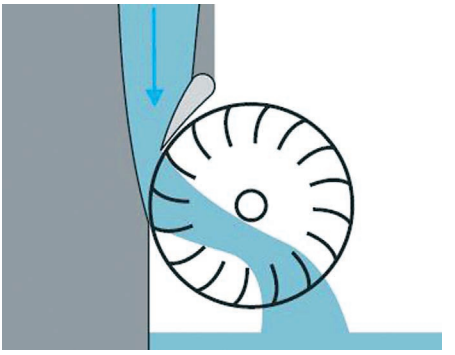
– **Turbina Kaplana** - turbina poddana ciśnieniu wody, zwykle promieniowo -osiowa. Jeśli jednak jej wał jest umieszczony poziomo, wtedy turbina może być tylko osiowa.



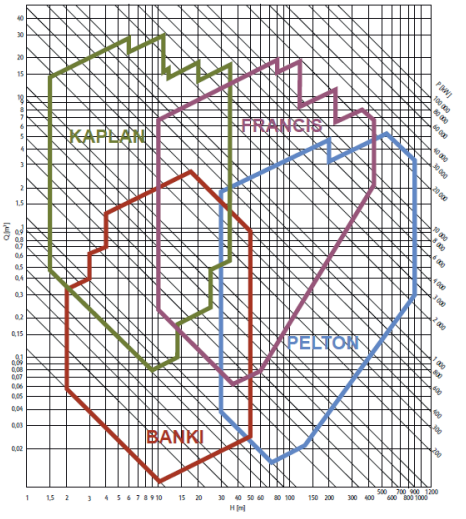
– **Turbina Peltona** – turbina impulsowa, do jej wirnika doprowadzana jest po stycznej woda przez jedną lub więcej dyszy. Jest ona odpowiednia dla wyższych spadów, często stosuje się ją w elektrowniach wodnych zlokalizowanych na górzystym terenie.



– **Turbina Banki** – poddana ciśnieniu wody turbina charakteryzująca się dwukrotnym przepływem wody przez palisadę wirnika. Jest stosowana z powodzeniem w małych elektrowniach wodnych z niskim spadem i niskim przepływem.



Dobór różnych typów turbin dla różnych spadów i prędkości przepływu przedstawia poniższy rysunek.



4 Energia wodna na obszarach wiejskich

Woda, energia i rolnictwo są ze sobą ściśle powiązane. Woda jest potrzebna do produkcji żywności, a także do pozyskiwania i wytwarzania energii. Energia jest potrzebna do pompowania wód gruntowych i transportu wód powierzchniowych w celu nawadniania upraw. W produkcji żywności coraz więcej starań dokłada się do poszukiwania źródeł ekologicznej energii.

Zalety:

- energia wodna to odnawialne źródło energii elektrycznej,
- nie zanieczyszcza środowiska,
- lokalne źródło energii,
- decentralizacja produkcji,
- redukcja zanieczyszczenia atmosferycznego podczas produkcji energii elektrycznej,
- minimum napraw i konserwacji,
- produkcja zaczyna się natychmiastowo w kilka sekund,
- możliwość wykorzystania do pokrycia zapotrzebowania szczytowego,
- niezawodność i wysoka wydajność,
- długi okres eksploatacji urządzeń (często ponad 70 lat),
- niskie koszty operacyjne.

Wady:

- wysokie koszty inwestycji,
- dostępność technologii,
- niewłaściwe wykonanie, skutkujące negatywnym wpływem na środowisko,
- zależność od stałego przepływu wody,
- zależność od pory roku i pogody,
- techniczne trudności montażu urządzeń,
- późny zwrot inwestycji.

4.1 Małe elektrownie wodne i możliwości ich budowy

Mogą być z powodzeniem stosowane przy małych strumieniach o rozproszonym potencjale hydroenergetycznym, osiągając wysoką wydajność i nie szkodząc środowisku. Małe elektrownie wodne (ang. SHPP) nie mają negatywnego wpływu na okoliczną florę i faunę, w wielu przypadkach regulują one stosunki wodne w okolicy.

SHPP stanowią zdecentralizowane źródło energii, co pozwala na ich montaż na odległych obszarach. Energia elektryczna dostarczana z małych elektrowni wodnych należy do najtańszych źródeł energii!

4.2 Budowa małej elektrowni wodnej

Zapora wodna składa się zasadniczo z dwóch części:

- urządzeń hydraulicznych i konstrukcyjnych;
- urządzeń mechanicznych i elektrycznych.

Urządzenia hydrauliczne i konstrukcyjne są wykorzystywane do doprowadzania wody do turbiny, zakotwienia turbiny i odprowadzania wody z turbin. Składają się one z następujących części:

- konstrukcji piętrzących wodę,
- krat,
- systemów doprowadzających i odprowadzających wodę.

Rolą konstrukcji piętrzących wodę jest zapewnienie odpowiedniego przepływu wody między jej źródłem, a małą elektrownią wodną. Konstrukcje te możemy podzielić na:

- ciśnieniowe – stosowane do pobierania wody pod ciśnieniem do kanału doprowadzającego lub bezpośrednio do turbiny. Mogą one być bezpośrednio przyłączone do jazów lub zapór bądź stać oddzielnie na brzegu.
- bezciśnieniowe – stosowane do doprowadzania wody ze zbiornika do bezciśnieniowego rurociągu. Są również wyposażone w próg i grube kraty.
- specjalne – złożone z samoobsługowych wlotów wyposażonych w drobne i grube kraty, samoobsługowe kosze ssawne i sita do przechwytywania mikrocząstek.

Kraty są istotnym elementem elektrowni wodnej. Ich głównym zadaniem jest zapobieganie przedostawaniu się zanieczyszczeń, które mogłyby uszkodzić komorę lub wirnik kanału przepływowego i ochrona komponentów przed uszkodzeniem. Dzielimy je na:

- kraty grube – zaprojektowane do przechwytywania dużych obiektów, takich jak kry lodowe, gałęzie, krzewy, itp.
- kraty drobne – zaprojektowane do przechwytywania małych obiektów, takich jak liście, małe ryby, itp.

Systemy doprowadzające i odprowadzające wodę stanowią często istotny wydatek w trakcie budowy elektrowni wodnej.

Dzielimy je na:

- bezciśnieniowe – są tańsze i zwykle mają konstrukcję kanału wewnętrznego lub zewnętrznego o prostokątnym lub trapezowym profilu.
- ciśnieniowe – zwykle stosowane przy dużych spadach. Wykorzystują one ukształtowanie terenu, są to umieszczone bezpośrednio w skałach rurociągi i kanały.

4.3 Zasada działania małych elektrowni wodnych

Małe elektrownie wodne wykorzystują mały potencjał przepływu. Dlatego ich moc osiąga maksymalnie 10 MW. Najczęściej ich głównym komponentem jest turbozespół złożony z turbiny i generatora, czyli prądnicy. Wytwarzają prąd dostarczany do sieci dystrybucyjnej, do której są przyłączone. Rzadziej stosowana jest praca wyspowa elektrowni. W małych elektrowniach wodnych stosuje się zarówno prądnice synchroniczne, jak i asynchroniczne.

4.4 Turbiny dla małych elektrowni wodnych

Małe elektrownie wodne wyposażone są w różne rodzaje turbin w zależności od warunków terenowych, w których będą stosowane. Przy małym przepływie i niskim spadzie wybieramy turbinę Banki. Z kolei przy wysokiej prędkości przepływu najlepsza będzie turbina Francisa. Turbiny Peltona zostały zaproponowane do wykorzystywania przy niższej prędkości przepływu, ale wysokim spadzie rzędu kilkudziesięciu metrów. Turbina Kaplana jest wykorzystywana przy dużych ilościach wody, ale mniejszym spadzie.

4.5 Kiedy jest to opłacalne?

Koszty inwestycji w budowę małej elektrowni wodnej mieszczą się w granicach 2 do 4,3 mln €/MW. Jeśli dysponujemy już częścią wody, koszty wynoszą

od 1 do 2 mln €/MW. Po wybraniu miejsca należy dokonać bardziej szczegółowych pomiarów i wybrać rozwiązania konstrukcyjne i techniczne. Bardzo ważnym jest, aby dokonać wstępnej analizy ekonomicznej, która wykaże, jaka będzie wydajność elektrowni, czyli ile energii zostanie wyprodukowane i jaki będzie zwrot inwestycji. Jest to szczególnie ważne, gdy bierze się kredyt, ale też kiedy planuje się inwestycję w jakikolwiek plan biznesowy.

Wszystkie elektrownie wodne charakteryzują się wysokimi kosztami inwestycji i niskimi kosztami operacyjnymi. Małe elektrownie wodne zbudowane na niskich spadach charakteryzujące się mniejszą wydajnością są zazwyczaj droższe w przeliczeniu na jednostkę energii niż małe elektrownie wodne wykorzystujące duże spady. Koszty nakładów są największą barierą dla ich rozwoju. Pomimo faktu, iż zwrot inwestycji uzyskuje się po dość długim okresie (zazwyczaj 7–10 lat), małe elektrownie wodne mają, w porównaniu z innymi technologiami wykorzystującymi odnawialne źródła energii, wielką zaletę – długotrwałą eksploatację. Urządzenia te są w stanie wytwarzać energię elektryczną przez ponad 70 lat, dzięki czemu są bardzo korzystną opcją dla potencjalnych inwestorów. Ponadto, cena energii elektrycznej (przychody z działalności SHPP) wzrośnie w przyszłości, co oznacza, że inwestycja zwróci się kilkukrotnie.

5 Studia przypadków

5.1 Mała elektrownia wodna RUŽÍN II[4]

Mała elektrownia wodna Ružín II została wybudowana w 1974 roku na rzece Hornád. Elektrownia znajduje się w zbiorniku wstępnym szczytowo-pompowej elektrowni wodnej (PWPP) Ružín i przetwarza przepływy w godzinach szczytu. W elektrowni zainstalowano jednostkę z przepływową turbiną Kaplana z wałem poziomym. Całkowita moc zainstalowana wynosi 1,8 MW.

5.2 Mała elektrownia wodna Skawinka i Borek

Grupa CEZ prowadzi w Polsce kilka małych elektrowni wodnych o łącznej zainstalowanej mocy około 2,5 MW. Na terenie Śląska znajdują się elektrownie Skawinka i Borek.

[4] http://www.seas.sk/mve-ruzin-2

Mała elektrownia wodna Skawinka produkuje czystą energię elektryczną w południowo-zachodniej części Krakowa. Została założona w roku 1961. Jest obsługiwana przez Elektrownię Skawina S.A. wraz z elektrownią, w której jako paliwo wykorzystuje się węgiel i biomasę. Moc zainstalowana małej elektrowni wodnej Skawinka wynosi 1,6 MW.

W połowie 2013 roku uruchomiono małą elektrownię wodną Borek o mocy zainstalowanej 865 kW. Źródło czystej energii leży w pobliżu Krakowa – znajduje się na kanale żeglugowo-energetycznym, który został zbudowany w połowie lat 50. ubiegłego wieku. Jest on połączony z innym kanałem energetycznym, który służy do chłodzenia bloków elektrowni węglowej Skawina. Spad w elektrowni Borek wynosi 11 m, a prędkość przepływu 9 m^3/s.

6 Bibliografia

- Arcadis 2011: Hydropower generation in the context of the EU WFD. EC DG Environment. s. 168
- DUŠIČKA, P., GABRIEL, P., HODÁK, T., ČIHÁK, F., ŠULEK, .: Malé vodní elektrárny, Jaga group, v.o.s., Bratislava 2003
- http://www.seas.sk/mve-ruzin-2
- Guidance on The requirements for hydropower in relation to Natura 2000.
- Dostępne pod adresem: http://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/docs/Hydro% 20final%20May%202018.final.pdf
- Technology Roadmap Hydropower: http://www.iea.org/publications/freepublications/ publication/2012_Hydropower_Roadmap.pdf
- Small Hydro Power Programme: https://mnre.gov.in/small-hydro

MODUŁ 6 | Biomasa

1 Biomasa

1.1 Definicje i podstawowe terminy

Biomasa zawiera zmagazynowaną energię słoneczną absorbowaną przez rośliny w procesie zwanym fotosyntezą. Podczas spalania biomasy, energia chemiczna w niej zawarta uwalniana jest w postaci ciepła. Posiadacze domowych kominków jako paliwo wykorzystują biomasę w postaci drewna opałowego. Biomasę można spalać bezpośrednio bądź przekształcać w biopaliwa ciekłe lub biogaz, który może być spalany jako paliwo.

> Biomasa to dowolna materia organiczna na powierzchni Ziemi, która ma naturalną zawartość energii chemicznej. Bioenergia wykorzystuje biomasę (zwykle martwe organizmy i produkty odpadowe) do wytwarzania energii w postaci ciepła, elektryczności lub ruchu.

Biomasa to paliwo, które powstaje z materiałów organicznych. Jest odnawialnym i zrównoważonym źródłem energii wykorzystywanym do wytwarzania energii elektrycznej lub innych form energii. Energia pochodząca z biomasy jest energią neutralną pod względem emisji dwutlenku węgla, wytwarzaną z odnawialnych odpadów organicznych, które w przeciwnym razie zostałyby wyrzucone na wysypiska śmieci, pochłonięte przez pożary lasów lub spalone przez człowieka.

W elektrowniach wykorzystujących biomasę, odpady drzewne lub inne odpady spala się w celu wytworzenia pary, która napędza turbinę do wytwarzania energii elektrycznej lub dostarcza ciepło do zakładów przemysłowych i domów. Na szczęście, nowe technologie w obszarze kontroli zanieczyszczeń i inżynierii spalania rozwinęły się do tego stopnia, że wszelkie emisje ze spalania biomasy w obiektach przemysłowych są generalnie mniejsze niż emisje powstające przy stosowaniu paliw kopalnych (węgiel, gaz ziemny, ropa).

Przykłady materiałów, z których wytwarza się biopaliwa, to:

- drewno odpadowe;
- odpady leśne;
- niektóre rośliny uprawne;
- obornik;
- i inne rodzaje odpadów.

Wytwarzanie energii z biomasy jest jedną z najstarszych technologii energetycznych stosowanych przez ludzkość. Biomasę wykorzystuje się do wytwarzania ciepła i światła od czasu epoki kamienia i przez ponad 400 000 lat była ona głównym źródłem energii. Straciła przywództwo dopiero w momencie pojawienia się paliw kopalnych i energii elektrycznej.

Szacuje się, że światowa produkcja biomasy wynosi 146 miliardów ton rocznie. Głównie są to dziko rosnące rośliny. Biomasa odpowiedzialna jest za 35% zużycia energii pierwotnej w krajach rozwijających się, podnosząc ogólnoświatową wartość do 14%. W przyszłości biomasa może stanowić opłacalne i zrównoważone źródło energii, a jednocześnie może pomóc krajom w osiągnięciu ich celów w zakresie redukcji emisji gazów cieplarnianych. Szacuje się, że do roku 2050, 90% ludności będzie mieszkać w krajach rozwijających się.

2 Rodzaje biomasy

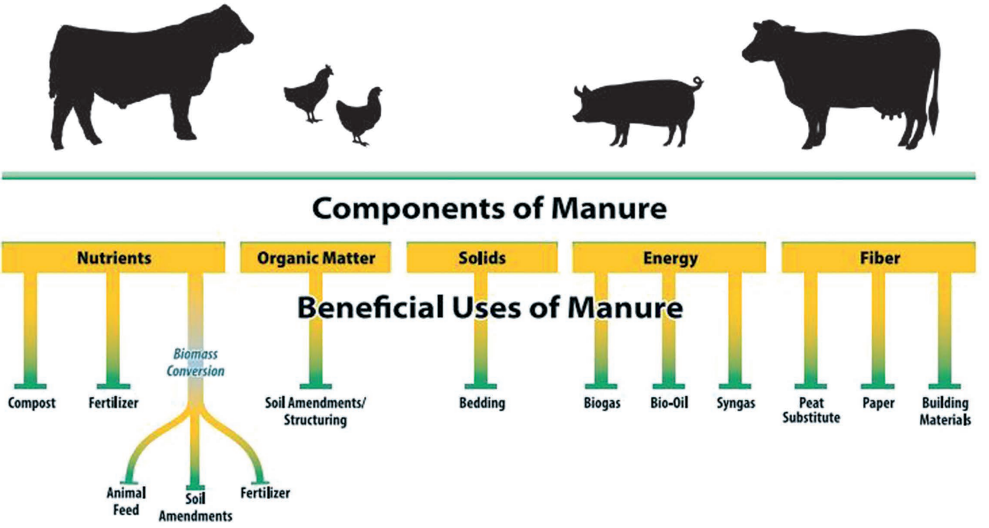
Biomasę można podzielić na dwie odrębne kategorie:

- Biomasa odpadowa
- Uprawy energetyczne

2.1 Biomasa odpadowa

Odpady leśne – obejmują pozostałości pochodzące z wyrębu, wadliwe drzewa o przeznaczeniu handlowym, martwe drewno i pozostałe drzewa o przeznaczeniu innym niż handlowe, które muszą zostać usunięte z przepełnionych, niezdrowych i podatnych na pożary lasów. Przerzedzanie lasów jest koniecznym zabiegiem, mającym na celu przywrócenie niektórym lasom naturalnego zdrowia, ale w przypadku mniejszych lasów kosztów usuwania drzew nie można odzyskać dzięki sprzedaży drewna ze względu na jego niską jakość. Wycinka drzew jest głównym źródłem biomasy do celów energetycznych. Może przybrać ona formę przerzedzenia młodych drzewostanów lub wycinania starszych w celu zaopatrzenia się w drewno lub miazgę. Dzięki wycince pozyskuje się również wierzchołki i gałęzie nadające się do wytworzenia bioenergii. W trakcie wycinki zwykle usuwa się tylko 25–50% objętości drzewostanu. Pozostałości z wycinki stanowią źródło biomasy. Drzewostany zniszczone przez insekty, choroby lub ogień są dodatkowym źródłem biomasy. Odpady leśne zwykle mają niską wartość opałową i gęstość, a koszty ich transportu utrzymują się na wysokim poziomie, a zatem z ekonomicznego punktu widzenia powinno się zmniejszyć gęstość biomasy w lasach.

Hodowla zwierząt – gnojowica to wodniste odchody zwierzęce o wysokim stężeniu zawiesin stałych. Gnojowica pozyskiwana jest głównie z chowu trzody chlewnej, bydła i ze ściółki dla drobiu. Może być używana jako źródło paliwa w fermentacji beztlenowej. Techniki hodowli bydła znacząco wpływają na ilość i jakość nawozu, który może zostać poddany fermentacji beztlenowej. Liczba krów, pomieszczenia dla zwierząt, transport i wyścielenie stosowane w gospodarstwach wpływają na ilość gnojowicy, a tym samym na ilość wyprodukowanej energii.

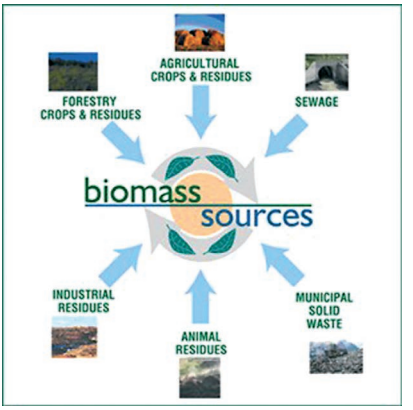


Składniki obornika/Zastosowanie obornika. Składniki odżywcze: kompost, nawóz, konwersja biomasy: pasza dla zwierząt, dodatki do gleby, nawóz. Materia organiczna: dodatki do gleby, substancje polepszające strukturę gleby. Ciała stałe: ściółka. Energia: Biogaz, bio olej, gaz syntezowy. Włókno: substytut torfu, papier, materiały budowlane.

Odpady poubojowe i rybne – w rzeźniach i zakładach przetwórstwa rybnego występuje ogromna ilość odpadów organicznych, które mogą stanowić zagrożenie dla środowiska i zdrowia ludzi lub zwierząt. Rozporządzenie o produktach ubocznych pochodzenia zwierzęcego (2003) określa, w jaki sposób można usuwać w bezpieczny sposób odpady zwierzęce. Proces ten może być bardzo kosztowny, ale odpady tego rodzaju można wykorzystać, jako paliwo w procesie fermentacji beztlenowej.

Odpady rolnicze lub resztki pożniwne – resztki pożniwne to wszystkie odpady rolnicze, takie jak słoma, łodygi, liście, łuski, skorupy, skórki, miazga, ściernisko itp., które pochodzą ze zbóż (ryż, pszenica, kukurydza, sorgo, jęczmień, proso), bawełny, orzeszków ziemnych, roślin strączkowych (fasola, soja), owoców (banan, mango, kokos, nerkowiec) oraz produkcji herbaty, kawy, kakao i oleju palmowego.

W procesie przetwarzania ryżu pozyskuje się zarówno łuski, jak i łodygi, które można z łatwością przekształcić w energię. W trakcie zbiorów kukurydzy znaczne ilości biomasy pozostają na polach w postaci kolb, które mogą być przekształcane w energię. Po zbiorach trzciny cukrowej pozostaje na polach dużo resztek pożniwnych, a w trakcie jej przetwarzania pozyskujemy włókniste wytłoki, które są dobrymi źródłami energii.



Źródła biomasy: rośliny i odpady leśne, rośliny uprawne i odpady rolnicze, ścieki, odpady przemysłowe, odpady zwierzęce, komunalne odpady stałe

2.2 Uprawy energetyczne

Rośliny energetyczne są kolejnym źródłem drzewnej biomasy. Są to szybko rosnące rośliny, drzewa lub inna biomasa roślinna hodowana celem wytwarzania energii. Dzięki badaniom bioinżynieryjnym zidentyfikowano szybko rosnące rośliny będące odporne na szkodniki i dostosowane do danego obszaru i rodzaju gleby. Przykładowo, roczny uzysk na półkuli północnej wynosi 10–15 ton/ha. Standardowa elektrownia parowa o mocy 20 MW wykorzystująca rośliny energetyczne wymagałaby obszaru o powierzchni około 8000 ha, by móc dostarczać energię bez przerw.

Zbiory roślin energetycznych mają miejsce co roku po osiągnięciu przez nie pełnej dojrzałości, co zajmuje od dwóch do trzech lat. Do upraw energetycznych należą trawy, takie jak proso rózgowe, rozplenica słoniowa, bambus, słodkie sorgo, pszenica zielona, itp. oraz rośliny drzewiaste o krótkiej rotacji, czyli szybko rosnące drzewa liściaste ścinane w ciągu pięciu do ośmiu lat od posadzenia. Należą do nich topola, wierzba, klon srebrny, jesion pensylwański, orzech czarny, ambrowiec i jawor.

Uprawy przemysłowe przetwarzane są na przemysłowe produkty chemiczne lub materiały, np. z łodyg kenafu, będącego jednoroczną lub dwuletnią rośliną zielną (rzadziej krótko żyjącą rośliną wieloletnią) osiągającą wysokość 1,5–3,5 m, pozyskuje się włókna, a z rącznika pospolitego wytwarza się kwas rycynolowy. Z upraw rolnych pozyskuje się skrobię kukurydzianą, mączkę sojową, skrobię pszenną, olej kukurydziany, sojowy oraz inne oleje roślinne. Zasoby wodne, takie jak glony, wielkomorszcz gruszkonośny, wodorosty i mikroflora również przyczyniają się do produkcji bioenergii.

Uprawy energetyczne o krótkiej rotacji

W zależności od długości cyklu i powierzchni upraw, rośliny energetyczne o krótkiej rotacji dzielimy na dwa rodzaje. W zagajnikach o krótkiej rotacji (ZKR), szybko rosnące młode drzewa są przycinane na pniu każdej zimy, kiedy są w stanie uśpienia,

dając możliwość nowym łodygom wyrosnąć w sezonie wegetacyjnym (plony zbiera się w ciągu 2–4 lat). Drzewa takie jak topola i wierzba są popularnym wyborem do ZKR. W leśnictwie drzew o krótkiej rotacji najpierw sadzi się drzewa, a następnie ścina się je, gdy pień ma średnicę 10–20 cm na wysokości klatki piersiowej. Cykl ten trwa dłużej i powtarza się co 8–20 lat; popularne rośliny to jawor, jesion, topola, eukaliptus i buk.

Trawy i uprawy inne niż drzewiaste

Miskant jest najbardziej popularną rośliną energetyczną. Uzyskuje się z niego wysokie roczne plony w przeciwieństwie do roślin energetycznych o krótkiej rotacji. Pozostałe potencjalne uprawy energetyczne to konopie, trzciny, żyta i proso rózgowe (z rodziny traw). Jednak w przypadku tych roślin zawsze istnieje zagrożenie atakiem szkodników, dlatego należy podchodzić do nich z uwagą i ostrożnością.

Uprawy energetyczne

Ze względu na wysoką zawartość węgla, wiele konwencjonalnych upraw, takich jak uprawy cukrowe (burak cukrowy), rośliny skrobiowe (pszenica, kukurydza i ziemniaki) oraz uprawy oleiste (rzepak, odpadowy olej roślinny) są wykorzystywane jako paliwo lub hydrolizowane na biopaliwo.

Uprawy wodne (hydroponika)

Zaletą roślin wodnych jest to, że nie potrzebują ziemi i pobierają wszystkie składniki odżywcze z wody. Glony, zarówno mikroskopowe, jak i makroskopowe (takie jak wodorosty, krasnorosty) oraz inne gatunki zamieszkujące jeziora i stawy to dobrej jakości rośliny energetyczne. Ich wadą jest wysoka zawartość wody, którą należy wysuszyć.

Zalety upraw energetycznych

Rosnąca popularność rolnictwa energetycznego przekłada się na mniejsze uzależnienie od paliw kopalnych, a tym samym mniejsze ich wydobycie i eksport. Kolejną dużą zaletą biomasy jest to, że jest ona powszechnie dostępna. Ponadto, rośliny zużywają dwutlenek węgla i uwalniają tlen, zwiększając jego ilość w atmosferze.

W krajach rozwiniętych, w których znajdują się ogromne składowiska odpadów rolniczych, dzięki wykorzystaniu biomasy można przeznaczyć ziemię na inne, bardziej korzystne cele. Rząd zapewnia wiele dotacji dla rolników zajmujących się biomasą.

Wady upraw energetycznych

Ziemia wykorzystywana do produkcji biomasy mogłaby zostać przeznaczona na uprawę roślin użytkowych lub pod zabudowę mieszkalną, rekreacyjną bądź handlową. Ponadto, aby móc utrzymać uprawy energetyczne na dużą skalę, należy obniżyć koszty związane z przekształceniem biomasy w paliwo.

Jednym z powodów, dla których uprawy energetyczne są w niekorzystnej sytuacji, jest również to, że czasami ich przekształcenie w biomasę powoduje zanieczyszczenie środowiska

3 Proces produkcji energii z biomasy

Istnieje pięć podstawowych form wykorzystywania biomasy na cele energetyczne:

a. Tradycyjne zastosowanie na potrzeby gospodarstwa domowego – w krajach rozwijających się biomasę (drewno opałowe, węgiel drzewny i pozostałości rolnicze) wykorzystuje się do gotowania (np. na kamiennych ogniskach), oświetlenia i ogrzewania pomieszczeń. W tym przypadku wydajność przetwarzania biomasy na użyteczną energię wynosi zazwyczaj od 5% do 15%.

b. Tradycyjne zastosowanie przemysłowe – wykorzystanie biomasy jako „darmowego" źródła energii do przetwarzania tytoniu, herbaty, surówki, cegieł i płytek, itp. Ogólnie rzecz ujmując, motywacja do wydajnego wykorzystywania biomasy jest niska, więc wydajność konwersji surowca do użytecznej energii odbywa się zwykle na poziomie 15% lub niższym.

c. Nowoczesne zastosowanie przemysłowe – przemysł eksperymentuje z wyszczególnionymi poniżej zaawansowanymi technologiami konwersji termicznej. Oczekiwana wydajność konwersji wynosi od 30 do 55%.

d. Nowe technologie konwersji chemicznej (ogniwa paliwowe), które nie są ograniczone limitem obiegu Carnota, tj. maksymalną teoretyczną wydajnością konwersji jednostek termicznych.

e. Techniki konwersji biologicznej, w tym fermentacja beztlenowa w produkcji biogazu i fermentacja alkoholowa.

Technologie przetwarzania biomasy na energię muszą radzić sobie z surowcem, który może być bardzo zmienny pod względem masy właściwej i gęstości energii, wielkości, zawartości wilgoci oraz regularności dostaw. Dlatego też nowoczesne technologie przemysłowe są często hybrydowymi technologiami łączącymi wykorzystanie paliw kopalnych i biomasy. Paliwa kopalne wykorzystywane są do suszenia, podgrzewania i utrzymywania zapasów paliwa, gdy podaż biomasy zostanie przerwana.

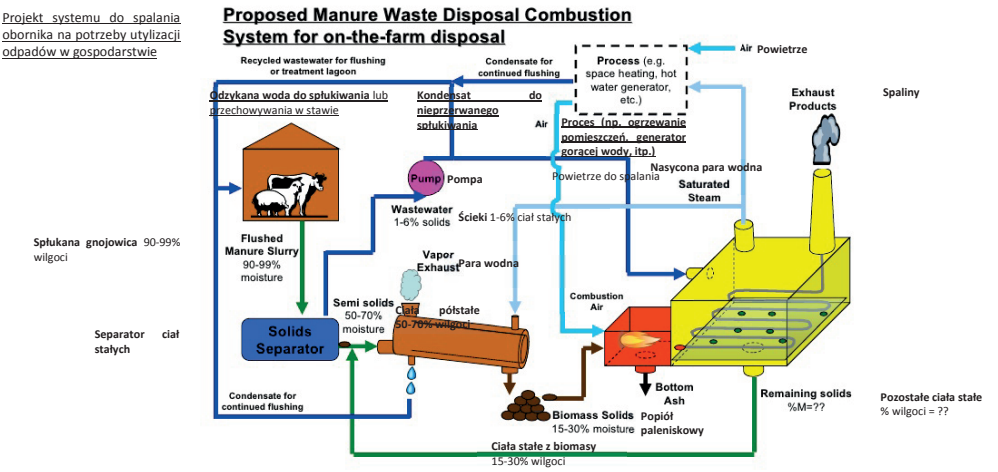
Zgodnie z definicją, energia pochodząca z biomasy wytwarzana jest przez spalanie lub konwersję biochemiczną jakiejkolwiek materii organicznej, która ma być użyta jako paliwo. Materiały organiczne wykorzystywane jako źródło energii z biomasy obejmują m.in. drewno, trociny, trawy, kukurydzę, trzcinę cukrową i inne rośliny oraz odpady rolnicze (obornik bydlęcy). Istnieją liczne procesy przetwarzania biomasy w energię.

Spalanie

Najczęstszą techniką wytwarzania ciepła i energii elektrycznej z biomasy jest bezpośrednie spalanie. Wydajność cieplną sięgającą 80-90% można osiągnąć dzięki zaawansowanej technologii zgazowania o znacznie zmniejszonej emisji zanieczyszczeń do atmosfery. Systemy kogeneracyjne (CHP), od technologii na małą skalę po duże urządzenia podłączone do sieci, zapewniają znacznie wyższą wydajność niż systemy, które wytwarzają tylko energię elektryczną. Dzięki procesom biochemicznym, takim jak fermentacja beztlenowa, i składowaniu odpadów można wytwarzać czystą energię w postaci biogazu i gazu generatorowego, które można przekształcić w energię i ciepło za pomocą silnika gazowego. By spalanie przebiegało w sposób wydajny, należy zapewnić:

- wystarczająco wysoką temperaturę,
- wystarczającą ilość powietrza,
- wystarczającą ilość czasu niezbędną do całkowitego spalenia biomasy.

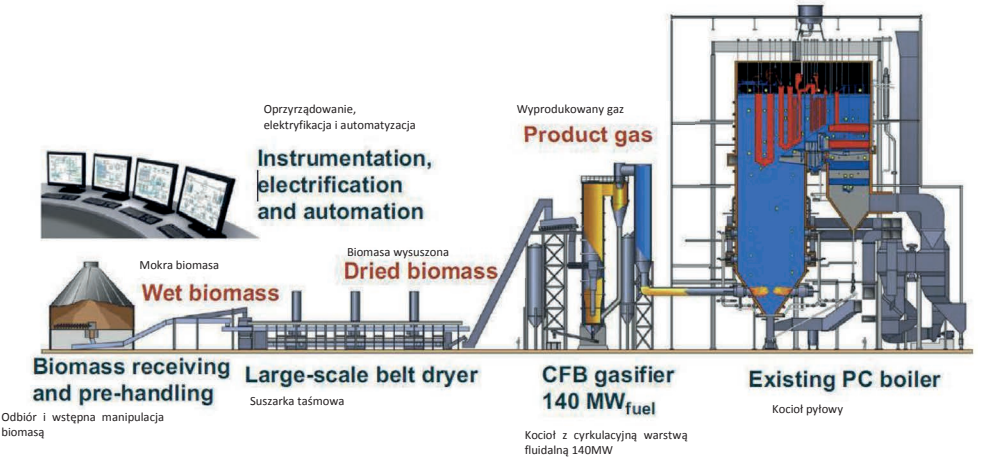
Chociaż spalanie bezpośrednie jest najprostszą i najczęściej stosowaną metodą wykorzystywania energii z biomasy, nie zawsze jest to proces wydajny. Zaprojektowanie kotła do spalania biomasy, który charakteryzowałby się wysoką wydajnością, wymaga zgłębienia procesu spalania. Ważnym krokiem jest zrozumienie procesu parowania wody z drewna, procesu zużywającego energię. Zużyta energia stanowi jednak tylko niewielki procent całkowitej dostępnej energii. Nowoczesne urządzenia do spalania są bardzo podobne do tych stosowanych w przypadku węgla i charakteryzują się wydajnością spalania na poziomie 90%.



Współspalanie

Współspalanie uważane jest za niewydajny proces spalania. W procesie tym biomasa zastępuje 15–20% węgla zużywanego w elektrowni. Pomaga to zmniejszyć emisje z paliwa węglowego, a nawet obniża koszty eksploatacji.

Proces spalania powoduje pewne zanieczyszczenie powietrza i nie jest tak wydajny jak inne metody, ponieważ duża część wytwarzanej energii ucieka.



3.1 Konwersja termiczna

Procesy konwersji termicznej wykorzystują ciepło do ekstrakcji energii poprzez przekształcenie biomasy w inną substancję chemiczną w wyniku zachodzenia różnych reakcji chemicznych i oddziaływania z tlenem. Konwersja termiczna obejmuje następujące procesy:

Gazyfikacja

Gazyfikacja odbywa się poprzez zastosowanie wysokich temperatur i kontrolowanie ilości tlenu i pary podczas przekształcania materiałów węglowych, takich jak ropa naftowa, węgiel, biomasa i biopaliwa, w wodór i tlenek węgla. Produktem tego procesu jest gaz syntezowy, który jest bardziej wydajnym produktem biomasy niż proces jej spalania. Gaz syntezowy można spalać bezpośrednio, wykorzystywać do tworzenia metanolu i wodoru, a nawet dalej przekształcać w paliwo syntetyczne.

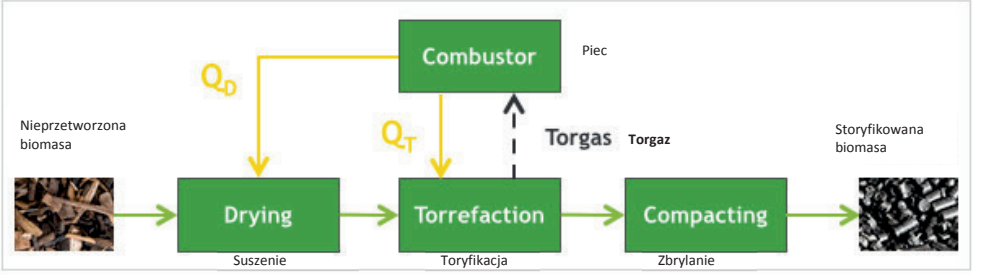
Piroliza

Piroliza zachodzi, gdy biomasa jest ogrzewana w komorze bez udziału tlenu. Produktami pirolizy biomasy są woda, węgiel drzewny, smoła, ropa i gazy, takie jak wodór, metan, dwutlenek węgla i tlenek węgla. Zachodzące zmiany chemiczne zależą od rodzaju przetwarzanej biomasy i czasu potrzebnego do jej ogrzania. Najczęstszym produktem końcowym powstającym w wyniku procesu pirolizy jest węgiel drzewny, który wykorzystuje się w metalurgii do absorpcji.

Toryfikacja

Toryfikacja biomasy to proces obróbki cieplno-chemicznej. Wymagana temperatura dla tego procesu mieści się w granicach 200–320°C. W trakcie toryfikacji uwalniany jest tlen, a wszelka wilgoć obecna w biomasie jest usuwana, pozostawiając jedynie substancję lotną. By otrzymać czystszą formę użytecznej biomasy usuwane są również zbędne substancje lotne, np. celuloza i inne biopolimery, które wydzielają szereg substancji lotnych w trakcie rozkładu. Wynikiem tego procesu jest sucha, ciemna, stała biomasa, znana jako biowęgiel. Biowęgiel jest zazwyczaj wytwarzany w formie peletu lub brykietu. Opala się nim domy w celach grzewczych i używa jako paliwo w przemyśle. Biowęgiel wytwarza mniej dymu niż inne materiały palne.

BASIC TORREFACTION PRINCIPLE PODSTAWY PROCESU TORYFIKACJI



3.2 Konwersja chemiczna, procesy bez spalania

Istnieją procesy przetwarzania biomasy w energię, które nie wymagają spalania. Dzięki nim można przekształcić surową biomasę w różne postacie paliwa stałego, gazowego i ciekłego, które wykorzystywane są przez elektrownie bezpośrednio bez potrzeby dalszego przetwarzania.

Ze względu na to, że większość postaci biomasy zawiera duże ilości węglowodanów, można je zredukować do kilku różnych substancji chemicznych, będącymi źródłami paliwa.

Biooleje

Kukurydzę, trzcinę cukrowa, soję i inne rośliny można przekształcić w płynne paliwo i wykorzystać zamiast oleju napędowego i benzyny. Z restauracji często pozyskuje się oleje spożywcze, a następnie przetwarza na biodiesel.

Fermentacja, metan i alkohol

W procesach, w których nie spala się roślin konieczne jest ich ogrzanie w celu rozbicia struktury chemicznej rośliny i otrzymania substancji, które mogą występować w stanie stałym, gazowym i ciekłym. Niektóre z tych substancji można wykorzystać bezpośrednio, podczas gdy inne trzeba rozłożyć za pomocą innych metod rafinacji. Przykładowo, użycie metanu wymaga gazogeneratora biomasy do ekstrakcji metanu uwalnianego przez rośliny. Następnie wykorzystuje się go w formie gazowej do napędzania turbin produkujących energię elektryczną. Metan jest również przekształcany w paliwo wodorowe, które jest wykorzystywane do produkcji energii elektrycznej charakteryzującej się bardzo niską emisją zanieczyszczeń.

Biochemia, proces fermentacji

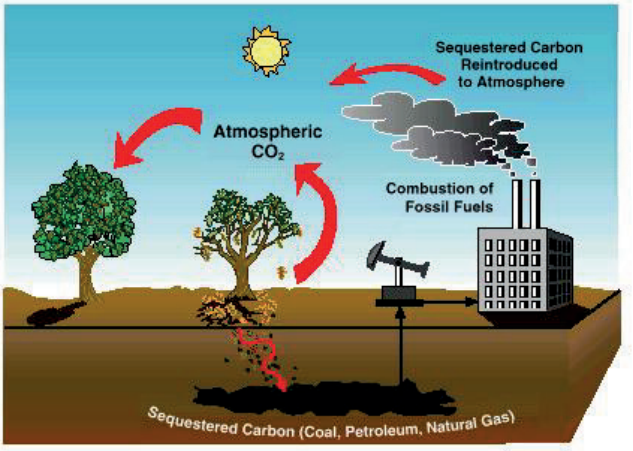
Choć może to brzmieć dziwnie, ponieważ fermentacja kojarzona jest głównie z produkcją alkoholu, piwa i wina, jest ona również jednym ze sposobów przekształcania bioenergii. To dzięki procesowi fermentacji kukurydzę przekształca się w alkohol zbożowy (etanol). Gaz wydzielany w trakcie tego procesu zwany metanem może zostać wykorzystany w produkcji energii elektrycznej.

4 Zalety i wady biomasy

4.1 Zalety

– Wykorzystywanie biomasy jako źródła energii pomaga zmniejszyć całkowitą produkcję gazów cieplarnianych. Dziś wiemy, że dotyczy to większości szybko rosnących roślin uprawnych (np. kukurydzy) i odpadów organicznych, ale niekoniecznie lasów.

- Wykorzystywanie biomasy może pomóc w zmniejszeniu ilości odpadów organicznych.
- Biomasa jest zawsze dostępna i może być wytwarzana jako źródło odnawialne.
- Paliwo z biomasy pochodzącej z odpadów rolniczych może być produktem wtórnym, który zwiększa wartość upraw rolnych.
- Rośliny uprawiane na biomasę zużywają dwutlenek węgla i produkują tlen.
- Dwutlenek węgla, który jest uwalniany podczas spalania paliwa z biomasy, jest pobierany przez rośliny.
- Zmniejszenie wydatków przeznaczonych na ropę.



Węgiel przywrócony do atmosfery.
Dwutlenek węgla w atmosferze.
Spalanie paliw kopalnych.
Węgiel pierwiastkowy (węgiel kamienny, ropa naftowa, gaz ziemny).

Simplified carbon cycle. *Unlike fossil fuels, biomass does not increase atmospheric green house gases when burned.*

Uproszczony obieg węgla w przyrodzie. *W przeciwieństwie do paliw kopalnych, podczas spalania biomasy nie dochodzi do zwiększenia zanieczyszczenia gazami*

4.2 Wady

- Jeśli nie będziemy uprawiać ziemi, zabraknie odpadów rolniczych.
- Konieczność wykonania dodatkowych prac, np. przy zbiorach.
- Ziemia wykorzystywana pod uprawy energetyczne mogłaby zostać przeznaczona na inne cele, takie jak rolnictwo, ochrona środowiska, mieszkalnictwo i rekreacja.
- Wykorzystując biomasę jako paliwo dochodzi do zanieczyszczenia powietrza w postaci tlenku węgla, NO_x (tlenki azotu), pyłu i innych zanieczyszczeń, w niektórych przypadkach na poziomach wyższych niż w przypadku tradycyjnych źródeł paliwa, takich jak węgiel lub gaz ziemny.
- Biomasa leśna często nie jest neutralna pod względem emisji CO_2, ponieważ ponowne narastanie drzew zajmuje dużo czasu.

5 Najnowsze informacje na temat biomasy

Wykorzystywanie biomasy za pomocą nowoczesnej technologii zamiast tradycyjnej różni się pod dwoma kluczowymi względami. Po pierwsze, źródło materii organicznej jest odnawialne, a po drugie, technologia wykorzystywana do uzyskiwania energii ogranicza emisje gazów spalinowych i przestrzega zasad postępowania z pozostałościami. Ponadto, wydajność konwersji jest wyższa, co prowadzi do mniejszego zużycia paliwa. W niektórych regionach, zwłaszcza w północnej Europie i niektórych rejonach Ameryki Północnej, stosuje się głównie nowoczesne technologie. W Finlandii, około 60% wytwarza się w przemyśle leśnym z ługu czarnego, kory, trocin i innych przemysłowych pozostałości drewna. W Szwecji, przemysł leśny odpowiedzialny jest za około 40% produkcji bioenergii z pozostałości takich jak kora, wióry, ług czarny i olej talowy. Podobna sytuacja ma miejsce w przemyśle etanolowym i cukrowniczym, który wykorzystuje wytłoki trzciny cukrowej i słomę na potrzeby własnych procesów i do produkcji energii.

Nowoczesne technologie wykorzystujące biomasę obejmują produkcję biopaliw ciekłych do napędzania samochodów i do produkcji ciepła w kotłach, kogenerację przemysłową i mieszkaniową, bio-rafinerie, w których produkuje się energię elektryczną i biopaliwa ciekłe oraz technologie grzewcze na pelet. Kogeneracja ciepła i energii elektrycznej (CHP) oznacza jednoczesną produkcję i wykorzystanie ciepła i/lub pary oraz energii elektrycznej. Kogeneracja, w szczególności połączona z siecią grzewczą i chłodniczą, stanowi ważną część strategii redukcji emisji gazów cieplarnianych ze względu na wyższą wydajność i mniejsze zapotrzebowanie na paliwa w porównaniu z systemami autonomicznymi. Produkcja energii elektrycznej może być zasilana biopaliwami stałymi, ciekłymi lub gazowymi, przy czym największa ilość bioenergii jest obecnie produkowana przy użyciu biopaliwa stałego.

5.1 Światowa Rada Energetyczna 2016 | Zasoby energii na świecie

Termochemiczna gazyfikacja biomasy jest procesem wysokotemperaturowym, w którym powstaje gaz opałowy. Po oczyszczeniu gaz opałowy ma wiele zastosowań i jest przyjazny dla środowiska. Proces gazyfikacji jest wykorzystywany do przekształcania biomasy (biomasy stałej i odpadowej) w gaz palny, który może być wykorzystywany do różnych celów. Typowym surowcem wykorzystywanym do zgazowania jest biomasa celulozowa, taka jak wióry drzewne, pelet lub pył drzewny, bądź rolnicze produkty uboczne, takie jak słoma lub łuski.

Pelety to kolejna forma nowoczesnego źródła bioenergii. Pelet jest terminem odnoszącym się do małej cząstki o kształcie cylindrycznym, wytwarzanej przez prasowanie surowca. Obecnie pelety produkowane są głównie z pozostałości drewna, choć zwiększa się ilość peletów wytwarzanych z produktów ubocznych pochodzenia rolniczego, takich jak słoma, łuski nasion słonecznika, liście i łodygi kukurydzy, itp. Kluczową zaletą peletów w porównaniu z biomasą nieprzetworzoną jest

wysoka gęstość i wysoka zawartość energetyczna na jednostkę objętości, co jest wygodne w przypadku transportu na duże odległości. Największe zakłady produkcji peletu rozmieszczone są w 21 krajach, a większość z nich znajduje się w Ameryce Północnej i Europie. Łączna roczna zdolność produkcyjna tych zakładów, biorąc pod uwagę również zakłady w stadium budowy lub planowane zakłady, prawdopodobnie przekroczy 42 mln ton. Produkcja w 2014 roku wyniosła 27 mln ton, z czego 97% miało miejsce w Ameryce Północnej i Europie. W tych regionach bioenergia jest często zintegrowana z przemysłem celulozowo-papierniczym. Pelety drzewne są wykorzystywane do ogrzewania budynków mieszkalnych (szczególnie we Włoszech, Niemczech i Austrii), w ciepłownictwie (np. w Szwecji, Danii i Finlandii) i energetyce na dużą skalę (np. w Belgii, Holandii i Wielkiej Brytanii).

Inne nowoczesne zakłady wykorzystują rośliny uprawne, drzewa lub inne szybko rosnące rośliny energetyczne i pozostałości leśne pozyskane w zrównoważony sposób. W niektórych regionach zakłady wykorzystujące biomasę mają połączoną technologię wytwarzania ciepła i energii, aby zwiększyć całkowitą efektywność energetyczną produkcji energii i efektywnie wykorzystywać zarówno energię elektryczną wytwarzaną w procesie spalania biomasy, jak i ciepło odpadowe, którego emisja w przeciwnym razie byłaby zmarnowana.

By zużyć ciepło wyprodukowane w takim zakładzie potrzebny jest lokalny klient, na przykład zakład przemysłowy zużywający znaczne ilości ciepła lub pary, lub dostęp do lokalnej sieci ciepłowniczej, dzięki której użytkownicy domowi mogą ogrzać pomieszczenia i wodę na swój użytek.

Obecnie w krajach rozwijających się i krajach, w których przeważają obszary wiejskie biomasę wykorzystuje się głównie do produkcji ciepła. Około 90% bioenergii zużywa się w tradycyjny sposób. Szacuje się, że podaż energii pierwotnej w postaci biomasy leśnej na całym świecie wynosi około 56 EJ, co oznacza, że biomasa jest źródłem ponad 10% całkowitej energii dostarczanej w ciągu roku. Biomasa drzewna dostarcza około 90% energii pierwotnej pozyskiwanej rocznie ze wszystkich form biomasy.

6 Studium przypadku

6.1 Ciepłownia na biomasę w Roves Farm

Zaopatrywane przez T H White Energy, Fire and Security gospodarstwo Roves Farm, jedno z najpopularniejszych miejsc na rodzinny wypad w Wiltshire, rozbudowało swoje centrum dla odwiedzających je rodzin o nową część ogrzewaną kotłami na biomasę HDG 2 × 200kw.

Roves Farm (www.rovesfarm.co.uk) to rodzinny biznes. W gospodarstwie o powierzchni 166 hektarów znajduje się żywy inwentarz i grunty orne oraz prężnie rozwijające się Visitor Centre (działający od 22 lat), dzięki któremu goście w każdym wieku mogą cieszyć się zabawą i przygodą w prawdziwym gospodarstwie.

W nowym systemie grzewczym biomasa wykorzystywana jest do ogrzewania budynku gospodarczego, budynku Visitor Centre i dwóch budynków mieszkalnych. System ten jest gotowy do ogrzewania innych budynków w późniejszych latach.

Roves Farm od wielu lat ogrzewa swoje budynki biomasą, a nowy system, w którym wykorzystywane będą własne zrębki drzewne, będzie jednym z najbardziej zrównoważonych systemów ogrzewania niskoemisyjnego w regionie.

6.2 Zakłady przetwórstwa biomasy Bułgaria

W ubiegłym roku w Bułgarii gwałtownie wzrosła produkcja energii z biomasy. Według danych opublikowanych na stronie Operatora Systemu Elektroenergetycznego, ilość wytworzonej energii elektrycznej w pierwszych dziewięciu miesiącach 2014 roku wzrosła o 849,53%.

Największy zakład o mocy 4,99 MW, Green Forrest Project, znajduje się w pobliżu Bella Bulgaria w miejscowości Kostievo w Płowdiwie. Według rejestru ASW został oddany do użytku w sierpniu 2013 roku. Zakład znajduje się obok zakładu przetwórstwa mięsnego Bella i oprócz energii elektrycznej wytwarza również ciepło na potrzeby przedsiębiorstwa. Zgodnie z publikacjami w prasie Green Forrest ma również zakład o mocy 1487 kW w pobliżu wioski Saedinenie w Płowdiwie, który został uruchomiony w maju tego roku. Wytwarza on energię elektryczną z kiszonki kukurydzy, która ma najwyższą wartość energetyczną, do produkcji biogazu w technologii fermentacji beztlenowej. W czerwcu 2014 roku rozpoczął działalność zakład „Biona Gas" niedaleko Płowdiwia o mocy 1,5 MW. Wykorzystuje się w nim kiszonkę z kukurydzy i obornik z pobliskiej hodowli krów.

Kolejny zakład o mocy 0,999 MW znajduje się w pobliżu Bałcziku. Został uruchamiany w 2013 roku. Również spala się w nim kiszonkę. Natomiast w Suhodol znajduje się zakład należący do władz miejskich Sofii o mocy 0,8 MW. Wykorzystuje się w nim gaz ze składowiska odpadów. Jedna z elektrowni w Pazardżiku została wybudowana, by zasilać należące do tamtejszego przedsiębiorstwa szklarnie pochodzącymi z nich odpadami. Ma ona moc 0,495 MW.

6.3 Copys Green Farm, Norfolk

W Copys Green Farm w Norfolk znajduje się jedna z niewielu beztlenowych komór fermentacyjnych w kraju. Do zakładu trafia obornik i kiszonka z gospodarstwa mlecznego Stephen Temple oraz serwatka z jego przedsiębiorstwa produkującego sery, z których wytwarza się biogaz, który można wykorzystać do produkcji ciepła i elektryczności. Dzięki sprzedaży nadwyżki energii do sieci, wykorzystywaniu produktu

pofermentacyjnego jako darmowego nawozu i znacznie obniżonym kosztom usuwania obornika, kiszonki i serwatki, inwestycja ta okazała się bardzo trafiona. W tym studium przypadku gdy zostanie uruchomiony system kogeneracji ciepła i energii elektrycznej, wytworzy on około 130 kW energii elektrycznej na sprzedaż do sieci, plus pokryje własne wymagania, i wyprodukuje wystarczającą ilość ciepła, aby zastąpić kotły na zrębki, które będą w stanie czuwania.

Koszty projektu wyniosły około 750 000 funtów, przy przewidywanym 8-letnim okresie zwrotu.

Zwrot ze sprzedaży energii elektrycznej i korzyści z braku konieczności zakupu energii elektrycznej są znaczące. Ciepło jest dostępne do użytku w gospodarstwie, a rozprowadzanie pofermentacyjnych substancji stałych zmniejsza koszty nawozów, a także poprawia żyzność i wartość gruntów rolnych. Korzyści odniesie również środowisko, zwłaszcza, że ograniczy się potencjalne zanieczyszczenie odchodów zwierzęcych.

6.4 Stefan Nordmyr Family Farm and Greenhouses

Rodzinne gospodarstwo rolne w Narpio w Finlandii uprawia pomidory i ogórki w dwóch dużych, długich szklarniach ogrzewanych całkowicie biomasą, spalając wióry drzewne i torf w modułowym systemie kotłowym o mocy cieplnej 3 MW (10 MMBtu/godz).

Kotłownia na farmie została skonstruowana przez firmę Nakkila i przybyła w dwóch częściach – górnej i dolnej części instalacji grzewczej wraz z obudową, w której znajduje się kocioł. Rolnicy musieli tylko położyć betonową płytę i postawić prosty budynek do przechowywania paliwa.

„Budowa całego systemu zajęła nam jedynie sześć miesięcy."

Duże szklarnie tego typu mają nierówne zapotrzebowanie na ciepło, mniejsze w ciągu dnia i znacznie większe w zimne noce. Dlatego ciepłownia Nordmyr posiada również zbiornik akumulacyjny, który stoi na zewnątrz budynku magazynowego.

Izolowany zbiornik wygląda jak mały silos. Odbiera podgrzaną wodę z kotła i przesyła ją do szklarni w regulowanych przepływach, aby zaspokoić zmienne zapotrzebowanie.

System ogrzewa powierzchnię 15 000 metrów kwadratowych. Całkowity koszt systemu, w tym koszt budowy fundamentów i magazynu paliwa, wyniósł 1,4 mln EUR, czyli 1,8 mln USD.

W praktyce okazało się, że torf, choć jest tańszym paliwem, jest gorszy w użytkowaniu niż wióry drzewne.

7 Bibliografia

- Mustafa Balat Besikduzu, Trabzon, Turkey & Günhan Ayar. Besikduzu, Trabzon, Turkey Biomass Energy in the World, Use of Biomass and Potential Trends. s. 931–940. Otrzymano 02.10.2003, Zaakceptowano 05.11.2003, Publikacja online: 17.08.2006. Czasopismo, Tom 27, 2005 – Wyd. 10.
- World Energy Resources Bioenergy | 2016.
- Światowa Rada Energetyczna 2018.
- Bioenergy conversion technologies. FAO.
- Kar, T., S.Keles. 2016. Environmental impacts of biomass combustion for heating and electricity generation. Journal of Engineering Research and Applied Science, Tom 5 (2), grudzień 2016, s. 458–465.
- http://www.esru.strath.ac.uk/EandE/Web_sites/03-04/biomass/background%20info4.html
- https://www.eia.gov/energyexplained/index.cfm?page=biomass_home
- https://www.reenergyholdings.com/renewable-energy/what-is-biomass/
- http://www.alternative-energy-news.info/woody-biomass-resources/
- www.rovesfarm.co.uk
- http://www.spaceteacher.org/Biomass/biomass_theory.html
- https://www.capital.bg/biznes/kompanii/2014/10/22/2405000_raboteshtite_centrali_na_biomasa_sa_pod_deset/

ODNAWIALNE ŹRÓDŁA ENERGII W ROLNICTWIE

Rok wydania: 2019

Nakład: 200 egz.

Wsparcie Komisji Europejskiej dla produkcji tej publikacji nie stanowi poparcia dla treści, które odzwierciedlają jedynie poglądy autorów, a Komisja nie może zostać pociągnięta do odpowiedzialności za jakiekolwiek wykorzystanie informacji w niej zawartych.

ЗЕМЕДЕЛСКИ ИНСТИТУТ
СТАРА ЗАГОРА