



UGC-NET

← →

पर्यावरण विज्ञान

National Testing Agency (NTA)

पेपर 2 || भाग 3

UGC NET पेपर – 2 (पर्यावरण विज्ञान)

क्र.सं.	अध्याय	पृष्ठ सं.
इकाई - V : ऊर्जा और पर्यावरण		
1.	ऊर्जा के स्रोत के रूप में सूर्य, सौर विकिरण और इसकी वर्णक्रमीय विशेषताएं	1
2.	जीवाश्म ईंधन: वर्गीकरण, संरचना, भौतिक-रासायनिक विशेषताएँ और कोयले की ऊर्जा सामग्री	6
3.	जीवाश्म ईंधन: पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस, शेल तेल, कोल बेड मीथेन, गैस हाइड्रेट्स	12
4.	सकल-कैलोरी मान और शुद्ध-कैलोरी मान, ऊर्जा सामग्री गणना	20
5.	जलविद्युत और ज्वारीय ऊर्जा उत्पादन के सिद्धांत	25
6.	महासागर तापीय ऊर्जा रूपांतरण और पवन ऊर्जा	30
7.	भूतापीय ऊर्जा और सौर ऊर्जा (सौर संग्राहक, फोटोवोल्टिक मॉड्यूल, सौर तालाब)	34
8.	परमाणु ऊर्जा: विखंडन और संलयन, परमाणु ईंधन, परमाणु रिएक्टर सिद्धांत और प्रकार	41
9.	जैव ऊर्जा: बायोमास से ऊर्जा उत्पादन के तरीके, भारत और विश्व में ऊर्जा उपयोग पैटर्न, कार्बन उत्सर्जन	47
10.	ऊर्जा उपयोग के पर्यावरणीय निहितार्थ, विकिरण बल, ग्लोबल वार्मिंग, सौर, पवन, जल और परमाणु ऊर्जा के बड़े पैमाने पर दोहन के प्रभाव	53
इकाई - VI : पर्यावरण प्रदूषण और नियंत्रण		
1.	परिचय और वायु प्रदूषण की मूल बातें	60
2.	वायु प्रदूषकों का नमूनाकरण और निगरानी	67
3.	वायु प्रदूषण और अम्लीय वर्षा के प्रभाव	73
4.	वायु प्रदूषकों का वायुमंडलीय फैलाव	80
5.	कणिकीय पदार्थों के लिए नियंत्रण उपकरण	85
6.	गैसीय प्रदूषकों का नियंत्रण	92
7.	घर के अंदर वायु प्रदूषण, वाहनों से होने वाला उत्सर्जन और शहरी वायु गुणवत्ता	99
8.	ध्वनि प्रदूषण: स्रोत, मापन और मानक	105
9.	शोर नियंत्रण और स्वास्थ्य पर प्रभाव	110
10.	जल प्रदूषण: प्रकार, स्रोत और प्रभाव	116
11.	जल गुणवत्ता विश्लेषण और मानक	122
12.	जल और अपशिष्ट जल उपचार	130
13.	मृदा प्रदूषण: गुण, विश्लेषण और नियंत्रण	135
14.	तापीय, समुद्री और रेडियोधर्मी प्रदूषण	142

इकाई - VII : ठोस और खतरनाक अपशिष्ट प्रबंधन

1.	ठोस अपशिष्ट का परिचय - प्रकार, स्रोत और विशेषताएँ	148
2.	ठोस अपशिष्ट विशेषताएँ, उत्पादन दरें, और अनुमानित/अंतिम विश्लेषण	153
3.	ठोस अपशिष्ट संग्रहण और परिवहन	160
4.	ठोस अपशिष्ट प्रसंस्करण और पुनर्प्राप्ति	166
5.	ठोस अपशिष्टों का निपटान	172
6.	खतरनाक अपशिष्ट प्रबंधन	176
7.	ई-कचरा प्रबंधन	182
8.	फ्लाई ऐश प्रबंधन	186
9.	प्लास्टिक अपशिष्ट प्रबंधन	190

ऊर्जा और पर्यावरण

ऊर्जा के स्रोत के रूप में सूर्य, सौर विकिरण और इसकी वर्णक्रमीय विशेषताएं

परिचय

सूर्य पृथ्वी की ऊर्जा का प्राथमिक स्रोत है, जो जलवायु, पारिस्थितिकी तंत्र और नवीकरणीय ऊर्जा प्रणालियों को संचालित करता है। **ऊर्जा के स्रोत के रूप में सूर्य, सौर विकिरण और इसकी वर्णक्रमीय विशेषताएँ** सूर्य के ऊर्जा उत्पादन ($\sim 3.8 \times 10^{26} \text{ W}$), सौर विकिरण ($\sim 1,368 \text{ W/m}^2$ सौर स्थिरांक) और इसकी वर्णक्रमीय संरचना (जैसे, ~44% दृश्य प्रकाश, 400-700 nm) का पता लगाती हैं। यह भाग सौर ऊर्जा सिद्धांतों, विकिरण तंत्र और वर्णक्रमीय गुणों को कवर करता है, जिसमें सौर ऊर्जा (भारत में ~100 GW), जलवायु मॉडलिंग और पर्यावरण प्रबंधन में अनुप्रयोग शामिल हैं। परीक्षाओं में अक्सर पूछे जाने वाले विषयों में सौर स्थिरांक, वर्णक्रमीय बैंड और भारत की सौर क्षमता शामिल हैं।

1. सौर ऊर्जा और विकिरण का अवलोकन

1.1 परिभाषा और महत्व

ऊर्जा के स्रोत के रूप में सूर्य सौर विकिरण के माध्यम से पृथ्वी की लगभग सभी ऊर्जा प्रदान करता है, जो जलवायु, पारिस्थितिकी तंत्र और मानव ऊर्जा आवश्यकताओं के लिए महत्वपूर्ण एक नवीकरणीय संसाधन है। **सौर विकिरण** सूर्य द्वारा उत्सर्जित विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा है, जो इसकी वर्णक्रमीय विशेषताओं (जैसे, पराबैग्नी, दृश्यमान, अवरक्त) द्वारा पहचानी जाती है।

- महत्वपूर्ण अवधारणाएं :**

- **सूर्य की ऊर्जा :** $\sim 3.8 \times 10^{26} \text{ W}$ कुल उत्पादन, पृथ्वी पर $\sim 1,368 \text{ W/m}^2$ (सौर स्थिरांक)।
- **सौर विकिरण :** ~44% दृश्यमान (400-700 एनएम), ~7% यूवी (<400 एनएम), ~49% आईआर (> 700 एनएम)।
- **वर्णक्रमीय विशेषताएँ :** तरंगदैर्घ्य में ऊर्जा वितरण।

- पर्यावरण प्रणालियों में कार्य :**

- **वायुमंडल :** जलवायु को संचालित करता है (उदाहरणार्थ, मानसून, ~2,000 मिमी/वर्ष, भाग 5)।
- **जलमंडल :** जल चक्र को शक्ति प्रदान करता है (~500,000 किमी³/वर्ष, भाग 6)।
- **जीवमंडल :** प्रकाश संश्लेषण को समर्थन देता है (~400 सुंदरवन प्रजातियाँ, भाग 6)।

- पर्यावरण विज्ञान में महत्व :**

- नवीकरणीय ऊर्जा को सक्षम बनाता है (भारत में ~100 गीगावाट सौर ऊर्जा)।
- जलवायु को प्रभावित करता है (~0.7°C तापमान वृद्धि, भाग 5)।
- स्थिरता का मार्गदर्शन (~\$1 बिलियन/वर्ष सौर बाजार)।

- भारतीय संदर्भ :**

- **सौर ऊर्जा :** राजस्थान की ~6 kWh/m²/दिन सूर्योत्तप क्षमता।
- **अनुप्रयोग :** सौर पैनल, जलवायु मॉडलिंग।
- **नीति :** नवीन और नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय (एमएनआरई), राष्ट्रीय सौर मिशन।

1.2 ऐतिहासिक परिप्रेक्ष्य

- प्राचीन भारत :** वैदिक ग्रंथों में सूर्य का सम्मान किया गया है; प्राचीन सौर वास्तुकला (जैसे, कोणार्क)।

- वैश्विक मील के पत्थर :**

- **19वीं शताब्दी :** सौर स्पेक्ट्रम का अध्ययन (उदाहरणार्थ, फ्राउनहोफर, 1814)।
- **20वीं शताब्दी :** सौर स्थिरांक मापा गया ($\sim 1,368 \text{ W/m}^2$, 1900 का दशक)।
- **1950 का दशक :** फोटोवोल्टेइक सेलों का विकास हुआ (उदाहरणार्थ, बेल लैब्स)।

- आधुनिक युग :**

- भारत का एमएनआरई सौर ऊर्जा को आगे बढ़ाता है (~100 गीगावॉट, 2025)।
- वैश्विक अनुसंधान (जैसे, IRENA, 2023) 2025 तक सौर ऊर्जा का अध्ययन करता है।

1.3 सौर ऊर्जा और विकिरण का दायरा

- सूर्य स्रोत के रूप में :** प्राथमिक ऊर्जा चालक।
- सौर विकिरण :** पृथ्वी पर ऊर्जा प्रवाह।
- वर्णक्रमीय विशेषताएँ :** तरंगदैर्घ्य वितरण।

- भारतीय संदर्भ :**
 - सौर ऊर्जा : गुजरात के सौर पार्क।
 - विकिरण : भारत में ~4–6 kWh/m²/दिन।
 - नीति : नवीन एवं नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय, जवाहरलाल नेहरू राष्ट्रीय सौर मिशन (जेएनएनएसएम)।

तालिका 1: सौर ऊर्जा और विकिरण का दायरा

अवधारणा	केंद्र	भूमिका	भारतीय उदाहरण
सूर्य स्रोत के रूप में	ऊर्जा उत्पत्ति	जलवायु चालक	राजस्थान सौर
सौर विकिरण	ऊर्जा प्रवाह	नवीकरणीय ऊर्जा	गुजरात सूर्यात्प
वर्णक्रमीय विशेषताएँ	तरंगदैर्घ्य वितरण	ऊर्जा उपयोग	सौर पैनल दक्षता
अनुप्रयोग	नवीकरणीय ऊर्जा	वहनीयता	एमएनआरई नीतियां

2. ऊर्जा का स्रोत सूर्य

2.1 परिभाषा और तंत्र

सूर्य एक G-प्रकार का मुख्य अनुक्रम तारा है, जो नाभिकीय संलयन के माध्यम से ऊर्जा उत्पन्न करता है, $\sim 3.8 \times 10^{26}$ W उत्पन्न करता है, जिससे पृथ्वी की प्रणालियों को शक्ति मिलती है।

• तंत्र :

- नाभिकीय संलयन : $H \rightarrow He$, ऊर्जा मुक्त करता है ($\sim 3.8 \times 10^{26}$ W).
- ऊर्जा स्थानांतरण : विकिरण (पृथ्वी से ~8 मिनट), संवहन।
- सौर उत्पादन : पृथ्वी की कक्षा में $\sim 1,368$ W/m² (सौर स्थिरांक)।

• विशेषताएँ :

- तापमान : सतह पर $\sim 5,500^\circ C$, अन्तर पर ~ 15 मिलियन $^\circ C$ ।
- जीवनकाल : ~ 4.6 अरब वर्ष पुराना, ~ 5 अरब वर्ष शेष।

• पर्यावरणीय भूमिका :

- जलवायु को प्रभावित करता है (जैसे, भारतीय मानसून, भाग 5)।

2.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- जलवायु : $\sim 15^\circ C$ वैश्विक औसत तापमान कायम रहता है।
- पारिस्थितिकी तंत्र : पश्चिमी घाट की लगभग 5,000 प्रजातियों का पोषण करता है।
- ऊर्जा : भारत में ~ 100 गीगावाट सौर ऊर्जा प्रदान करता है।
- भारतीय संदर्भ :
 - सौर ऊर्जा : तमिलनाडु की ~ 5 kWh/m²/दिन सौर ऊर्जा।
 - खतरे : $\sim 10\%$ एल्बिडो कमी (शहरीकरण, भाग 3)।
 - शमन : एमएनआरई की सौर पहला।

2.3 अनुप्रयोग

- नवीकरणीय ऊर्जा : सौर पैनल (बाजार मूल्य ~ 1 बिलियन डॉलर/वर्ष)।
- जलवायु मॉडलिंग : तापमान वृद्धि की भविष्यवाणी करता है (उदाहरणार्थ, आईएमडी)।
- अनुसंधान : सौर अध्ययन (जैसे, आईआईटी)।
- भारतीय संदर्भ :
 - ऊर्जा : गुजरात के सौर पार्क (~ 10 गीगावाट)।
 - नीति : राष्ट्रीय सौर मिशन।

2.4 संख्यात्मक उदाहरण

- समस्या : यदि सौर स्थिरांक $1,368$ W/m², क्षेत्रफल = 1 m², 1 घंटा है तो प्राप्त सौर ऊर्जा की गणना करें।
- समाधान :
 - ऊर्जा = $1,368 \times 1 \times 3,600 = 4,924,800$ जूल = 4.92 एमजूल।
- प्रासंगिकता : नवीकरणीय ऊर्जा से जुड़ी सौर ऊर्जा का परीक्षण।

2.5 भारतीय केस स्टडी: राजस्थान सौर ऊर्जा

- संदर्भ : राजस्थान का ~ 6 kWh/m²/दिन का सूर्यात्प ~ 20 GW सौर ऊर्जा का समर्थन करता है (MNRE, 2025)।
- आवेदन :
 - सौर ऊर्जा : फोटोवोल्टिक संयंत्र, ~ 1 बिलियन डॉलर/वर्ष का उद्योग।
 - प्रभाव : प्रतिवर्ष ~ 10 मीट्रिक टन CO₂ की कमी, ~ 1 मिलियन घरों को बिजली मिलेगी।

- प्रभाव :**
 - आर्थिक: ~\$100 मिलियन/वर्ष की बचत।
 - पर्यावरण: जीवाशम ईंधन में ~10% की कमी।
- शमन :** एमएनआरई के सौर पार्क, एमओईएफसीसी।

3. सौर विकिरण

3.1 परिभाषा और गुण

सौर विकिरण सूर्य द्वारा उत्सर्जित विद्युत चुम्बकीय ऊर्जा है, जो पृथ्वी पर $\sim 1,368 \text{ W/m}^2$ (सौर स्थिरांक) की दर से पहुँचती है, जो अक्षांश और वायुमंडल के अनुसार बदलती रहती है।

- गुण :**
 - सौर स्थिरांक :** वायुमंडल के शीर्ष पर $\sim 1,368 \text{ W/m}^2$.
 - सूर्यात्प :** सतही ऊर्जा (भारत में $\sim 4\text{--}6 \text{ kWh/m}^2/\text{दिन}$)।
 - क्षीणन :** $\sim 30\%$ परावर्तित (अल्बेडो), $\sim 20\%$ वायुमंडल द्वारा अवशोषित।
- अवयव :**
 - प्रत्यक्ष विकिरण :** अप्रकाशित ($\sim 70\%$ सूर्यात्प)।
 - विसरित विकिरण :** बिखरा हुआ ($\sim 30\%$ सूर्यात्प)।
- पर्यावरणीय भूमिका :**
 - जलवायु को शक्ति प्रदान करता है (उदाहरण के लिए, $\sim 342 \text{ W/m}^2$ पृथ्वी का ऊर्जा बजट, भाग 3)।

3.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- जलवायु :** मानसून को संचालित करती है ($\sim 2,000$ मिमी/वर्ष)।
- पारिस्थितिकी तंत्र :** लगभग 200 गंगा आर्द्रभूमि प्रजातियों का समर्थन करता है।
- ऊर्जा :** ~ 100 गीगावाट सौर क्षमता सक्षम करता है।
- भारतीय संदर्भ :**
 - विकिरण :** गुजरात का $\sim 6 \text{ kWh/m}^2/\text{दिन}$.
 - खतरे :** $\sim 10\%$ शहरी एल्बेडो हानि।
 - शमन :** एमएनआरई की सौर परियोजनाएं।

3.3 अनुप्रयोग

- सौर ऊर्जा :** फोटोवोल्टिक्स ($\sim \$1$ बिलियन/वर्ष)।
- जलवायु मॉडलिंग :** प्रवृत्तियों की भविष्यवाणी करता है (जैसे, आईएमडी)।
- कृषि :** पैदावार में वृद्धि ($\sim \$100$ बिलियन/वर्ष)।
- भारतीय संदर्भ :**
 - विद्युत :** तमिलनाडु के सौर फार्म।
 - नीति :** राष्ट्रीय सौर मिशन।

3.4 संख्यात्मक उदाहरण

- समस्या :** यदि सौर स्थिरांक $1,368 \text{ W/m}^2$ है, 70% सतह तक पहुँचता है, 1 m^2 , 1 दिन, तो सूर्यात्प की गणना करें।
- समाधान :**
 - $\text{सूर्यात्प} = 1,368 \times 0.7 \times 86,400 \div 3,600 = 22,982,400 \text{ जूल}/\text{मी}^2/\text{दिन} = 6.38 \text{ kWh}/\text{मी}^2/\text{दिन}$.
- प्रासंगिकता :** सौर ऊर्जा से जुड़े विकिरण का परीक्षण।

3.5 भारतीय केस स्टडी: गुजरात सौर विकिरण

- संदर्भ :** गुजरात को $\sim 6 \text{ kWh/m}^2/\text{दिन}$ बिजली मिलती है, तथा $\sim 10 \text{ GW}$ सौर ऊर्जा की आवश्यकता है (MNRE, 2025)।
- आवेदन :**
 - विकिरण :** उच्च प्रत्यक्ष विकिरण ($\sim 70\%$).
 - प्रभाव :** $\sim 500,000$ घरों को बिजली मिलती है, ~ 5 मीट्रिक टन $\text{CO}_2/\text{वर्ष}$ की बचत होती है।
- प्रभाव :**
 - आर्थिक: $\sim \$100$ मिलियन/वर्ष उद्योग।
 - पर्यावरण: जीवाशम ईंधन में $\sim 10\%$ की कमी।
- शमन :** नवीन एवं नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय के सौर पार्क, पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय।

4. सौर विकिरण की वर्णक्रमीय विशेषताएं

4.1 परिभाषा और संरचना

वर्णक्रमीय विशेषताएं सौर विकिरण के तरंगदैर्घ्य वितरण का वर्णन करती हैं, जो ऊर्जा अनुप्रयोगों और जलवायु को प्रभावित करती हैं।

• संघटन :

- पराबैंगनी (यूवी) : <400 एनएम, ~7%, उच्च ऊर्जा।
- दृश्यमान : 400–700 एनएम, ~44%, प्रकाश संश्लेषण चालक।
- इन्फ्रारेड (आईआर) : >700 एनएम, ~49%, ऊष्मा स्रोत।

• श्याम पिंडों से उत्पन्न विकिरण :

- सूर्य ~5,500°C ब्लैक बॉडी के रूप में (प्लैंक का नियम)।
- शिखर ~500 एनएम (दृश्यमान) पर।

• पर्यावरणीय भूमिका :

- जलवायु, पारिस्थितिकी तंत्र (जैसे, पश्चिमी घाट) को संचालित करता है।

4.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- जलवायु : IR पृथ्वी को गर्म करता है (~15°C औसत)।
- पारिस्थितिकी तंत्र : दृश्य प्रकाश पश्चिमी घाट की लगभग 5,000 प्रजातियों का पोषण करता है।

• ऊर्जा : यूवी, फोटोवोल्टिक्स में प्रयुक्त दृश्यमान (~ 20% दक्षता)।

• भारतीय संदर्भ :

- वर्णक्रमीय उपयोग : राजस्थान के सौर पैनल (~ 44% दृश्यमान)।
- खतरे : ~10% यूवी वृद्धि (ओजोन क्षरण)।
- शमन : पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की जलवायु नीतियाँ।

4.3 अनुप्रयोग

- सौर ऊर्जा : फोटोवोल्टिक्स का लक्ष्य दृश्य प्रकाश (~\$1 बिलियन/वर्ष) है।

- जलवायु मॉडलिंग : स्पेक्ट्रल डेटा वार्मिंग की भविष्यवाणी करता है (उदाहरण के लिए, आईएमडी)।

• अनुसंधान : स्पेक्ट्रल अध्ययन (जैसे, आईआईटी)।

• भारतीय संदर्भ :

- ऊर्जा : तमिलनाडु के सौर फार्म।
- नीति : राष्ट्रीय सौर मिशन।

4.4 संख्यात्मक उदाहरण

- समस्या : दृश्य प्रकाश ऊर्जा की गणना करें यदि कुल विकिरण $1,368 \text{ W/m}^2$ है, जिसमें से 44% दृश्यमान है।

• समाधान :

$$\text{दृश्यमान} = 1,368 \times 0.44 = 601.92 \text{ W/m}^2.$$

- प्रासंगिकता : ऊर्जा से जुड़े वर्णक्रमीय वितरण का परीक्षण करता है।

4.5 भारतीय केस स्टडी: तमिलनाडु सौर स्पेक्ट्रल उपयोग

- संदर्भ : तमिलनाडु के सौर संयंत्र ~44% दृश्य प्रकाश का उपयोग करते हैं (एमएनआरई, 2025)।

• आवेदन :

- वर्णक्रमीय विशेषताएँ : 400-700 एनएम के लिए अनुकूलित फोटोवोल्टिक्स।
- प्रभाव : ~5 गीगावाट क्षमता, ~100 मिलियन डॉलर/वर्ष उद्योग।

• प्रभाव :

- आर्थिक: ~\$50 मिलियन/वर्ष की बचत।
- पर्यावरण: ~5 मीट्रिक टन CO_2 / वर्ष कमी।

- शमन : नवीन एवं नवीकरणीय ऊर्जा मंत्रालय की सौर पहल, पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय।

5. सौर ऊर्जा प्रणालियों पर मानवीय प्रभाव

5.1 शहरीकरण

• तंत्र : एल्बिडो कमी।

• प्रभाव :

- विकिरण : ~10% शहरी सूर्यात्मप हानि।
- ऊर्जा : सौर दक्षता में ~5% की कमी।

• भारतीय संदर्भ : दिल्ली का शहरी विस्तार।

• शमन : स्मार्ट सिटीज मिशन।

5.2 प्रदूषण

- **क्रियाविधि** : एरोसोल प्रकीर्णन।
- **प्रभाव :**
 - **विकिरण** : ~10% सूर्यातप कमी.
 - **जलवायु** : ~0.7°C तापमान वृद्धि.
- **भारतीय संदर्भ** : दिल्ली का PM2.5 (~100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) .
- **शमन** : एनसीएपी की वायु गुणवत्ता योजनाएँ।

5.3 भूमि उपयोग

- **तंत्र** : सौर फार्म विस्तार.
- **प्रभाव :**
 - **पारिस्थितिकी तंत्र** : ~5% आवास क्षति।
 - **संसाधन** : ~10% भूमि प्रतिस्पर्धा.
- **भारतीय संदर्भ** : राजस्थान के सौर पार्क।
- **शमन** : पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की भूमि नीतियाँ।

6. सौर ऊर्जा के अनुप्रयोग

6.1 नवीकरणीय ऊर्जा

- **भूमिका** : प्रणालियों को शक्ति प्रदान करना।
- **अनुप्रयोग :**
 - फोटोवोल्टिक्स (~100 गीगावाट भारत)।
 - सौर तापीय (~\$1 बिलियन/वर्ष).
- **भारतीय संदर्भ** : राजस्थान सौर.



6.2 जलवायु मॉडलिंग

- **भूमिका** : रुझान की भविष्यवाणी करना।
- **अनुप्रयोग :**
 - विकिरण मॉडल (जैसे, आईएमडी)।
 - तापमान वृद्धि अनुमान (~0.7°C).
- **भारतीय संदर्भ** : मानसून पूर्वानुमान।

6.3 पर्यावरण प्रबंधन

- **भूमिका** : उत्सर्जन कम करता है।
- **अनुप्रयोग :**
 - CO_2 कमी (~10 मीट्रिक टन/वर्ष)।
 - पारिस्थितिकी तंत्र संरक्षण (~400 प्रजातियाँ)।
- **भारतीय संदर्भ** : पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की नीतियाँ।

तालिका 2: सौर ऊर्जा के अनुप्रयोग

आवेदन	विवरण	फ़ायदे	भारतीय उदाहरण
नवीकरणीय ऊर्जा	पावर सिस्टम	वहनीयता	राजस्थान सौर
जलवायु मॉडलिंग	रुझान की भविष्यवाणी करता है	तत्परता	आईएमडी मानसून
पर्यावरण प्रबंधन	उत्सर्जन कम करता है	संरक्षण	पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की नीतियाँ

7. संभावित प्रश्न प्रकार

बहुविकल्पीय प्रश्न :

1. सौर स्थिरांक क्या है?

- (A) $1,368 \text{ W/m}^2$
(B) 500 W/m^2
(C) दोनों
(D) कोई नहीं।
(उत्तर: A)

2. अभिकथन-कारण :

अभिकथन (A): राजस्थान में सौर ऊर्जा की उच्च क्षमता है।

कारण (R): सूर्योत्तरप ~6 kWh/m²/दिन है।

(A) A और R दोनों सत्य हैं, तथा R, A की व्याख्या करता है।

(B) A और R दोनों सत्य हैं, लेकिन R, A की व्याख्या नहीं करता है।

(C) A सत्य है, R असत्य है।

(D) A गलत है, R सही है।

उत्तर: A

3. निम्नलिखित का मिलान करें :

अवधारणा	भूमिका
(A) सौर स्थिरांक	1. तरंगदैर्घ्य वितरण
(B) सूर्योत्तरप	2. ऊर्जा उत्पादन
(C) वर्णक्रमीय विशेषताएँ	3. सतही ऊर्जा
(D) संलयन	4. 1,368 वाट/मी ²

उत्तर: (A)-4, (B)-3, (C)-1, (D)-2

संख्यात्मक प्रश्न :

4. "यदि विकिरण $1,368 \text{ W/m}^2$ है, तो IR ऊर्जा की गणना करें, 49% IR है।"

(उत्तर: $\text{IR} = 1,368 \times 0.49 = 670.32 \text{ W/m}^2$)

जीवाश्म ईंधन: वर्गीकरण, संरचना, भौतिक-रासायनिक विशेषताएँ और कोयले की ऊर्जा सामग्री

परिचय

जीवाश्म ईंधन, विशेष रूप से कोयला, महत्वपूर्ण ऊर्जा स्रोत हैं, जो औद्योगिक और आर्थिक विकास को गति देते हैं, जबकि महत्वपूर्ण पर्यावरणीय चुनौतियाँ भी पेश करते हैं। **जीवाश्म ईंधन:** कोयले का वर्गीकरण, संरचना, भौतिक-रासायनिक विशेषताएँ और ऊर्जा सामग्री कोयले के वर्गीकरण (जैसे, एन्ड्रेसाइट, बिटुमिनस), संरचना (जैसे, ~ 70-90% कार्बन), भौतिक -रासायनिक विशेषताएँ (जैसे, कैलोरी मान ~ 25 MJ/kg, राख सामग्री ~ 10-20%), और ऊर्जा सामग्री, ऊर्जा उत्पादन और इसके पर्यावरणीय प्रभावों को समझने के लिए महत्वपूर्ण हैं। यह भाग कोयले के निर्माण, गुणों और बिजली उत्पादन (भारत की बिजली का ~ 40%) में अनुप्रयोगों के साथ-साथ CO₂ उत्सर्जन (भारत में ~ 2.6 Gt/वर्ष) जैसी पर्यावरणीय चिंताओं को कवर करता है। परीक्षाओं में अक्सर पूछे जाने वाले विषयों में कोयले के प्रकार, कैलोरी मान और खनन प्रभाव शामिल हैं।

1. जीवाश्म ईंधन के रूप में कोयले का अवलोकन

1.1 परिभाषा और महत्व

कोयला एक ज्वलनशील तलछटी चट्टान है जो प्राचीन पौधों की सामग्री से बना है, जो बिजली और औद्योगिक ऊर्जा के लिए एक प्रमुख जीवाश्म ईंधन के रूप में काम करता है। यह खंड इसके वर्गीकरण, संरचना, भौतिक -रासायनिक विशेषताओं और ऊर्जा सामग्री को कवर करता है।

• महत्वपूर्ण अवधारणाएँ :

- **वर्गीकरण :** पीट, लिंग्वाइट, बिटुमिनस, एन्ड्रेसाइट (कार्बन सामग्री के आधार पर)।
- **संरचना :** ~70–90% कार्बन, ~5–10% हाइड्रोजन, ~10–20% राख।
- **भौतिक-रासायनिक विशेषताएँ :** कैलोरी मान (~25 एमजे/किग्रा), नमी (~5–20%), सल्फर (~1–5%)।
- **ऊर्जा सामग्री :** ~20–30 एमजे/ किग्रा, प्रकार के अनुसार भिन्न होती है।

• पर्यावरण प्रणालियों में कार्य :

- **भूमंडल :** कोयला क्षेत्रों से निकाला गया (जैसे, झारखंड, भाग 1)।
- **वायुमंडल :** भारत में प्रतिवर्ष ~2.6 गीगाटन CO₂ उत्सर्जित होता है (भाग 9)।
- **जीवमंडल :** खनन से सुंदरवन की लगभग 400 प्रजातियाँ प्रभावित हो रही हैं (भाग 6)।

• पर्यावरण विज्ञान में महत्व :

- **भारत की 40% बिजली** (~100 बिलियन डॉलर/वर्ष उद्योग) को शक्ति प्रदान करता है।
- **ग्लोबल वार्मिंग** में योगदान (~0.7°C, भाग 5)
- **ऊर्जा नीति** की जानकारी देता है (उदाहरणार्थ, ~10% कोयला संरक्षण, भाग 10)।

• भारतीय संदर्भ :

- **कोयला :** ~100 मीट्रिक टन/वर्ष उत्पादन, ~300 बीटी भंडार।
- **अनुप्रयोग :** ताप विद्युत, इस्पात उत्पादन।
- **नीति :** कोयला मंत्रालय, पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय, राष्ट्रीय खनिज नीति।

1.2 ऐतिहासिक परिप्रेक्ष्य

- प्राचीन भारत : धातु विज्ञान में कोयले का उपयोग (उदाहरणार्थ, अर्थशास्त्र)।
- वैश्विक मील के पत्थर :
 - 18वीं शताब्दी : कोयले से औद्योगिक क्रांति को बढ़ावा मिला (उदाहरणार्थ, यूके.)।
 - 19वीं शताब्दी : कोयले वर्गीकरण औपचारिक हुआ (उदाहरणार्थ, रैनकिन)।
 - 20वीं शताब्दी : कोयले के पर्यावरणीय प्रभावों का अध्ययन (जैसे, अम्लीय वर्षा)।
- आधुनिक युग :
 - भारत की कोल इंडिया लिमिटेड (सीआईएल) उत्पादन में अग्रणी है (~100 मिलियन टन/वर्ष, 2025)।
 - वैश्विक अनुसंधान (जैसे, आईईए, 2023) 2025 तक कोयला उत्सर्जन का अध्ययन करता है।

1.3 जीवाश्म ईंधन के रूप में कोयले का दायरा

- वर्गीकरण : रैक के आधार पर प्रकार।
- संरचना : रासायनिक संरचना।
- भौतिक-रासायनिक विशेषताएँ : ऊर्जा गुण।
- ऊर्जा सामग्री : कैलोरी मान।
- भारतीय संदर्भ :
 - कोयला : ओडिशा के तालचेर क्षेत्र।
 - अनुप्रयोग : छत्तीसगढ़ के विद्युत संयंत्र।
 - नीति : पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय के उत्सर्जन नियंत्रण।

तालिका 1: जीवाश्म ईंधन के रूप में कोयले का दायरा

अवधारणा	केंद्र	भूमिका	भारतीय उदाहरण
वर्गीकरण	कोयले के प्रकार	ऊर्जा रैंकिंग	झारखंड बिटुमिनस
संघटन	रासायनिक संरचना	ऊर्जा क्षमता	ओडिशा कोयला
भौतिक-रासायनिक विशेषताएँ	ऊर्जा गुण	उपयोग	छत्तीसगढ़ के पौधे
ऊर्जा सामग्री	कैलोरी मान	विद्युत उत्पादन	तालचेर क्षेत्र
अनुप्रयोग	ऊर्जा उत्पादन	आर्थिक	पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की नीतियां

2. कोयले का वर्गीकरण

2.1 परिभाषा और प्रकार

कोयला वर्गीकरण, कोयले को उसकी श्रेणी के आधार पर वर्गीकृत करता है, जो भूवैज्ञानिक प्रक्रियाओं द्वारा निर्धारित कार्बन सामग्री, आयु और ऊर्जा क्षमता को दर्शाता है (भाग 6)।

- प्रकार :
 - पीट : ~50% कार्बन, कम ऊर्जा (~10 MJ/kg), पूर्ववर्ती।
 - लिग्नाइट : ~60-70% कार्बन, ~15 MJ/kg, उच्च नमी (~30-50%)।
 - बिटुमिनस : ~70-85% कार्बन, ~25 MJ/kg, ~10-20% नमी, भारत में प्रमुख प्रकार।
 - एन्हेसाइट : ~85-95% कार्बन, ~30 MJ/kg, कम नमी (~5%), उच्च ऊर्जा।
- वर्गीकरण मानदंड :
 - कार्बन सामग्री : रैक के साथ बढ़ती है।
 - नमी की मात्रा : रैक के साथ घटती है।
 - कैलोरी मान : रैक के साथ बढ़ता है।
- पर्यावरणीय भूमिका :
 - उपयोग का निर्धारण करता है (उदाहरण के लिए, बिजली के लिए बिटुमिनस, स्टील के लिए एन्हेसाइट)।

2.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- ऊर्जा उत्पादन : बिटुमिनस से भारत की लगभग 40% बिजली प्राप्त होती है।
- उत्सर्जन : कोयले से ~2.6 गीगाटन CO₂/वर्ष (भाग 9)।
- जैव विविधता : झारखंड में खनन से लगभग 10% प्रजातियां प्रभावित होती हैं।
- भारतीय संदर्भ :
 - वर्गीकरण : झारखंड का बिटुमिनस (~ 70% उत्पादन)।
 - खतरे : ~10% भूमि क्षरण।
 - शमन : पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की पुनर्ग्रहण नीतियाँ।

2.3 अनुप्रयोग

- **विद्युत उत्पादन :** भारत में कोयले से ~700 TWh /वर्ष।
- **उद्योग :** इस्पात, सीमेंट (~\$10 बिलियन/वर्ष)।
- **अनुसंधान :** कोयला अध्ययन (जैसे, आईआईटी)।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - **विद्युत :** छत्तीसगढ़ के ताप विद्युत संयंत्र।
 - **नीति :** कोयला मंत्रालय की उत्पादन योजनाएँ।

2.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या :** यदि बिटुमिनस कोयला 80% कार्बन है, कुल द्रव्यमान = 1,000 किग्रा है, तो कार्बन सामग्री की गणना करें।
- **समाधान :**
 - कार्बन = $1,000 \times 0.8 = 800$ किग्रा।
- **प्रासंगिकता :** परीक्षण वर्गीकरण, संरचना से जुड़ा हुआ।

2.5 भारतीय केस स्टडी: झारखण्ड बिटुमिनस कोयला

- **संदर्भ :** झारखण्ड में प्रतिवर्ष ~70 मीट्रिक टन बिटुमिनस कोयला उत्पादित होता है (सीआईएल, 2025)।
- **आवेदन :**
 - **वर्गीकरण :** ~70–85% कार्बन, ~25 एमजे/किग्रा।
 - **प्रभाव :** ~\$10 बिलियन/वर्ष बिजली उत्पादन, ~2 मीट्रिक टन CO₂ उत्सर्जन।
- **प्रभाव :**
 - पर्यावरण: ~10% वन हानि।
 - आर्थिक: ~\$1 बिलियन/वर्ष उद्योग।
- **शमन :** पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय का उत्सर्जन नियंत्रण, सीआईएल का पुनर्ग्रहण।

3. कोयले की संरचना

3.1 परिभाषा और घटक

कोयले की संरचना से तात्पर्य उसके रासायनिक स्वरूप से है, जो ऊर्जा क्षमता और पर्यावरणीय प्रभावों का निर्धारण करता है।

- **अवयव :**
 - **कार्बन :** ~70–90%, प्राथमिक ऊर्जा स्रोत।
 - **हाइड्रोजन :** ~5–10 %, कैलोरी मान बढ़ाता है।
 - **ऑक्सीजन :** ~5–20 %, ऊर्जा सामग्री को कम करता है।
 - **सल्फर :** ~1–5 %, SO₂ उत्सर्जन का कारण बनता है।
 - **नाइट्रोजन :** ~1–2 %, NO_x बनाता है।
 - **राख :** ~10–20%, गैर-दहनशील अवशेष।
 - **नमी :** ~5–20 %, दक्षता कम करती है।
- **विश्लेषण :**
 - **समीपस्थ :** नमी, राख, वाष्पशील पदार्थ, स्थिर कार्बन।
 - **परम :** मौलिक (सी, एच, ओ, एन, एस)।
- **पर्यावरणीय भूमिका :**
 - उत्सर्जन को प्रभावित करता है (उदाहरण के लिए, ~2.6 Gt CO₂ /वर्ष)।

3.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- **उत्सर्जन :** सल्फर से ~2 मीट्रिक टन SO₂/वर्ष।
- **प्रदूषण :** ~10–20% राख निपटान संबंधी समस्याएं।
- **जलवायु :** ~0.7°C तापमान वृद्धि का योगदान।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - **संरचना :** ओडिशा का ~80% कार्बन कोयला।
 - **खतरे :** नदियों में ~1 मिलीग्राम/लीटर राख का बहाव।
 - **शमन :** पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय के उत्सर्जन मानक।

3.3 अनुप्रयोग

- **ऊर्जा उत्पादन :** ~700 TWh /वर्ष बिजली।
- **उद्योग :** इस्पात उत्पादन (~\$10 बिलियन/वर्ष)।
- **अनुसंधान :** संरचना अध्ययन (जैसे, एनबीआरआई)।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - **ऊर्जा :** तालचेर विद्युत संयंत्र।
 - **नीति :** केंद्रीय प्रदूषण नियंत्रण बोर्ड (सीपीसीबी)।

3.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या :** यदि कोयले में 15% राख है, कुल द्रव्यमान = 1,000 किग्रा है, तो राख की उपज की गणना करें।
- **समाधान :**
 - राख = $1,000 \times 0.15 = 150$ किग्रा.
- **प्रासंगिकता :** प्रदूषण से जुड़ी संरचना का परीक्षण।

3.5 भारतीय केस स्टडी: ओडिशा कोयला संरचना

- **संदर्भ :** ओडिशा के कोयले में ~80% कार्बन, ~15% राख है (सीआईएल, 2025)।
- **आवेदन :**
 - **संरचना :** उच्च कार्बन, ~25 MJ/kg.
 - **प्रभाव :** ~5 बिलियन डॉलर प्रतिवर्ष बिजली, ~1 मीट्रिक टन राख प्रतिवर्ष।
- **प्रभाव :**
 - पर्यावरण: ~10% प्रदूषण.
 - आर्थिक: ~\$500 मिलियन/वर्ष उद्योग।
- **शमन :** सीपीसीबी का राख प्रबंधन, एमओईएफसीसी।

4. कोयले की भौतिक-रासायनिक विशेषताएं

4.1 परिभाषा और गुण

भौतिक-रासायनिक विशेषताएं कोयले के भौतिक (जैसे, घनत्व) और रासायनिक (जैसे, कैलोरी मान) गुणों को परिभाषित करती हैं, जो इसके उपयोग और पर्यावरणीय प्रभाव को प्रभावित करती हैं।

- **भौतिक गुण :**
 - **घनत्व :** ~1.3–1.8 ग्राम/ सेमी³, रैंक के अनुसार भिन्न होता है।
 - **छिद्रता :** ~5–20%, दहन को प्रभावित करती है।
 - **कठोरता :** ~1–3 मोहस, एन्ड्रेसाइट सबसे कठोर।
- **रासायनिक गुण :**
 - **कैलोरी मान :** ~20–30 MJ/kg, बिटुमिनस ~25 MJ/kg.
 - **नमी की मात्रा :** ~5–20 %, दक्षता कम कर देती है।
 - **सल्फर सामग्री :** ~1–5 %, अम्लीय वर्षा का कारण बनती है।
 - **राख सामग्री :** ~10–20%, अपशिष्ट उत्पाद।
- **पर्यावरणीय भूमिका :**
 - दहन दक्षता निर्धारित करता है (उदाहरणार्थ, भारत की ~40% बिजली)।

4.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- **उत्सर्जन :** सल्फर से ~2 मीट्रिक टन SO₂/वर्ष।
- **अपशिष्ट :** ~10–20% राख निपटान (ओडिशा में ~1 मीट्रिक टन/वर्ष)।
- **जलवायु :** ~2.6 Gt CO₂ / वर्ष योगदान.
- **भारतीय संदर्भ :**
 - **विशेषताएँ :** छत्तीसगढ़ का ~25 MJ/kg कोयला।
 - **खतरे :** ~10% राख प्रदूषण.
 - **शमन :** पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय का उत्सर्जन नियंत्रण।

4.3 अनुप्रयोग

- **विद्युत उत्पादन :** कोयले से ~700 TWh /वर्ष।
- **उद्योग :** सीमेंट, इस्पात (~\$10 बिलियन/वर्ष)।
- **अनुसंधान :** संपत्ति अध्ययन (जैसे, आईआईटी)।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - **बिजली :** झारखंड के ताप विद्युत संयंत्र।
 - **नीति :** सीपीसीबी के मानक।

4.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या :** यदि बिटुमिनस कोयला 25 MJ/kg है, तथा 1,000 kg जलाया जाता है, तो कैलोरी मान योगदान की गणना करें।
- **समाधान :**
 - ऊर्जा = $25 \times 1,000 = 25,000$ एमजे = 25 जीजे।
- **प्रासंगिकता :** ऊर्जा से जुड़ी विशेषताओं का परीक्षण करता है।

4.5 भारतीय केस स्टडी: छत्तीसगढ़ कोयला विशेषताएँ

- **संदर्भ:** छत्तीसगढ़ के कोयले में ~25 MJ/kg, ~15% राख है (CIL, 2025)।
- **आवेदन:**
 - **विशेषताएँ:** उच्च ऊष्मीय मान, प्रति वर्ष ~5 बिलियन डॉलर की बिजली उत्पादन क्षमता।
 - **प्रभाव:** ~1 मीट्रिक टन राख/वर्ष, ~2 मीट्रिक टन CO₂ उत्सर्जन।
- **प्रभाव:**
 - पर्यावरण: ~10% प्रदूषण.
 - आर्थिक: ~\$500 मिलियन/वर्ष उद्योग।
- **शमन:** सीपीसीबी का राख निपटान, एमओईएफसीसी।

5. कोयले की ऊर्जा सामग्री

5.1 परिभाषा और माप

ऊर्जा सामग्री कोयले के दहन से निकलने वाली ऊष्मा ऊर्जा है, जिसे कैलोरी मान (एमजे/किग्रा) के रूप में मापा जाता है।

- **प्रकार:**
 - **सकल कैलोरी मान (जीसीवी):** जल वाष्प सहित कुल ऊष्मा (~25 एमजे/किग्रा बिटुमिनस)।
 - **शुद्ध कैलोरी मान (एनसीवी):** जल वाष्प को छोड़कर (~ 23 एमजे/किग्रा बिटुमिनस)।
- **कारक:**
 - **कार्बन सामग्री:** उच्च कार्बन, उच्च ऊर्जा (~ 70-90%)।
 - **नमी:** ऊर्जा कम करती है (~5-20%).
 - **राख:** गैर- दहनशील, ऊर्जा कम करती है (~ 10-20%)।
- **माप:**
 - **बम कैलोरीमीटर:** ऊष्मा उत्सर्जन को मापता है।
- **पर्यावरणीय भूमिका:**
 - भारत की लगभग 40% बिजली की आपूर्ति करता है।

5.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- **उत्सर्जन:** उच्च ऊर्जा कोयले से ~2.6 गीगाटन CO₂/वर्ष।
- **दक्षता:** उच्च एनसीवी ईंधन के उपयोग को कम करता है (~ 10% बचत)।
- **अपशिष्ट:** ज्ञारखंड में ~1 मीट्रिक टन राख/वर्ष।
- **भारतीय संदर्भ:**
 - **ऊर्जा सामग्री:** तालचेर का ~25 MJ/kg कोयला।
 - **खतरे:** ~10% उत्सर्जन वृद्धि.
 - **शमन:** पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय के दक्षता मानक।

5.3 अनुप्रयोग

- **विद्युत उत्पादन:** ~700 TWh /वर्ष बिजली.
- **उद्योग:** इस्पात उत्पादन (~\$10 बिलियन/वर्ष).
- **अनुसंधान:** ऊर्जा अध्ययन (जैसे, आईआईटी)।
- **भारतीय संदर्भ:**
 - **बिजली:** ओडिशा के ताप विद्युत संयंत्र।
 - **नीति:** कोयला मंत्रालय की दक्षता योजनाएँ।

5.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या:** NCV = 23 MJ/kg लेकर 1,000 kg कोयले से ऊर्जा की गणना करें।
- **समाधान:**
 - ऊर्जा = $23 \times 1,000 = 23,000$ एमजे = 23 जीजे।
- **प्रासंगिकता:** शक्ति से जुड़ी ऊर्जा सामग्री का परीक्षण करता है।

5.5 भारतीय केस स्टडी: तालचेर कोयला ऊर्जा सामग्री

- **संदर्भ:** तालचेर के कोयले में ~25 MJ/kg GCV है (CIL, 2025)।
- **आवेदन:**
 - **ऊर्जा सामग्री:** प्रति वर्ष ~5 बिलियन डॉलर की बिजली प्रदान करती है।
 - **प्रभाव:** ~1 मीट्रिक टन CO₂ /वर्ष, ~500 kt राख।
- **प्रभाव:**
 - पर्यावरण: ~10% प्रदूषण.
 - आर्थिक: ~\$500 मिलियन/वर्ष उद्योग।
- **शमन:** सीपीसीबी का उत्सर्जन नियंत्रण, एमओईएफसीसी।

6. कोयला प्रणालियों पर मानवीय प्रभाव

6.1 खनन

- **तंत्र :** खुला गड्ढा, भूमिगत।
- **प्रभाव :**
 - **पर्यावरण :** ~10% वन हानि।
 - **उत्सर्जन :** ~2.6 गीगाटन CO₂ / वर्ष।
- **भारतीय संदर्भ :** झारखंड खनन।
- **शमन :** पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय का पुनर्ग्रहण।

6.2 प्रदूषण

- **तंत्र :** राख, SO₂ उत्सर्जन।
- **प्रभाव :**
 - **जल :** ~1 मिग्रा/लीटर Pb अपवाह.
 - **वायु :** ~2 मीट्रिक टन SO₂ / वर्ष।
- **भारतीय संदर्भ :** गंगा प्रदूषण।
- **शमन :** सीपीसीबी के मानक।

6.3 अति प्रयोग

- **तंत्र :** उच्च खपत।
- **प्रभाव :**
 - **संसाधन :** ~10% कमी।
 - **जलवायु :** ~0.7°C तापमान वृद्धि।
- **भारतीय संदर्भ :** छत्तीसगढ़ के पौधे।
- **शमन :** एमएनआरई की नवीकरणीय ऊर्जा।

7. कोयला ऊर्जा के अनुप्रयोग

7.1 विद्युत उत्पादन

- **भूमिका :** बिजली आपूर्ति।
- **अनुप्रयोग :**
 - तापीय संयंत्र (~700 TWh / वर्ष)।
 - प्रिड स्थिरता (~40% भारत)।
- **भारतीय संदर्भ :** झारखंड के पौधे।

7.2 औद्योगिक उपयोग

- **भूमिका :** विनिर्माण।
- **अनुप्रयोग :**
 - इस्पात, सीमेंट (~\$10 बिलियन/वर्ष)।
 - रासायनिक उत्पादन।
- **भारतीय संदर्भ :** ओडिशा इस्पात।

7.3 पर्यावरण प्रबंधन

- **भूमिका :** प्रभावों को कम करना।
- **अनुप्रयोग :**
 - उत्सर्जन नियंत्रण (जैसे, सीपीसीबी)।
 - राख का उपयोग (जैसे, सीमेंट)।
- **भारतीय संदर्भ :** पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की नीतियाँ।

तालिका 3: कोयला ऊर्जा के अनुप्रयोग

आवेदन	विवरण	फ़ायदे	भारतीय उदाहरण
विद्युत उत्पादन	विद्युत आपूर्ति	ऊर्जा	झारखंड के पौधे
औद्योगिक उपयोग	उत्पादन	आर्थिक	ओडिशा स्टील
पर्यावरण प्रबंधन	प्रभाव को कम करता है	वहनीयता	पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय की नीतियाँ

8. संभावित प्रश्न प्रकार

बहुविकल्पीय प्रश्न :

1. किस कोयले में सबसे अधिक कार्बन होता है?

(A) एन्थ्रेसाइट

(B) पीट

(C) दोनों

(D) कोई नहीं।

(उत्तर: A)

2. अभिकथन-कारण :

अभिकथन (A): झारखंड का कोयला बिटुमिनस है।

कारण (R): इसमें ~70-85% कार्बन होता है।

(A) A और R दोनों सत्य हैं, तथा R, A की व्याख्या करता है।

(B) A और R दोनों सत्य हैं, लेकिन R, A की व्याख्या नहीं करता है।

(C) A सत्य है, R असत्य है।

(D) A गलत है, R सही है।

उत्तर: A

3. निम्नलिखित का मिलान करें :

अवधारणा	भूमिका
(A) एन्थ्रेसाइट	1. उच्च राख
(B) बिटुमिनस	2. उच्च कार्बन
(C) लिम्नाइट	3. विद्युत उत्पादन
(D) थोड़ा सा	4. उच्च नमी

उत्तर: (A)-2, (B)-3, (C)-4, (D)-1

संख्यात्मक प्रश्न :

4. "500 किलोग्राम कोयले से ऊर्जा की गणना करें, GCV = 25 MJ/kg."

(उत्तर: ऊर्जा = $25 \times 500 = 12,500 \text{ MJ} = 12.5 \text{ GJ}$)

जीवाश्म ईंधन: पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस, शेल तेल, कोल बेड मीथेन, गैस हाइड्रेट्स

परिचय

पेट्रोलियम, प्राकृतिक गैस और अपरंपरागत ईंधन जैसे शेल ऑयल, कोल बेड मीथेन (CBM), और गैस हाइड्रेट्स वैश्विक और भारतीय ऊर्जा प्रणालियों को शक्ति प्रदान करने वाले महत्वपूर्ण जीवाश्म ईंधन हैं, लेकिन उनका निष्कर्षण और उपयोग महत्वपूर्ण पर्यावरणीय चुनौतियां पेश करता है। UGC NET JRF पर्यावरण विज्ञान पाठ्यक्रम में यूनिट-V के तीसरे विषय के रूप में, **जीवाश्म ईंधन: पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस, शेल ऑयल, कोल बेड मीथेन, गैस हाइड्रेट्स इन ईंधनों के वर्गीकरण (जैसे, कच्चा तेल, सूखी गैस), संरचना (जैसे, पेट्रोलियम में ~80-85% कार्बन), भौतिक -रासायनिक लक्षण (जैसे, तेल के लिए ~ 50 MJ /kg) और ऊर्जा सामग्री के साथ-साथ CBM (~80-90% CH₄) और गैस हाइड्रेट्स जैसे अपरंपरागत स्रोतों की पड़ताल करता है। परीक्षाओं में अक्सर पूछे जाने वाले विषयों में तेल संरचना, सीबीएम निष्कर्षण, और हाइड्रेट क्षमता शामिल हैं।**

1. पेट्रोलियम, प्राकृतिक गैस, शेल ऑयल, सीबीएम और गैस हाइड्रेट्स का अवलोकन

1.1 परिभाषा और महत्व

पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस हाइड्रोकार्बन आधारित जीवाश्म ईंधन हैं जो प्राचीन कार्बनिक पदार्थों से बने हैं, जबकि शेल तेल, कोल बेड मीथेन (सीबीएम) और गैस हाइड्रेट्स अनोखे निष्कर्षण विधियों वाले अपरंपरागत ईंधन हैं। यह खंड उनके वर्गीकरण, संरचना, विशेषताओं और ऊर्जा सामग्री को कवर करता है।

• महत्वपूर्ण अवधारणाएं :

- **पेट्रोलियम** : तरल हाइड्रोकार्बन, ~80-85% कार्बन, ~50 एमजे/किग्रा.
- **प्राकृतिक गैस** : गैसीय हाइड्रोकार्बन, ~90% CH₄, ~55 MJ/किग्रा.
- **शेल तेल** : शेल चट्टान से तेल, ~40 MJ/kg, फ्रैक्टिंग के माध्यम से निकाला गया।
- **सीबीएम** : कोयला परतों से मीथेन, ~80-90% सीएच₄, ~30 एमजे/एम³।
- **गैस हाइड्रेट्स** : बर्फ में फंसी मीथेन, ~160 m³ गैस/m³ हाइड्रेट।

• पर्यावरण प्रणालियों में कार्य :

- **भूमंडल** : भण्डारों से निकाला गया (जैसे, असम तेल, भाग 1)।
- **वायुमंडल** : भारत में प्रतिवर्ष ~2.6 गीगाटन CO₂ उत्सर्जित होता है (भाग 9)।
- **जीवमंडल** : निष्कर्षण से गंगा की लगभग 200 प्रजातियां प्रभावित होंगी (भाग 6)।

- पर्यावरण विज्ञान में महत्व :**
 - भारत की 30% ऊर्जा (+10 बिलियन डॉलर/वर्ष तेल क्षेत्र) को शक्ति प्रदान करता है।
 - ग्लोबल वार्मिंग में योगदान (~0.7°C, भाग 5)
 - नीति की जानकारी देता है (उदाहरणार्थ, ~10% तेल संरक्षण, भाग 10)।
- भारतीय संदर्भ :**
 - पेट्रोलियम/प्राकृतिक गैस :** ~10 मीट्रिक टन/वर्ष तेल, ~50 बीसीएम /वर्ष गैस उत्पादन।
 - शेल ऑयल/सीबीएम :** गुजरात का शेल, झारखंड का सीबीएम (~1 बीसीएम /वर्ष)।
 - गैस हाइड्रेट्स :** कृष्णा-गोदावरी बेसिन क्षमता (~ 1,900 टीसीएम)।
 - नीति :** पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस मंत्रालय (एमओपीएनजी), एमओईएफसीसी।

1.2 ऐतिहासिक परिप्रेक्ष्य

- प्राचीन भारत :** लैप में तेल का उपयोग (अर्थशास्त्र); खानों में मीथेन का उल्लेख।
- वैश्विक मील के पत्थर :**
 - 19वीं शताब्दी :** तेल की ड्रिलिंग शुरू हुई (उदाहरणार्थ, पेन्सिलवेनिया, 1859)।
 - 20वीं शताब्दी :** प्राकृतिक गैस का व्यवसायीकरण (उदाहरणार्थ, 1920 का दशक)।
 - 2000 का दशक :** शेल तेल, सीबीएम, हाइड्रेट्स का अन्वेषण (जैसे, यूएस फ्रैकिंग)।
- आधुनिक युग :**
 - भारत की ओएनजीसी तेल/गैस में अग्रणी है (~10 मीट्रिक टन/वर्ष, 2025)।
 - वैश्विक अनुसंधान (जैसे, आईईए, 2023) 2025 तक हाइड्रेट्स का अध्ययन करता है।

1.3 पेट्रोलियम, प्राकृतिक गैस, शेल ऑयल, सीबीएम और गैस हाइड्रेट्स का दायरा

- पेट्रोलियम/प्राकृतिक गैस :** पारंपरिक हाइड्रोकार्बन।
- शेल तेल :** अपरंपरागत तेल।
- सीबीएम :** कोयला सीम गैस।
- गैस हाइड्रेट्स :** बर्फ में मीथेन।
- भारतीय संदर्भ :**
 - ईंधन :** असम का तेल, गुजरात का गैस।
 - अपरंपरागत :** झारखंड के सीबीएम, केजी बेसिन हाइड्रेट्स।
 - नीति :** पेट्रोलियम एवं प्राकृतिक गैस मंत्रालय, पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय टिकाऊ निष्कर्षण को बढ़ावा देते हैं।

तालिका 1: पेट्रोलियम, प्राकृतिक गैस, शेल ऑयल, सीबीएम और गैस हाइड्रेट्स का दायरा

अवधारणा	केंद्र	भूमिका	भारतीय उदाहरण
पेट्रोलियम	तरल हाइड्रोकार्बन	ऊर्जा आपूर्ति	असम तेल क्षेत्र
प्राकृतिक गैस	गैसीय हाइड्रोकार्बन	विद्युत उत्पादन	गुजरात गैस
शेल का तेल	शेल रॉक तेल	अपरंपरागत ऊर्जा	गुजरात शेल
सीबीएम	कोयला सीम मीथेन	गैस ऊर्जा	झारखंड सीबीएम
गैस हाइड्रेट्स	बर्फ में मीथेन	भविष्य की ऊर्जा	केजी बेसिन हाइड्रेट्स
अनुप्रयोग	ऊर्जा उत्पादन	वहनीयता	MoPNG नीतियां

2. पेट्रोलियम

2.1 परिभाषा और गुण

पेट्रोलियम (कच्चा तेल) प्राचीन समुद्री जीवों से निर्मित एक तरल जीवाशम ईंधन है, जिसका उपयोग ईंधन और पेट्रोरसायनों के लिए किया जाता है।

- वर्गीकरण :**
 - हल्का कच्चा तेल :** कम घनत्व (~0.8 ग्राम/सेमी³), उच्च API गुरुत्वाकर्षण (~40°)।
 - भारी कच्चा तेल :** उच्च घनत्व (~0.9 ग्राम/सेमी³), कम एपीआई (~20°)।
 - मीठा/खट्टा :** कम/उच्च सल्फर (~0.5–2%).
- संघटन :**
 - कार्बन :** ~80–85%.
 - हाइड्रोजन :** ~10–14%.
 - सल्फर :** ~0.5–2%.
 - नाइट्रोजन/ऑक्सीजन :** ~1–2%.

- **भौतिक-रासायनिक विशेषताएँ :**
 - कैलोरी मान : ~50 MJ/किग्रा .
 - घनत्व : ~0.8–0.9 ग्राम/सेमी³.
 - चिपचिपापन : ~10–100 सीपी.
- **ऊर्जा सामग्री :** ~45–50 MJ/kg, हाइड्रोकार्बन के कारण उच्च।
- **पर्यावरणीय भूमिका :**
 - भारत की लगभग 30% ऊर्जा को शक्ति प्रदान करता है (जैसे, असम)।

2.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- **उत्सर्जन :** भारत में तेल से ~1 गीगाटन CO₂/वर्ष।
- **प्रदूषण :** तेल रिसाव (विश्व स्तर पर ~10 kt /वर्ष)।
- **जैव विविधता :** रिसाव क्षेत्रों में ~10% प्रजातियों की हानि।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - **पेट्रोलियम :** असम का ~10 मीट्रिक टन/वर्ष उत्पादन।
 - **खतरे :** नदियों में ~1 मिलीग्राम/लीटर तेल।
 - **शमन :** पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय का रिसाव नियंत्रण।

2.3 अनुप्रयोग

- **ऊर्जा :** ईधन (भारत में ~\$10 बिलियन/वर्ष)।
- **पेट्रोकेमिकल्स :** प्लास्टिक, उर्वरक (~\$5 बिलियन/वर्ष)।
- **अनुसंधान :** तेल अध्ययन (जैसे, आईआईटी)।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - **ऊर्जा :** ओएनजीसी की रिफाइनरियां।
 - **नीति :** पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस मंत्रालय की उत्पादन योजनाएँ।

2.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या :** 1,000 किग्रा पेट्रोलियम से ऊर्जा की गणना करें, कैलोरी मान = 50 MJ/kg.
- **समाधान :**
 - ऊर्जा = $50 \times 1,000 = 50,000$ एमजे = 50 जीजे।
- **प्रासंगिकता :** ईधन से जुड़ी ऊर्जा सामग्री का परीक्षण।

2.5 भारतीय केस स्टडी: असम तेल क्षेत्र

- **संदर्भ :** असम ~10 मीट्रिक टन/वर्ष कच्चे तेल का उत्पादन करता है (ओएनजीसी, 2025)।
- **आवेदन :**
 - **पेट्रोलियम :** ~80% कार्बन, ~50 MJ/kg.
 - **प्रभाव :** ~\$5 बिलियन/वर्ष ऊर्जा, ~0.5 Gt CO₂ उत्सर्जन।
- **प्रभाव :**
 - **पर्यावरण:** ~10% आवास क्षति।
 - **आर्थिक:** ~\$1 बिलियन/वर्ष उद्योग।
- **शमन :** पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय का रिसाव प्रबंधन, ओएनजीसी।

3. प्राकृतिक गैस

3.1 परिभाषा और गुण

प्राकृतिक गैस एक गैसीय जीवाशम ईधन है, मुख्यतः मीथेन, जो पेट्रोलियम के साथ या स्वतंत्र रूप से बनता है।

- **वर्गीकरण :**
 - **शुष्क गैस :** उच्च CH₄ (~90%), कम तरल पदार्थ।
 - **गीली गैस :** इसमें इथेन, प्रोपेन (~10%) होता है।
 - **संबद्ध/गैर-संबद्ध :** तेल के साथ/बिना।
- **संघटन :**
 - **मीथेन :** ~90%.
 - **इथेन/प्रोपेन :** ~5–10%.
 - **CO₂ / N₂ :** ~ 1–5 %.
 - **सल्फर :** ट्रेस (~0.1%).

- **भौतिक-रासायनिक विशेषताएँ :**
 - कैलोरी मान : ~55 MJ/kg (~38 MJ/m³).
 - घनत्व : ~0.7 किग्रा/मी³.
 - ज्वलनशीलता : उच्च, ~5–15% वायु मिश्रण।
- **ऊर्जा सामग्री :** ~50–55 MJ/kg, स्वच्छ-जलन।
- **पर्यावरणीय भूमिका :**
 - भारत की लगभग 10% ऊर्जा की आपूर्ति करता है (जैसे, गुजरात)।

3.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- **उत्सर्जन :** ~0.5 गीगाटन CO₂ / वर्ष, कोयले से कम।
- **रिसाव :** ~1% मीथेन हानि, उच्च GWP (~25× CO₂)।
- **पारिस्थितिकी तंत्र :** पाइपलाइनों से ~5% आवास की क्षति।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - प्राकृतिक गैस : ~50 बीसीएम /वर्ष उत्पादन।
 - खतरे : ~0.1 मीट्रिक टन मीथेन रिसाव।
 - शमन : पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय का उत्सर्जन नियंत्रण।

3.3 अनुप्रयोग

- **ऊर्जा :** बिजली, तापन (~\$5 बिलियन/वर्ष)।
- **उद्योग :** उर्वरक, रसायन (~\$2 बिलियन/वर्ष)।
- **अनुसंधान :** गैस अध्ययन (जैसे, आईआईटी)।
- **भारतीय संदर्भ :**
 - ऊर्जा : गुजरात के एलएनजी टर्मिनल।
 - नीति : गैस अथॉरिटी ऑफ इंडिया लिमिटेड (गोल)।

3.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या :** 1,000 m³ प्राकृतिक गैस से ऊर्जा की गणना करें, कैलोरी मान = 38 MJ/m³.
- **समाधान :**
 - ऊर्जा = $38 \times 1,000 = 38,000$ एमजे = 38 जीजे।
- **प्रासंगिकता :** गैस से जुड़ी ऊर्जा सामग्री का परीक्षण करता है।

3.5 भारतीय केस स्टडी: गुजरात प्राकृतिक गैस

- **संदर्भ :** गुजरात प्रतिवर्ष ~20 बीसीएम प्राकृतिक गैस का उत्पादन करता है (गोल, 2025)।
- **आवेदन :**
 - प्राकृतिक गैस : ~90% CH₄, ~38 MJ/m³.
 - प्रभाव : ~2 बिलियन डॉलर प्रति वर्ष ऊर्जा, ~0.2 गीगाटन CO₂ उत्सर्जन।
- **प्रभाव :**
 - पर्यावरण: ~5% पाइपलाइन प्रभाव।
 - आर्थिक: ~\$500 मिलियन/वर्ष उद्योग।
- **शमन :** पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय का रिसाव नियंत्रण, गोल।

4. शेल तेल

4.1 परिभाषा और गुण

शेल तेल हाइड्रोलिक फ्रैक्चरिंग (फ्रैकिंग) के माध्यम से शेल चट्टान से निकाला गया तेल है, जो एक अपरंपरागत ईंधन है।

- **वर्गीकरण :**
 - टाइट ऑयल : कम पारगम्यता वाला शेल।
 - केरोजेन तेल : तापीय रूप से परिपक्व शेल।
- **संघटन :**
 - कार्बन : ~80%.
 - हाइड्रोजन : ~10%.
 - सल्फर : ~1–2%.
- **भौतिक-रासायनिक विशेषताएँ :**
 - कैलोरी मान : ~40 MJ/किग्रा .
 - घनत्व : ~0.85 ग्राम/सेमी³.
 - चिपचिपापन : ~20–50 सीपी।

- **ऊर्जा सामग्री** : ~35–40 एमजे/ किग्रा, कच्चे तेल से कम।
- **पर्यावरणीय भूमिका** :
 - उभरता हुआ ईंधन (जैसे, गुजरात परीक्षण)।

4.2 पर्यावरणीय प्रभाव

- **उत्सर्जन** : भारत में फ्रैकिंग से ~0.1 गीगाटन CO₂ / वर्ष।
- **जल उपयोग** : ~10,000 m³/कुआं, उच्च मांग।
- **भूमि** : फ्रैकिंग से ~5% क्षरण।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **शेल ऑयल** : गुजरात के कैम्बे बेसिन परीक्षण।
 - **खतरे** : ~10% भूजल संदूषण का खतरा।
 - **शमन** : पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय के फ्रैकिंग विनियम।

4.3 अनुप्रयोग

- **ऊर्जा** : ईंधन (~\$100 मिलियन/वर्ष परीक्षण)।
- **पेट्रोकेमिकल्स** : सीमित उपयोग (~\$10 मिलियन/वर्ष)।
- **अनुसंधान** : फ्रैकिंग अध्ययन (जैसे, आईआईटी)।
- **भारतीय संदर्भ** :
 - **ऊर्जा** : ओएनजीसी के शेल परीक्षण।
 - **नीति** : पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस मंत्रालय की अन्वेषण योजनाएँ।

4.4 संख्यात्मक उदाहरण

- **समस्या** : 1,000 किग्रा शेल तेल से ऊर्जा की गणना करें, कैलोरी मान = 40 MJ/kg.
- **समाधान** :
 - ऊर्जा = $40 \times 1,000 = 40,000$ एमजे = 40 जीजे।
- **प्रासंगिकता** : शेल से जुड़ी ऊर्जा सामग्री का परीक्षण।

4.5 भारतीय केस स्टडी: गुजरात शेल ऑयल

- **संदर्भ** : गुजरात के कैम्बे बेसिन में ~0.1 मीट्रिक टन/वर्ष शेल तेल का परीक्षण (ओएनजीसी, 2025)।
- **आवेदन** :
 - **शेल तेल** : ~40 एमजे/किग्रा, फ्रैकिंग आधारित।
 - **प्रभाव** : ~\$100 मिलियन/वर्ष सम्भावित, ~0.01 Gt CO₂ उत्सर्जन।
- **प्रभाव** :
 - **पर्यावरण**: ~10% जल तनाव।
 - **आर्थिक**: उभरता हुआ उद्योग।
- **शमन** : पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय का जल प्रबंधन, ओएनजीसी।

5. कोल बेड मीथेन (सीबीएम)

5.1 परिभाषा और गुण

कोल बेड मीथेन (सीबीएम) कोयला परतों में अवशोषित मीथेन है, जिसे एक अपरंपरागत गैस के रूप में निकाला जाता है।

- **वर्गीकरण** :
 - **प्राथमिक सीबीएम** : उच्च सीएच₄ (~ 80-90%)।
 - **द्वितीयक सीबीएम** : मिश्रित गैसें (~10% CO₂)।
- **संघटन** :
 - **मीथेन** : ~80–90%.
 - **CO₂ / N₂** : ~ 5–10 %.
 - **इथेन** : ट्रेस (~1%).
- **भौतिक-रासायनिक विशेषताएँ** :
 - **कैलोरी मान** : ~30 MJ/m³.
 - **घनत्व** : ~0.7 किग्रा/मी³.
 - **दबाव** : सीमों में ~1–10 एमपीए.
- **ऊर्जा सामग्री** : ~25–30 MJ/m³, प्राकृतिक गैस के समान।
- **पर्यावरणीय भूमिका** :
 - **स्वच्छ ईंधन** (जैसे, झारखंड)।

5.2 पर्यावरणीय प्रभाव

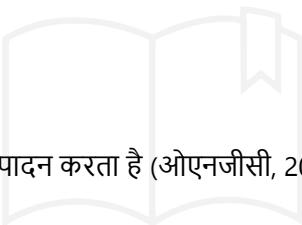
- उत्सर्जन : भारत में CBM से ~0.05 Gt CO₂ / वर्ष।
- जल : ~5,000 m³/कुओं निर्जलीकरण।
- भूमि : ~5% कोयला क्षेत्र क्षरण।
- भारतीय संदर्भ :
 - सीबीएम : झारखंड में ~1 बीसीएम /वर्ष।
 - खतरे : ~5% मीथेन रिसाव।
 - शमन : पर्यावरण, वन और जलवायु परिवर्तन मंत्रालय के नियम।

5.3 अनुप्रयोग

- ऊर्जा : बिजली, तापन (~\$100 मिलियन/वर्ष).
- उद्योग : रसायन (~\$50 मिलियन/वर्ष).
- अनुसंधान : सीबीएम अध्ययन (जैसे, आईआईटी)।
- भारतीय संदर्भ :
 - ऊर्जा : झारखंड के सीबीएम क्षेत्र।
 - नीति : पेट्रोलियम और प्राकृतिक गैस मंत्रालय की सीबीएम नीति।

5.4 संख्यात्मक उदाहरण

- समस्या : यदि 1,000 m³ CBM 90% CH₄ है तो मीथेन उपज की गणना करें।
- समाधान :
 - मीथेन = $1,000 \times 0.9 = 900 \text{ m}^3$.
- प्रासंगिकता : ऊर्जा से जुड़ी संरचना का परीक्षण।



5.5 भारतीय केस स्टडी: झारखंड सीबीएम

- संदर्भ : झारखंड ~1 बीसीएम /वर्ष सीबीएम का उत्पादन करता है (ओएनजीसी, 2025)।
- आवेदन :
 - सीबीएम : ~80% सीएच₄, ~30 एमजे/एम³.
 - प्रभाव : ~\$100 मिलियन/वर्ष ऊर्जा, ~0.01 Gt CO₂ उत्सर्जन।
- प्रभाव :
 - पर्यावरण: ~5% जल उपयोग.
 - आर्थिक: उभरता हुआ उद्योग।
- शमन : पर्यावरण, वन एवं जलवायु परिवर्तन मंत्रालय का रिसाव नियंत्रण, ओएनजीसी।

6. गैस हाइड्रेट्स

6.1 परिभाषा और गुण

गैस हाइड्रेट्स क्रिस्टलीय ठोस पदार्थ होते हैं, जिनमें मीथेन जल-बर्फ के पिंजरों में फंसी रहती है, जो भविष्य में ऊर्जा का एक संभावित स्रोत हो सकता है।

- वर्गीकरण :
 - प्रकार I : मीथेन-प्रधान (~ 99% CH₄)।
 - प्रकार II : मिश्रित गैसें (~5% इथेन)।
- संघटन :
 - मीथेन : ~99%.
 - जल : मात्रा से ~85%.
 - ट्रेस गैसें : CO₂, H₂S (~1%).
- भौतिक-रासायनिक विशेषताएँ :
 - कैलोरी मान : ~30 MJ/m³ (मुक्त गैस).
 - घनत्व : ~0.9 ग्राम/सेमी³.
 - स्थिरता : ~0–10°C, ~1–10 MPa.
- ऊर्जा सामग्री : ~160 m³ गैस/m³ हाइड्रेट, उच्च क्षमता।
- पर्यावरणीय भूमिका :
 - भावी ईंधन (जैसे, केजी बेसिन)।