टिप्पणी

# 30

# नवीकरणीय ऊर्जा के स्त्रोत-II

पिछले पाठ में आपने कुछ महत्वपूर्ण गैर परंपरागत या नवीकरणीय ऊर्जा स्त्रोतों के बारे में पढ़ा जैसे सौर ऊर्जा, पवन ऊर्जा, पन बिजली ऊर्जा, बायोमास एवं हाइड्रोजन आदि। लेकिन अब बायोमास, भूतापीय ऊर्जा एवं हाइड्रोजन, वैकल्पिक ऊर्जा के वृहत् संसाधन के रूप में उभर कर सामने आ रहे हैं और इनकी ओर लोगों का ध्यान तेजी से आकर्षित हो रहा है। ये ऊर्जा स्त्रोत नवीकरणीय हैं क्योंकि ये कुछ ही समय में पुनरुत्पादित किए जा सकते हैं। इसके अलावा इन ऊर्जा स्त्रोतों को बिना पर्यावरण को हानि पहुंचाए इस्तेमाल किया जा सकता है एवं ये एक वास्तविक स्थाई ऊर्जा नीति विकसित करने का मौका देते हैं। इन्हीं कारणों से नवीकरणीय ऊर्जा स्त्रोतों की ओर लोगों की रुचि काफी बढ़ी है। इस अध्याय में नवीकरणीय ऊर्जा संसाधनों के बारे में बताया जा रहा है।

## उद्देश्य

इस पाठ के अध्ययन के समापन के पश्चात आप:

- बायोमास को परिभाषित कर सकेंगे एवं बायोगैस सहित इसके सभी उपयोगों का वर्णन कर सकेंगे;
- *बायोईंधन (एथेनॉल, बायोडीजल/पेट्रोक्रॉप) आदि की अवधारणा को वर्णन कर सकेंगे एवं उनके उपयोगों को सूचीबद्ध कर सकेंगे;*
- *भूतापीय ऊर्जा का वर्णन कर सकेंगे;*
- *हाइड्रोजन ऊर्जा एवं उसके उपयोगों का वर्णन कर सकेंगे;*
- *ईंधन सेल के वैकल्पिक स्त्रोतों की सीमाओं का विवरण दे सकेंगे तथा;*
- *भारत में नवीकरणीय ऊर्जा कार्यक्रमों का विकास किन क्षेत्रों में अधिक हो रहा है, यह बता सकेंगे।*

## 30.1 बायोमास

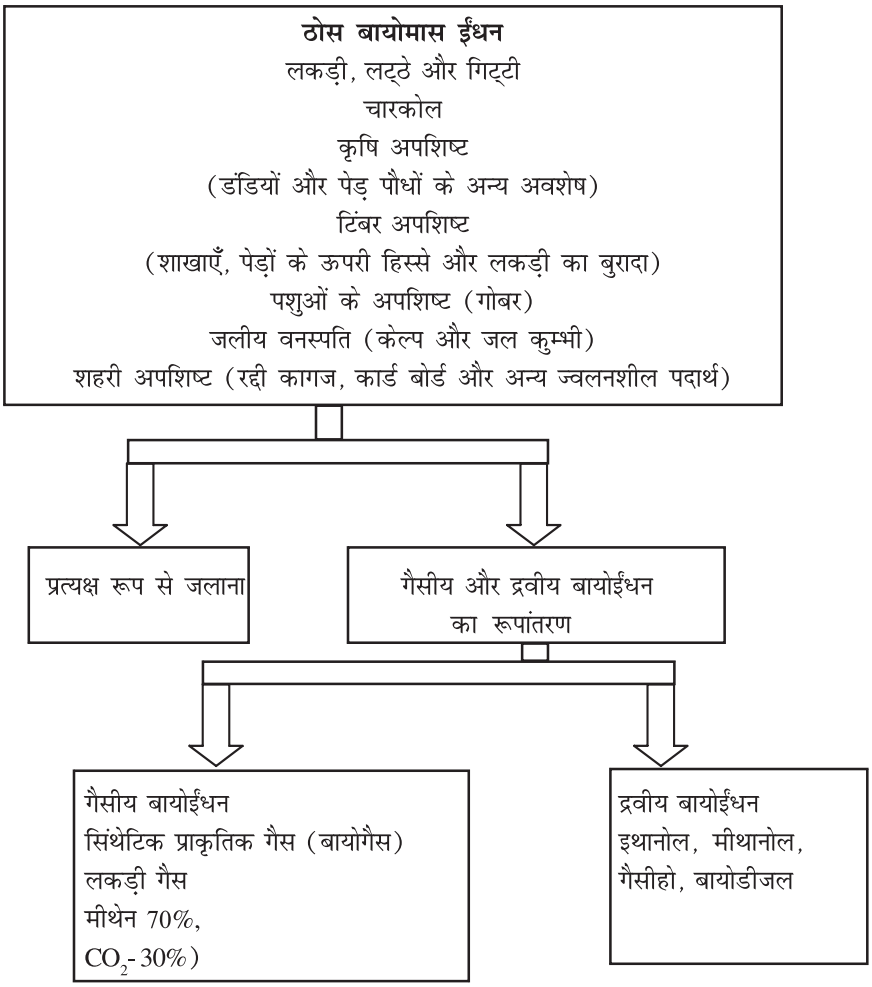
बायोमास ऊर्जा (Biomass energy), मानव द्वारा इस्तेमाल किया जाने वाला प्राचीनतम ईंधन है। हमारे पूर्वज लकड़ियों को जलाकर गुफाओं को गर्म रखते थे। बायोमास एक नवीकरणीय ऊर्जा स्त्रोत

है जो वनस्पतियों एवं पशुओं के अपशिष्ट से बनता है। बायोमास से ऊर्जा का उत्सर्जन (बायोमास परिवर्तन) प्रकाश संश्लेषण के दौरान बने जैविक परमाणुओं के रासायनिक बंधों के टूटने या जलने से होता है। इस प्रकार बायोमास सौर ऊर्जा के अप्रत्यक्ष रूप को दर्शाता है। बायोमास ईंधनों का प्रयोग प्रत्यक्ष रूप से होता है अथवा उन्हें और भी सरल रूप में बदलकर तब इस्तेमाल किया जा सकता है।

विश्व में दस लाख से अधिक लोग अभी भी खाना पकाने के लिए लकड़ी को ही ईंधन या ऊर्जा के प्राथमिक स्त्रोत के रूप में इस्तेमाल कर रहे हैं।

### 30.1.1 बायोमास के स्त्रोत

यह विभिन्न स्त्रोतों द्वारा पाया जाता है, जिसमें लकड़ी उद्योग के सह-उत्पाद, कृषि की फसलें एवं उनके सह-उत्पाद, वनों से प्राप्त कच्चा माल, घरेलू कचरों का एक बड़ा हिस्सा एवं लकड़ी आदि प्रमुख रूप से शामिल हैं।




*चित्र 30.1: बायोमास के मुख्य प्रकार*

टिप्पणी

- बायोमास को सीधे जलाकर खाना पकाने, तापन प्रक्रिया, प्रकाश व्यवस्था, वाष्प उत्पादन, उद्योगों में विद्युत प्रदान करने के लिए इस्तेमाल किया जाता है।
- बायोमास का प्रयोग गैसीय ईंधन बनाने के लिए किया जा सकता है (इस प्रक्रिया को गैसीफिकेशन (Gasification) कहते हैं)
- आसवन (Distillation) द्वारा बायोमास को एल्कोहल में भी परिवर्तित किया जा सकता है जिसे तरल बायोईंधन कहा जाता है।

मीथेन और बायोगैस भूमि भराव (Land fill) क्षेत्र में पड़े शहरी कचरे से तथा अपशिष्ट जल शोधन संयंत्र (Waste water treatment plant) में मिलने वाले सीवेज के द्वारा उत्पादित की जा सकती है। कुछ सुविधाओं में, जीव जन्तुओं से मिलने वाली खाद एवं अन्य जैविक अपशिष्ट, अतिसूक्ष्म जीवों द्वारा, विशेष रूप से बनाए गए पाचक कक्ष (डाइजेशन चैंबरों) में मीथेन बनाने के लिए परिवर्तित किया जाता है। मीथेन को जलाने से विद्युत उत्पन्न होती है जो ईंधन कोष्ठिका में प्रयोग की जाती है या जिनका प्रयोग वाहनों में ईंधन के रूप में होता है। चीनी मिलों में बनने वाले शीरा/चाशनी को खमीरीकृत करके एथेनॉल बनाया जाता है जिसे वाहनों में प्रयोग किया जाता है।

करीब आधा किलो सूखे हुए पादप ऊतकों से 1890 किलो कैलोरी ताप उत्पादित हो सकता है जो 1/4 किलोग्राम कोयले से निकले ताप के बराबर होता है।

### 30.1.2 बायोमास के उपयोग

- आधुनिक अनुप्रयोगों में इसके उपयोग से अधिक बायोमास का पारंपरिक उपयोग किया जाता है। आज के विकसित विश्व में बायोमास एक बार फिर से महत्वपूर्ण होता जा रहा है और मिश्रित ताप तथा विद्युत उत्पादन जैसे क्षेत्रों में इसका प्रयोग बढ़ रहा है।
- इसके साथ-साथ, बायोमास ऊर्जा एक विशुद्ध ताप के स्त्रोत के रूप में भी अहम् स्थान प्राप्त कर रही है जिसका प्रयोग घरेलू तापन एवं सामुदायिक तापन प्रणालियों में किया जा रहा है। वास्तव में फिनलैंड, यूएसए एवं स्वीडन जैसे देशों में बायोमास ऊर्जा का उपयोग दिन पर दिन बढ़ता ही जा रहा है। भारत में, पूरे देश में इस्तेमाल होने वाले कुल ईंधन का यह करीब एक तिहाई हिस्से पर अधिकार रखती है और यह करीब 90 प्रतिशत ग्रामीण घरों में ईंधन के रूप में इस्तेमाल हो रही है।
- खुले बायोमास को सीधे जलाने की अपेक्षा, यह अधिक प्रायोगिक है कि इन्हें ब्रिकेटों (Briquettes) में संकुचित करके (चुने हुए प्रकार के खंडों में संकुचित करना) इनकी उपयोगिता को बढ़ाना और इनके उपयोग को सहज बनाना। इस तरह का बायोमास जो बायोमास ब्रिकेट के रूप में होता है, का प्रयोग ईंधन के रूप में कोयले के स्थान पर, पारंपरिक चूल्हों या भट्टियों या गैसीफायर में किया जा सकता है। एक गैसीफायर ठोस ईंधन को अधिक सहजता से इस्तेमाल होने वाले गैसीय ईंधन जिसे उत्पादक गैस (Producer gas) कहा जाता है, में परिवर्तित करता है।

**ऊर्जा का रूप:** रासायनिक ऊर्जा

**यह ऊर्जा उपयोग की जाती है:** खाना पकाने, यांत्रिक अनुप्रयोगों पंपिंग, विद्युत उत्पादनों, परिवहन में।

**कुछ गैजेट्स (gadgets) एवं अन्य उपकरण:** बायोगैस प्लांट/गैसीफायर/बर्नर, गैसीफायर इंजन पंपसैट, स्टर्लिंग इंजन पंपसैट, उत्पादक गैस/बायोगैस आधारित इंजन जनरेटर सैट, एथेनॉल/मेथेनॉल।

### 30.1.3 बायोमास ऊर्जा के लाभ

बायोमास को जलाने से वायुमंडल में कार्बन डाइऑक्साइड की मात्रा नहीं बढ़ जाती है, इसका कारण प्रारंभिक अवस्था में बायोमास वायुमंडलीय कार्बनडाइऑक्साइड से ही बनी थी और इतने ही परिमाण की कार्बन डाइऑक्साइड जलने पर उत्सर्जित हो जाती है। बायोमास ऊर्जा का कोयला, तेल एवं प्राकृतिक गैस के बाद दुनियाभर में एक महत्वपूर्ण ईंधन भी है।

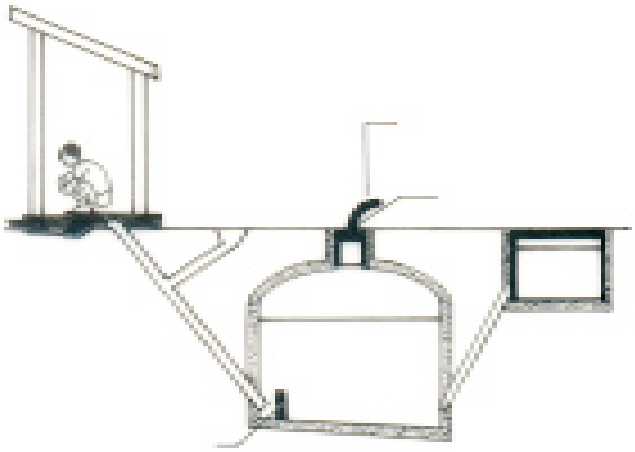
बायोमास नवीकरणीय है और यह कुल $CO_2$ उत्सर्जन से मुक्त है तथा यह पृथ्वी पर जलावन लकड़ी, कृषि अवशेष, मवेशियों के गोबर, शहरी कचरा आदि के रूप में प्रचुर मात्रा में उपलब्ध है। बायोगैस के रूप में बायो ऊर्जा का जो बायोमास से ही मिलती है, वैश्विक दीर्घोपयोगी विकास के लिए एक प्रमुख ऊर्जा स्त्रोत के रूप में विकसित होने की संभावना बढ़ी है।

### 30.1.4 बायोईंधन के रूप में खोई (बगैस)

भारतीय चीनी मिलों में जो **खोई (Bagasse)** निकलती है, यह गन्ने से रस के निकलने के बाद बचे सूखे हुए पदार्थ को कहा जाता है। इन्हें आजकल विद्युत उत्पादन के लिए बड़े पैमाने पर इस्तेमाल किया जा रहा है। ऐसा करने के पीछे वातावरण को स्वच्छ रखना, पॉवर की कीमत में कमी लाना और अतिरिक्त राजस्व अर्जित करना आदि बातें शामिल हैं। वर्तमान अनुमान के आधार पर, करीब 3500 मेगावाट ऊर्जा, खोई से पैदा की जा सकती है, जो देश में स्थित 430 चीनी मिलों से निकलती है। करीब 270 मेगावॉट पॉवर पैदा होने लगी है और अन्य प्लांट निर्माणाधीन हैं।

#### बायोगैस प्लांट

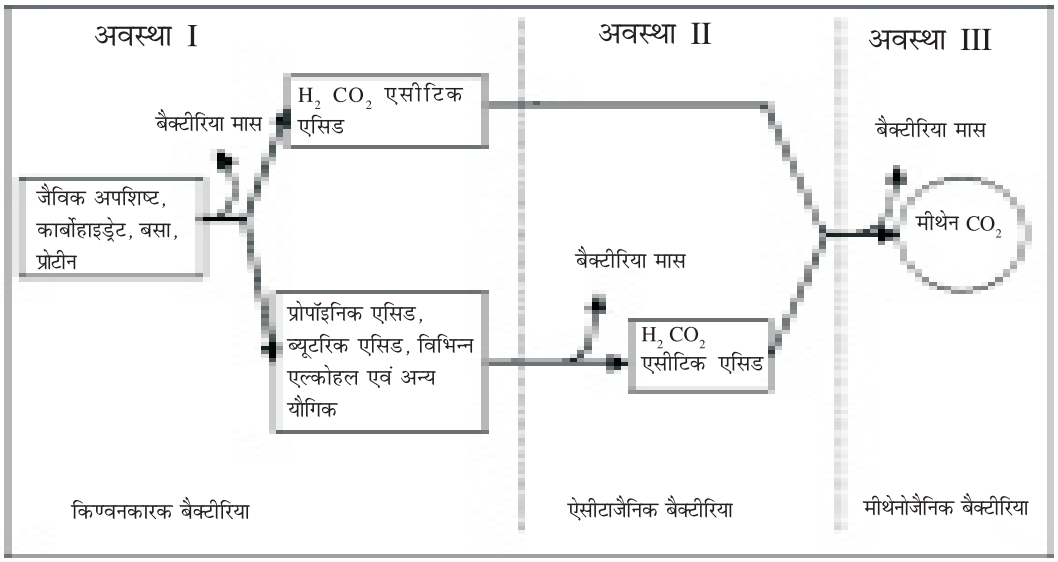
बायोगेस प्लांट के दो घटक होते हैं: एक संपाचित्र (Digester या खमीरण टैंक) एवं एक गैस एकत्र करने का चैंबर। संपाचित्र एक घन (cube) के आकार का या सिलिंडर के आकार का वॉटरप्रूफ कंटेनर होता है जिसमें एक इनलेट होता है जिसमें खमीरीकृत मिश्रण को तरल घोल के रूप में भेजा जाता है। गैस एकत्र करने वाला चैंबर आम तौर पर एक स्टील का कंटेनर होता है जो खमीरीकृत मिश्रण पर बॉल की तरह तैरने के साथ ही वायु को संपाचित्र तक जाने से रोकता है (अवायवीय जैव क्रिया, Anaerobiosis) एवं उत्पन्न गैस को संग्रह करता है। सामान्य रूप से इस्तेमाल होने वाली डिजाइनों में से एक में, गैस चैंबर में गैस आउटलेट लगा होता है जबकि संपाचित्र में एक ओवरफ्लो पाइप लगा होता है जिससे गाढ़े कीचड़ को नाली या गड्ढे तक भेजा जा सके।



*चित्र 30.2: बायोगैस प्लांट*

कोई भी जैव निम्नीकृत (जिसे बैक्टीरिया द्वारा विघटित किया जा सकता है) पदार्थ अवायुवीय अर्थात् वायु के बिना या (ऑक्सीजन के बिना) खमीरीकृत किया जा सकता है। यह मीथेन उत्पन्न करने वाले (मीथानोजेनिक) बैक्टीरिया द्वारा हो पाता है। गोबर या मल को इकट्ठा किया जाता है और एक बायोगैस संपाचित्र में या एक किण्वक (एक बड़ा पात्र जिसमें खमीकरण हो सके) में रखा जाता है। मीथानोजेनिक बैक्टीरिया ($CH_4$ उत्पादनकारी बैक्टीरिया) की उपस्थिति में रासायनिक क्रियाओं की एक सीरीज चलती है जो अंततः $CH_4$ और $CO_2$ उत्पादित करती है।

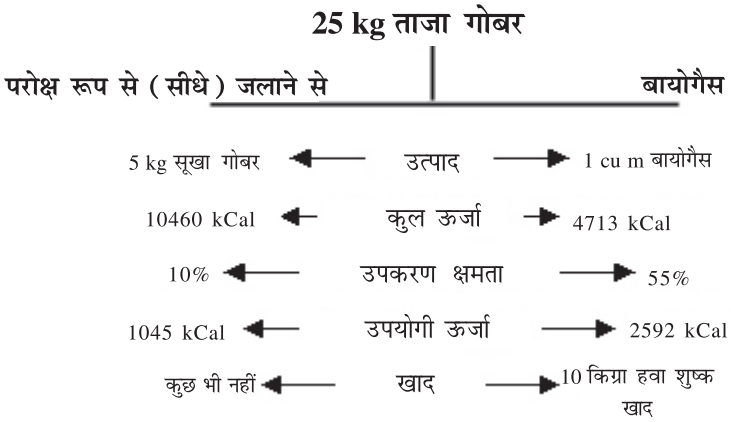
मीथानोजेनेसिस एक सूक्ष्मजीवीय प्रक्रिया है, जिसमें कई जटिल एवं विभिन्न प्रकार से मिलने वाली प्रजातियां शामिल होती हैं। लेकिन मुख्य रूप से मीथेन उत्पन्न करने वाले बैक्टीरिया ही होते हैं। बायोगैस प्रक्रिया नीचे चित्र 30.3 में दिखाई गई है। इसमें तीन चरण होते हैं, हाइड्रोलिसिस, एसिडिफिकेशन एवं मीथेन फॉर्मेशन अर्थात् जल अपघटन, अम्लीकरण तथा मीथेन निर्माण।




*चित्र 30.3: मीथानोजेनेसिस की प्रक्रिया (GTZ, 1999 के बाद)*

### 30.1.5 भारत में बायोगैस की संभावनाऐं

भारतवर्ष में, सत्तर के दशक के मध्य से ही बड़े पैमाने पर बड़े बायोगैस संयंत्रों का प्रचार प्रारंभ हो गया था एवं यह प्रक्रिया NPBD (National Project on Biogas Development) अर्थात् नेशनल प्रोजेक्ट ऑन बॉयोगैस डेवलपमेंट के 1981 में स्थापित होने के साथ ही मजबूत हो गई। 12 मिलियन बायोगैस संयंत्रों का एक संभावित अनुमान है जिसके आधार पर 2.9 मिलियन परिवार एवं 2700 समुदाय, संस्थान एवं मल आधारित संयंत्र 1999 दिसंबर तक स्थापित कर लिए गए थे। इससे ऐसा अनुमान है कि करीब 3 मिलियन टन प्रतिवर्ष जलावन ईंधन की लकड़ी की बचत हुई और साथ ही 0.7 मिलियन टन के यूरिया के बराबर नाइट्रोजनयुक्त खाद तैयार हुई।




*चित्र 30.4: ताजे गोबर से मिलने वाली ऊर्जा*

परन्तु, देश में उपलब्ध कुल गोबर के अनुसार, यह संभावना और अधिक होनी चाहिए। भारत में गो प्रजाति के पशुओं की जनसंख्या 260 मिलियन के लगभग है। एक वयस्क, गो प्रजाति का पशु औसत 10 किलो गोबर प्रतिदिन उत्पन्न करता है। यदि यह माना जाए कि 75 प्रतिशत गोबर जमा कर लिया जाता है तो करीब 2 मिलियन टन गोबर प्रतिदिन उपलब्ध होगा। यह गोबर 40 मिलियन बायोगैस संयंत्रों की आपूर्ति कर सकेगा जो बायोगैस तकनीक की अंतिम संभावना है।

लेकिन यह उच्च संभावना वाली बायोगैस भी पशुओं के गोबर पर ही निर्भर है। किंतु सभी जैविक पदार्थों को तकनीकी रूप से इस्तेमाल करके मीथेन पैदा की जा सकती है। यदि देश में हो रहे वैज्ञानिक परीक्षण जो वैकल्पिक फीडस्टॉक का विकास करते हैं (जैसे जलीय वनस्पति (जलकुम्भी), रसोईघर का कचरा तथा मुर्गीपालन क्षेत्र का कचरा) यदि सफल हो जाते हैं तो बायोगैस बनाने की संभावनाऐं वास्तव में असीमित हो जाऐंगी। इस संदर्भ में यह बताया जा सकता है कि मानव अपशिष्ट, बायोगैस के लिए एक उत्तम स्त्रोत है जो इसकी संभावना को निश्चित रूप से बढ़ा सकता है। इतनी उच्च संभावनाओं के होते हुए जिनका प्रयोग विद्युत उत्पादन में भी हो सकता है, बायोगैस की भागीदारी लघु उद्योगों में भी हो सकती है। इस प्रकार ग्रामीण क्षेत्रों की तथा कृषि के विकास में भी हो सकता है। इस प्रकार ग्रामीण क्षेत्रों की संपूर्ण प्रगति में बढ़ोत्तरी होगी।

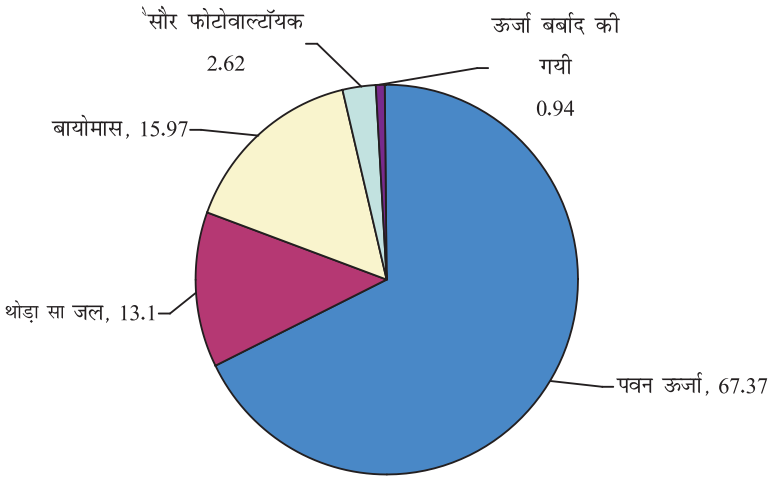
टिप्पणी

**राष्ट्रपति भवन में बायोगैस**

''गोइंग ग्रीन (Going green)'' की शुरुआत सबसे ऊपर से हुई और राजधानी में राष्ट्रपति भवन इसमें अग्रणी है। एक पूरे ऑडिटोरियम को सौर ऊर्जा से प्रकाशित करने के अलावा राष्ट्रपति भवन के राष्ट्रपति के अंगरक्षकों की रसोई में खाना पकाने के लिए गाय के गोबर से बनी बायोगैस का इस्तेमाल भी किया जा रहा है।

### 30.1.6 पेट्रोक्रॉप ( Petro crop )

कई हजारों वर्षों से पेट्रोलियम तथा लकड़ी मुख्य ऊर्जा स्त्रोत के रूप में इस्तेमाल किए जा रहे हैं किंतु इनका इतना अधिक दोहन हो रहा है कि ये समाप्त होने की कगार पर हैं और इन्हें जल्दी से पुनरुत्पादित भी नहीं किया जा सकता है। यह एक चिंता का विषय है। अत: ऐसे ऊर्जा स्त्रोतों की आवश्यकता है जो पुनरुत्पादित किए जा सकें। हाल ही में हुए शोधों से यह बात सामने आई है कि वे वनस्पति जो हाइड्रोकार्बन उत्पादित करते हैं, वैकल्पिक ऊर्जा का स्त्रोत हो सकते हैं, जो अक्षय हैं एवं द्रव ईंधन के रूप में आदर्श भी हैं। ये पेड़-पौधे या वनस्पति ही पेट्रोप्लांट/पेट्रोक्रॉप कहलाते हैं जिन्हें ऐसी जमीन पर उगाया जा सकता है जो खेती के लिए योग्य नहीं है एवं जो वन से ढकी नहीं हैं।




*चित्र 30.5: भारत में गैर परंपरागत ऊर्जा स्त्रोतों का उपयोग*

बायो ऊर्जा उत्पादन के क्षेत्र में सबसे कठिन चरण है, उन वनस्पतियों की प्रजाति का चयन करना जो ऐसे पदार्थ उत्पन्न करते हैं जिनसे उपयोगी उत्पाद आर्थिक रूप से व्यवहार्य तरीके से निकाले जा सकते हैं। एसलपीडिऐसी (Asclepiadaceae), एस्टेरेसी (Asteraceae), एनाकार्डिएसी (Anacardiaceae), यूफोर्बबिएसी (Euphorbiaceae), कानवोलबुलेसी (Convolvulaceae), केप्रीफोलिएसी (Caprifoliaceae), लेमिऐसी (Lamiaceae), एवं मौरेसी (Moraceae) आदि कुछ ऐसे कुल (Family) हैं जिनमें अधिकतर पेट्रोक्रॉप शामिल होती हैं। *जट्रोफा करकस* (Jatropha curcas) एक महत्वपूर्ण पेट्रोक्रॉप है। (चित्र 30.6)

*चित्र 30.6: जट्रोफा करकस*

लेटेक्स को एकत्र करके इससे बायोक्रूड (Bio crude) निकाला जाता है, इसके बाद इसको जमाया जाता है या स्कंदित (coagulate) किया जाता है अथवा जिनमें से लेटेक्स एकत्रीकरण संभव नहीं होता है वहाँ एक सही सॉल्वेंट की मदद से सूखे बायोमास को निकाला जाता है। बायोक्रूड तरल टरपीनोइड्स (terpenoids), ट्राइग्लिसराइड्स (triglycerides), फाइटोस्टीरियोल्स वेक्स (phytosterols waxes) एवं अन्य संशोधित आइसोप्रीनाईड (isoprenoid) यौगिक का एक जटिल मिश्रण होता है। इसे तरल ईंधन की तरह इस्तेमाल करने के लिए उत्प्रेरण के रूप में विकसित किया जाता है। बायोक्रूड की हाइड्रो क्रैकिंग (Hydro cracking) करने से यह कई उपयोगी उत्पादों जैसे गैसोलीन (वाहनों का ईंधन), गैस तेल तथा केरोसीन में परिवर्तित हो जाता है। कुछ संभावित पेट्रोक्रॉप प्रजातियां हैं:

| ***पादप प्रजातियां*** | ***परिवार*** |
|---|---|
| केलोट्रोपिस प्रोसेरा *(Calotropis procera)* | एसलपीडियेसी (Asclepiadaceae) |
| केलोट्रोपिस गिगन्टिया *(Calotropis gigantea)* | एसलपीडियेसी (Asclepiadaceae) |
| क्रिप्टोस्टेजिया ग्रांडीफ्लोरा *(Cryptostegia grandiflora)* | एसलपीडियेसी (Asclepiadaceae) |
| एस्क्लेपियस करास्वेका *(Asclepias curassavica)* | एसलपीडियेसी (Asclepiadaceae) |
| यूफर्बिया एंटीसिफिलिटिका *(Euphorbia antisyphilitica)* | यूफोर्बियेसी (Euphorbiaceae) |
| यूफार्बिया केडुसिफोलिया *(Euphorbia caducifolia)* | यूफोर्बियेसी (Euphorbiaceae) |
| पेडिलैन्थस टिथिमेलोइडस *(Pedilanthus tithymaloides)* | यूफोर्बियेसी (Euphorbiaceae) |
| जट्रोफा करकस *(Jatropa curcas)* | यूफोर्बियेसी (Euphorbiaceae) |
| पिट्टोस्पोरम रेजिनिफेरम *(Pittosporum resiniferum)* | पिट्टोस्पोरेसी (Pittosporaceae) |
| कोपेइफेरा लॉग्सडोरफी *(Copaifera longsdorfii)* | फेबेऐसी (Fabaceae) |
| पार्थेनियम अर्जेन्टेटम *(Parthenium argentatum)* | एस्टेरेसी (Asteraceae) |
| सिम्मोनडसिया चाइनेसिस *(Simmondsia chinensis)* | सिम्मोनडसिंयासी (Simmondsiaceae) |

टिप्पणी

## पाठगत प्रश्न 30.1

1. बायोमास की परिभाषा दीजिए एवं बायोमास के विभिन्न स्त्रोतों को सूचीबद्ध कीजिए।

   ---

2. बायोमास रूपांतरण क्या है?

   ---

3. बायोमास को सौर ऊर्जा का अप्रत्यक्ष रूप क्यों माना जाता है?

   ---

4. बायोमास ईंधन इस्तेमाल करने के दो लाभ बताइए।

   ---

5. पेट्रोक्रॉप क्या है? इस प्रकार के किन्हीं दो वनस्पतियों को सूचीबद्ध कीजिए।

   ---

## 30.2 भूतापीय ऊर्जा

हम ऊर्जा के दो महान स्त्रोतों पृथ्वी की सतह के नीचे पायी जाने वाली गर्म चट्टानें एवं आकाश में दिखने वाला सूर्य के मध्य में रह रहे हैं। हमारे पूर्वज भूतापीय ऊर्जा (Geothermal energy) का महत्व जानते थे। वे गर्म झरनों में नहाते व खाना पकाते थे। आज हमने यह पहचाना है कि इस संसाधन की संभावना एक अधिक विस्तृत अनुप्रयोग के लिए है। भूतापीय ऊर्जा पृथ्वी के भीतर की प्राकृतिक ताप है, जिसे विद्युत उत्पादन तथा इमारतों को गर्म करने के लिए इस्तेमाल किया जा सकता है।

धरती का भीतरी भाग (कोर) काफी गर्म है और इस भूतापीय ऊर्जा का इस्तेमाल करना संभव है। ऐसे कई क्षेत्र है जहाँ ज्वालामुखी, गर्म पानी के झरने, गीजर आदि हैं तथा समुद्र और महासागरों में नीचे मीथेन उपलब्ध है। यूएसए जैसे कुछ देशों में, पृथ्वी के नीचे से जहाँ गर्म पानी जमा है, पानी को पंप करके लाया जाता है, जिनसे लोगों के घरों को गर्म रखा जा सकता है। विद्युत उत्पादन के लिए भूतापीय ऊर्जा का उपयोग बीसवीं सदी के प्रारंभ से ही होता आ रहा है। 50 वर्षों तक भूतापीय ऊर्जा से विद्युत उत्पादन केवल इटली में ही होता था। इस दिशा में लोगों की रुचि काफी धीमी गति से बढ़ी। 1943 में पहली बार आइसलैंड में भूतापीय गर्म पानी का इस्तेमाल हुआ। वर्तमान 21 देशों में भूतापीय ऊर्जा का प्रयोग विद्युत उत्पादन के लिए हो रहा है। किंतु वैश्विक स्तर पर, भूतापीय ऊर्जा, कुल ऊर्जा आपूर्ति का केवल 0.15 प्रतिशत से भी कम ऊर्जा ही आपूर्ति कर पाती है।

**ऊर्जा का प्रकार:** तापीय ऊर्जा

**इस ऊर्जा का इस्तेमाल किया जाना:** तापन/विद्युत उत्पादन

**कुछ गैजेट एवं अन्य उपकरण:** हीट एक्सचेंजर, स्टीम टर्बाइन

*चित्र 30.7: भूतापीय ऊर्जा*

भूतापीय स्त्रोत मुख्य रूप से तीन श्रेणियों में बांटे गये हैं:

i) भूदबाव वाले क्षेत्र, ii) गर्म चट्टानों वाले क्षेत्र, iii) हाइड्रोथर्मल संवहन वाले क्षेत्र। वर्तमान में इनमें से केवल पहले क्षेत्र का ही व्यवसायिक रूप से दोहन किया जा रहा है।

### 30.2.1 भारत में भूतापीय ऊर्जा

भारत में उत्तर पश्चिमी हिमालय क्षेत्र एवं पश्चिमी तट को भूतापीय क्षेत्र माना जाता है। भूवैज्ञानिक सर्वे ऑफ इंडिया (Geological Survey of India) ने पहले से ही 350 से अधिक गर्म पानी के झरनों के क्षेत्रों की पहचान कर रखी हैं। जिनकी खोज करके उनमें से भूतापीय ऊर्जा को निकालने का प्रयास किया जा सकता है। IRS-I जैसे उपग्रहों ने भूतापीय क्षेत्रों की खोज करके, उनकी इंफ्रारेड तस्वीरें भेजकर एक महत्वपूर्ण भूमिका निभाई है। लद्दाख क्षेत्र में पूगा वैली एक बहुत ही महत्वपूर्ण भूतापीय क्षेत्र है। इस क्षेत्र में परीक्षण के तौर पर 1 किलोवाट का जनरेटर पहले से ही कार्य कर रहा है। इसका उपयोग मुख्यत: मुर्गी पालन, मशरूम की खेती एवं पश्मीना ऊन की प्रोसेसिंग के लिए किया जाता है। इन सभी को उच्च ताप की आवश्यकता होती है।

भारत में भूतापीय आविर्भाव काफी विस्तृत होता जा रहा है और यह 340 गर्म पानी के झरनों के क्षेत्र के रूप में स्थित है।

### 30.2.2 भूतापीय ऊर्जा के वायुमंडलीय प्रभाव

भूतापीय ऊर्जा से पर्यावरण को काफी समस्याऐं हो सकती हैं जैसे ऑन-साइट नॉएज (शोर), गैस

टिप्पणी

उत्सर्जन, ड्रिलिंग साइट, डिस्पोजल साइट, सड़कों, पाइपलाइनों एवं पॉवर प्लांट आदि के द्वारा विकास प्रक्रिया के दौरान विघ्न पैदा होना।

धाराओं (स्टीम) में हाइड्रोजन सल्फाइड गैस होती है जिसमें सड़े अंडों जैसी गंध होती है एवं इससे वायु प्रदूषण होता है। धाराओं (स्टीम) में पाये जाने वाले खनिज, मछलियों के लिए जहरीले होते हैं एवं ये पाइपों तथा अन्य उपकरणों में भी जंक पैदा करते हैं जिससे उनका लगातार रखरखाव करना पड़ता है।

## 30.3 हाइड्रोजन ऊर्जा (HYDROGEN ENERGY)

बहुत से वैज्ञानिक ऐसा विश्वास करते हैं कि भविष्य का ईंधन हाइड्रोजन गैस ही है। जब हाइड्रोजन गैस वायु में जलती है या ईंधन सेल में जलती है तो यह ऑक्सीजन के साथ मिलती है और अप्रदूषणकारी जलीय वाष्प बनाती है। ईंधन सेल तो हाइड्रोजन को सीधे ही विद्युत में परिवर्तित कर देते हैं। हाइड्रोजन का ईंधन के रूप में व्यापक इस्तेमाल, वायु प्रदूषण तथा वैश्विक ऊष्मन (ग्लोबल वार्मिंग) जैसे खतरों को काफी हद तक कम कर देता है क्योंकि इससे कभी भी $CO_2$ का उत्सर्जन नहीं होता है।

हाइड्रोजन चाहे ऊर्जा का साफ सुथरा स्त्रोत हो पर व्यवसायिक कार्यों के लिए विशुद्ध हाइड्रोजन मिलना ही एक समस्या है क्योंकि हाइड्रोजन हमेशा आक्सीजन, कार्बन एवं नाइट्रोजन के साथ जुड़ा ही रहता है। अत: हाइड्रोजन को या तो पानी या जैविक यौगिक जैसे मीथेन आदि से उत्पादित किया जाता है जिसमें वर्तमान परिदृश्य में काफी ऊर्जा की आवश्यकता पड़ती है। अत: यह काफी महंगी प्रक्रिया है।

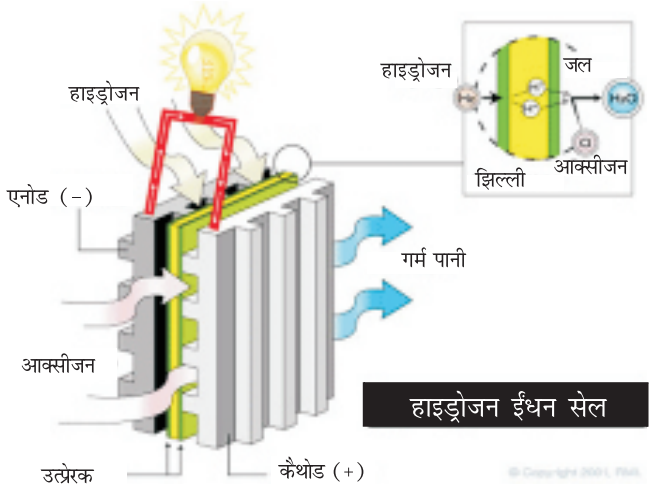
बड़े पैमाने पर शैवाल द्वारा हाइड्रोजन का उत्पादन एक अच्छा विचार है। आपने प्रकाश संश्लेषण की प्रक्रिया के बारे में पढ़ा है जहाँ हरे (पेड़-पौधे) की कोशिका, पानी के अणुओं को सूर्य की रोशनी की उपस्थिति में तोड़कर उससे ऑक्सीजन एवं हाइड्रोजन पैदा कर देते हैं। प्रकाश संश्लेषण द्वारा हाइड्रोजन उत्पादन की प्रक्रिया में कार्बन डाइऑक्साइड का उत्सर्जन नहीं होता है तथा इसमें किसी प्रकार की व्यवसायिक ऊर्जा भी नहीं लगती है। भविष्य में यह संभव है कि प्रकाश संश्लेषण को इस प्रकार नियंत्रित किया जाए जिससे हरे शैवाल आसानी से इस प्रक्रिया द्वारा हाइड्रोजन उत्पन्न कर सकें।

हाइड्रोजन प्रदूषण मुक्त है; यदि इसकी उत्पादन तकनीक जैसे ईंधन सेल को कम कीमती बनाया जाए तो हाइड्रोजन में वह क्षमता है कि यह विशुद्ध, वैकल्पिक ऊर्जा प्रदान कर सकता है जो प्रकाश व्यवस्था, विद्युत उत्पादन, तापन, शीतलन, परिवहन एवं अन्य कई क्षेत्रों में उपयोग की जा सकेगी।

## 30.4 ईंधन सेल तकनीक (FULE CELL TECHNOLOGY)

ईंधन सेल काफी प्रभावशाली पॉवर उत्पादनकारी प्रणाली है जो ईंधन (हाइड्रोजन) तथा ऑक्सीजन को एक विद्युतरासायनिक प्रक्रिया में जोड़कर विद्युत उत्पन्न करते हैं। या हम कह सकते हैं कि

ईंधन सेल एक विद्युतरासायनिक उपकरण है जो एक ईंधन की रासायनिक ऊर्जा को सीधे एवं बड़े कुशल तरीके से विद्युत एवं ताप में परिवर्तित करता है और इससे दहन की प्रक्रिया से बचा जा सकता है।



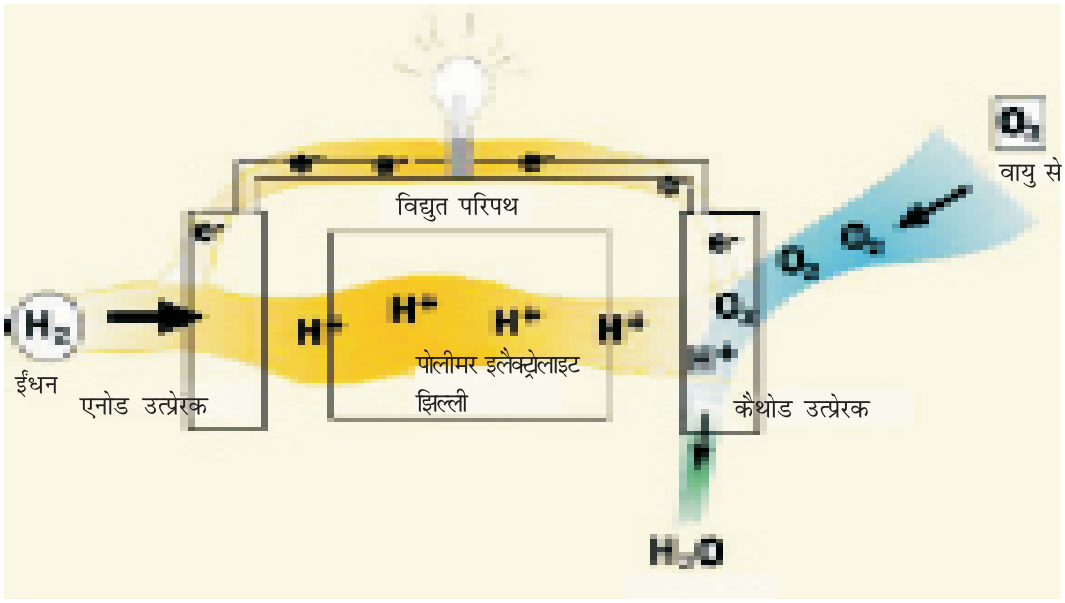

***चित्र 30.8:*** *ईंधन सेल की संरचना एवं कार्य प्रणाली*

हाइड्रोजन एवं फॉस्फोरिक एसिड बहुत ही सामान्य प्रकार के ईंधन सेल हैं। यद्यपि मेथेनॉल, एथेनॉल तथा प्राकृतिक गैस पर चलने वाले ईंधन सेल भी उपलब्ध हैं। इस प्रकार के सेलों के लिए सबसे उपयुक्त ईंधन है हाइड्रोजन अथवा हाइड्रोजनयुक्त यौगिकों का एक मिश्रण। एक ईंधन सेल में एक इलैक्ट्रोलाइट होता है जो दो इलेक्ट्रोडों के बीच दबा होता है। एक इलेक्ट्रोड के ऊपर से ऑक्सीजन प्रवाहित की जाती है तथा दूसरे इलेक्ट्रोड के ऊपर से हाइड्रोजन। ये दोनों आपस में विद्युत रासायनिक प्रक्रिया करते हैं जिससे विद्युत, पानी एवं ताप उत्पन्न होते हैं। विद्युत उत्पादन की पारंपरिक प्रक्रिया में ईंधन का दहन आवश्यक होता है एवं इसके फलस्वरूप उत्पन्न ताप का उपयोग स्टीम उत्पादन में होता है (जो टर्बाइन चलाती है) जिससे विद्युत पैदा होती हैं। इस तरीके में ताप का काफी क्षय होता है अत: यह अधिक प्रभावशाली नहीं है। दूसरी तरफ रासायनिक ईंधन सेलों में, रासायनिक ऊर्जा को सीधे विद्युत में परिवर्तित किया जाता है। यह अधिक प्रभावशाली है तथा इससे किसी प्रकार की हानिकारक गैसें उत्पन्न नहीं होती है।

चित्र 30.9 में एक हाइड्रोजन दहन प्रकार के ईंधन सेल के मूल घटक दिखाए गए हैं। इस ईंधन सेल में हाइड्रोजन व ऑक्सीजन दोनों को एक इलेक्ट्रोलाइट के घोल में मिलाया जाता है। एक दूसरे से पहले अलग ही रहते हैं लेकिन आयनीकरण (आयोनाइजेशन) के बाद ये अभिकारक (इलेक्ट्रोलाइट) घोल में से होते हुए एक इलेक्ट्रोड से दूसरे में चले जाते हैं। नेगेटिव से पॉजिटिव इलेक्ट्रोड की ओर इलेक्ट्रॉन के प्रवाह को एक इलेक्ट्रिक मोटर की तरफ मोड़ दिया जाता है, जो मोटर को करेंट प्रदान करता है जिससे मोटर चलती रहती है। इस प्रक्रिया को बचाए रखने के लिए हाइड्रोजन तथा ऑक्सीजन को आवश्यकतानुसार ही मिलाया जाना चाहिए। अपशिष्ट उत्पाद केवल ऑक्सीजन तथा पानी ही होते हैं जब हाइड्रोजन को ईंधन सेल के रूप में इस्तेमाल किया जाता है।

टिप्पणी

यदि ईंधन सेल के रूप में इस्तेमाल किया जाता है। यदि ईंधन सेल में प्राकृतिक गैस मीथेन गैस ($CH_4$) का इस्तेमाल किया जाता है तो कुछ प्रदूषणकारी तत्व पैदा होते हैं लेकिन इसकी मात्रा, आंतरिक दहन इंजन (Internal combustion engine) या पॉवर प्लांट में जीवाश्म ईंधन के दहन से उत्पन्न होने वाले प्रदूषणकारी तत्वों की तुलना में केवल 1% ही होती है।




***चित्र 30.9:*** *एक हाइड्रोजन सेल की कार्य प्रणाली (स्त्रोत: ईंधन सेल 2000 एवं US का ऊर्जा विभाग)*

इसके अतिरिक्त, एक ईंधन सेल की कार्य क्षमता इसके आकार तथा ऊर्जा निकास से स्वतंत्र होती है। इन कारणों से, ईंधन सेल वाहनों, घरों एवं बड़े पॉवर प्लांटों के लिए उपयुक्त हैं। इनका प्रयोग आवश्यकता पड़ने पर ही जमा की गई ऊर्जा का उपयोग करने के लिए हो सकता है। ईंधन सेलों का प्रयोग विशेष रूप से कनाडा के बल्लाड पॉवर सिस्टम एवं जर्मनी के डेल्मर बेन्ज में हो रहा है। ये दोनों पॉवर सिस्टम, ईंधन सेल तकनीक के अनुप्रयोग में विश्व में अग्रणी माने जाते हैं एवं ये परिवहन की आवश्यकता भी पूरी करते हैं। इस प्रकार की बसें, कनाडा के वेन्कूवर एवं यूएसए के इलिनॉएस में पहले से ही संचालित हो रही हैं।

### 30.4.1 भारत में ईंधन सेल तकनीक

लघु विकेन्द्रीकृत पॉवर उत्पादन के लिए ईंधन सेल प्रणाली एक उत्तम विकल्प है। ईंधन सेल दूरवर्ती इमारतों, अस्पतालों, हवाई अड्डों तथा फौजी ठिकानों को ताप एवं पॉवर की संयुक्त रूप से आपूर्ति कर सकता है। ईंधन सेलों की क्षमता का स्तर, पारंपरिक पॉवर प्लांटों से 35% की अपेक्षा 55% तक होती है। इनमें से ग्रीन हाउस गैसों ($CO_2$) का उत्सर्जन काफी कम है क्योंकि इसमें से केवल जलीय वाष्प ही उत्सर्जित होती है। ईंधन सेल सिस्टम मॉड्यूलर है (अर्थात् अतिरिक्त क्षमता जो आवश्यकता पड़ने पर सरलता से जोड़ा का सकता है) और जहाँ भी पॉवर की जरूरत हो, वहाँ इन्हें स्थापित किया जा सकता है।

### 30.4.2 ईंधन सेल तकनीक एवं वायुमंडल

ईंधन सेल काफी प्रभावशाली एवं साफ सुथरी ऊर्जा उत्पन्न करते हैं। ईंधन सेलों का उपयोग अंतरिक्ष उड़ानों में होता है तथा शहरी वायु प्रदूषण को रोकने के लिए इन्हें विद्युतचलित वाहनों में भी लगाया गया है। आंतरिक दहन इंजन द्वारा चलने वाले वाहनों की तुलना में, ईंधन सेल द्वारा चलने वाले वाहनों में बहुत उच्च रूपांतरण क्षमता (प्राय: दुगुनी) होती है एवं इनमें से प्रदूषण प्राय: शून्य होता है। ईंधन सेल से चलने वाले वाहन जिन्हें EVS (इलेक्ट्रिक वाहन) कहा जाता है, बैटरी चलित EVS से भी ऊपर है क्योंकि इनकी क्षमता अधिक होने के साथ-साथ इन्हें आसानी से और तेजी से रीफ्यूल (Refueling) किया जा सकता है।

## पाठगत प्रश्न 30.2

1. भूतापीय ऊर्जा को परिभाषित कीजिए एवं इसके उपयोगों की सूची बनाइए। कुछ उदाहरण दें जहाँ से यह ऊर्जा प्राप्त की जा सकती है।

   ---

2. भूतापीय ऊर्जा के इस्तेमाल से होने वाले लाभ व हानियों का विवरण दीजिए।

   ---

3. ''हाइड्रोजन ऊर्जा का अगली पीढ़ी का ईंधन कहा गया है'' इस वाक्य पर अपने विचार लिखिए।

   ---

4. भारत में सर्वाधिक संभावनाओं वाले भूतापीय क्षेत्र कहाँ स्थित हैं?

   ---

## आपने क्या सीखा

- बायोमास सबसे प्राचीन ईंधन है जो मानव द्वारा इस्तेमाल किया जाता है। भारत में ग्रामीण क्षेत्रों में अभी भी इसे प्राथमिक ईंधन स्त्रोत के रूप में इस्तेमाल किया जाता है। हाल ही में गन्ने जैसी फसलों से एथेनॉल उत्पन्न करने के प्रयास किए गए हैं। लकड़ी जलाने के कई पर्यावरणीय दुष्प्रभाव भी होते हैं जैसे वनों का काटना, मिट्टी का क्षय, जल प्रदूषण एवं वायु प्रदूषण आदि।
- पेट्रोक्रॉप का उपयोग अभी भी अपने शुरुआती दौर में ही है किंतु इस क्षेत्र में काफी शोध किया जा चुका है। आने वाले वर्षों में वाहनों के लिए पेट्रोक्रॉप एक मुख्य ईंधन स्त्रोत बन जाएगी।

टिप्पणी

- भूतापीय ऊर्जा, पृथ्वी के भीतर से निकलने वाली प्राकृतिक ऊष्मा है जिसका उपयोग एक ऊर्जा स्त्रोत के रूप में होता है।
- हाइड्रोजन गैस भविष्य में एक महत्वपूर्ण ईंधन हो सकती है विशेषकर तब जब इसे ईंधन सेल में इस्तेमाल किया जाएगा।
- ईंधन सेल विद्युत रासायनिक (इलेक्ट्रोकेमिकल) उपकरण है जो बिना किसी वायु या ध्वनि प्रदूषण के उच्च क्षमता पर कार्य करते हैं।
- ईंधन सेल उच्च क्षमता वाले पॉवर उत्पादनकारी सिस्टम होते हैं जो ईंधन एवं ऑक्सीजन को एक विद्युत रासायनिक प्रक्रिया द्वारा मिलाकर विद्युत उत्पन्न करते हैं। अथवा ईंधन सेल विद्युत रासायनिक उपकरण होते हैं जो एक ईंधन की रासायनिक ऊर्जा को सीधे एवं बड़ी कुशलतापूर्वक विद्युत (DC) एवं ताप में परिवर्तित करता है और इस तरह दहन की प्रक्रिया से इसे बचाता है।

## पाठान्त प्रश्न

1. नवीकरणीय ऊर्जा स्त्रोत जो आने वाले समय के लिए आदर्श हैं, को सूचीबद्ध कीजिए।
2. ईंधन के रूप में हाइड्रोजन के लाभ क्या हैं वर्णन करो। क्या आप सोचते हैं कि हाइड्रोजन ऊर्जा का मुख्य स्त्रोत बन जाएगा। अपने उत्तर के लिए उपयुक्त कारण दो।
3. ईंधन सेल तकनीक व इसके लाभ बताऐं।
4. परंपरागत सिस्टम की अपेक्षा ईंधन सेल, विद्युत उत्पादन में क्यों अधिक क्षमताशाली है?
5. एक बायोगैस प्लांट का रेखाचित्र बनाइये एवं इसके विभिन्न भागों को दर्शाओ।
6. i) ईंधन सेल ii) भूतापीय ऊर्जा की कोई भी दो सीमाऐं बताइए।
7. पेट्रोक्रॉप से किस प्रकार ईंधन प्राप्त किया जा सकता है?
8. भूतापीय ऊर्जा के लाभ और हानियों का वर्णन करो।

## पाठगत प्रश्नों के उत्तर

**30.1**

1. बायोमास जैव पदार्थों जैसे पेड़ पौधों एवं पशुओं से संबंधित पदार्थ (जीवित या मृत) का एक ढेर है। यह एक नवीकरणीय ऊर्जा स्त्रोत है। उदाहरण: कृषि अवशेष, अवशेष पदार्थ अदि।
2. बायोमास का रूपांतरण एक प्रक्रिया है जिसमें बायोमास में संचित रासायनिक ऊर्जा से ईंधन या ऊर्जा प्राप्त की जाती है।

3. बायोमास में हरित वनस्पति शामिल होते हैं जो प्रकाश संश्लेषण द्वारा सौर ऊर्जा को रासायनिक ऊर्जा में परिवर्तित कर देते हैं। पशु, वनस्पतियों को खाते हैं और इस रासायनिक ऊर्जा को संग्रह करते हैं। बायोमास को ठोस ईंधन के रूप में सीधे जलाया जा सकता है अथवा इसे एल्कोहल या बायोगैस में परिवर्तित किया जा सकता है। अत: बायोमास की ईंधन ऊर्जा वास्तव में सौर ऊर्जा द्वारा ही जमा की गई है।

4. बायोमास के उपयोग:-

   - वायुमंडल में $CO_2$ एकत्र नहीं होती है।
   - इसका प्रयोग आसानी से विद्युत उत्पादन के लिए हो सकता है।
   - यह नवीकरणीय ऊर्जा स्त्रोतों का एक मुख्य रूप है।

5. जो पेड़ पौधे अच्छी मात्रा में हाइड्रोकार्बन उत्पन्न करते हैं एवं जो वैकल्पिक ऊर्जा स्त्रोतों की तरह कार्य कर सकते हैं उन्हें पेट्रोक्रॉप कहा जाता है। उदाहरण: *जट्रोफा करकस, केलोट्रोपिस प्रोसेरा* (या कोई अन्य)

**30.2**

1. यह पृथ्वी के भीतर का प्राकृतिक ताप है जिसे इमारतों को गर्म करने एवं विद्युत उत्पन्न करने के लिए प्रयोग किया जाता है। इस तरह की साइटों के उदाहरण हैं ज्वालामुखी, गर्म पानी के झरने, गीजर एवं पानी के नीचे की प्रक्रिया से निकली मीथेन।

2. भूतापीय ऊर्जा के लाभ हैं- अधिकतम ऊर्जा, कम कीमत एवं विशुद्ध वातावरण

   हानियाँ-

   - धाराओं (स्ट्रीम) में $H_2S$ गैस होती है जिसकी गंध सड़े अंडे की तरह होती है।
   - धाराओं (स्ट्रीम) के खनिज भी जहरीले होते हैं जो मछली के लिए खतरा होते हैं तथा पाइपों एवं उपकरणों में जंक का कारण बनते हैं।

3. प्रचुर मात्रा में उपलब्ध हाइड्रोजन जब ऑक्सीजन की उपस्थिति में जलता है तो अप्रदूषणकारी जलीय वाष्प बनाता है। यह ऊर्जा का साफ-सुथरा स्त्रोत है। ईंधन के रूप में स्वतंत्र हाइड्रोजन पाने के लिए तकनीक की आवश्यकता होती है जो कम कीमत वाले ईंधन सेलों के विकास के लिए जरूरी होता है।

4. लद्दाख क्षेत्र में स्थित पूगा वैली।