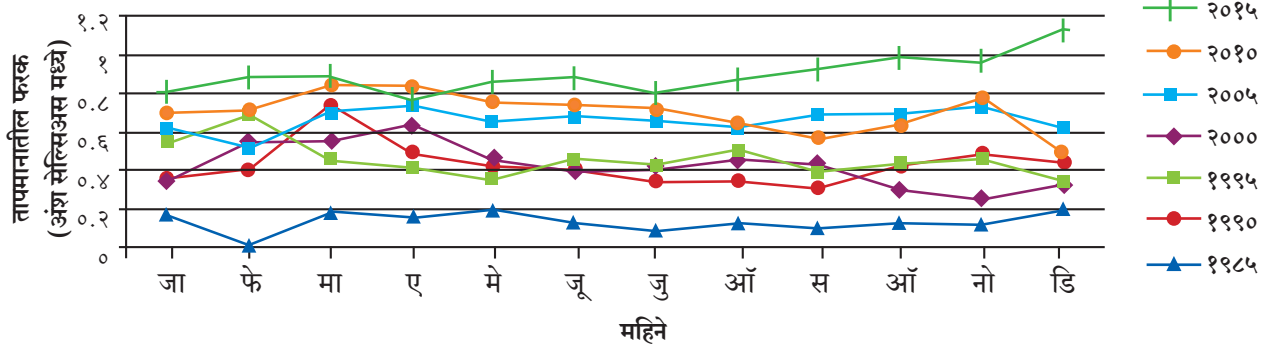


५. जागतिक हवामान बदल



सांगा पाहू

आकृती ५.१ मधील आलेखात विसाव्या शतकातील जागतिक सरासरी तापमान आणि १९८५ ते २०१५ या कालावधीतील जागतिक मासिक तापमानातील फरक दाखवला आहे. आलेखाचे निरीक्षण करा आणि त्याखालील प्रश्नांची उत्तरे द्या.



आकृती ५.१

- कोणत्या वर्षी फरक सर्वात कमी आहे?
- २० व्या शतकातील सरासरी तापमान आणि २०१५ चे तापमान यांमधी किती फरक आढळतो?
- वेगवेगळ्या महिन्यात तापमानाच्या फरकात भिन्नता असण्याचे कारण काय असावे?

भौगोलिक स्पष्टीकरण :

२०१५ चे तापमान हे दिलेल्या उर्वरित वर्षापेक्षा जास्त आहे, हे आपल्याला पहावयास मिळते. यातून असे लक्षात येते, की पृथ्वीचे सरासरी तापमान वाढत आहे. शास्त्रज्ञांकडे जागतिक पातळीवर शतकापेक्षा जास्त कालावधीच्या तापमानाच्या नोंदी जमा आहेत. त्यावरूनही या बाबीस पुष्टी मिळत आहे. आकृती ५.१ मधील आलेखाचे विश्लेषण असे दर्शवते की विसाव्या शतकात पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील सरासरी तापमानात सुमारे ०.८° से. पर्यंत वाढ झाली आहे.



माहीत आहे का तुम्हांला ?

शास्त्रज्ञ पृथ्वीचे सरासरी तापमान कसे मोजतात ?

पृथ्वीच्या तापमानाचे संपूर्ण आकलन होण्यासाठी शास्त्रज्ञ भूपृष्ठ आणि महासागराची माहिती एकत्रित करतात. त्यासाठी ते जहाजे, तरंड (Buoys) व काही वेळेस कृत्रिम उपग्रहांचा आधार घेतात.

सुमारे तीस वर्षापेक्षा जास्त कालखंडात संकलित केलेल्या माहितीच्या आधारे सामान्य तापमान काढले जाते. त्याची तुलना भूपृष्ठ व सागरीपृष्ठ भागाच्या स्थानावरील दैनिक तापमानाशी केली जाते. तापमानातील या फरकाला 'विसंगती' असे म्हणतात. तापमानात काळानुरूप होणाऱ्या बदलांचे आकलन होण्यासाठी शास्त्रज्ञांना याची मदत होते. दीर्घकालीन सरासरी तापमानापेक्षा फरक जर अधिक असेल, तर त्यास धनात्मक विसंगती म्हटले जाते. फरक जर कमी असेल, तर त्याला ऋणात्मक विसंगती म्हटले जाते. अशा दैनिक विसंगतीची आधी मासिक सरासरी काढली जाते. त्यावरून ऋतुनुसार वार्षिक सरासरी काढली जाते. खालील तक्त्यात दिलेल्या काही ग्रहांवरील पृष्ठभागाच्या तापमानाचे निरीक्षण करा.

ग्रह	पृष्ठभागाचे सरासरी तापमान (°से.)
शुक्र	४५६.८५
मंगळ	-८७ ते -५
बुध	४६७
पृथ्वी	१४

हा तक्ता असे दर्शवितो की, पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे तापमान सजीवांच्या अस्तित्वासाठी योग्य आहे.

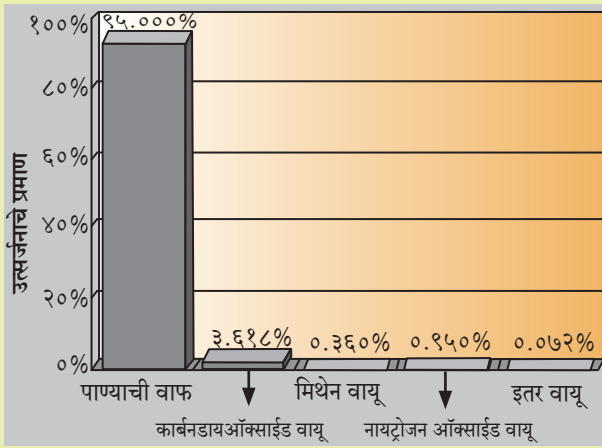


करून पहा.

स्तंभालेखाचे निरीक्षण करा आणि त्याखालील प्रश्नांची उत्तरे द्या.

- १) कोणत्या वायूंचे उत्सर्जन सर्वात जास्त आहे ?
- २) यापैकी कोणते वायू नैसर्गिक आणि मानवनिर्मित स्रोतापासून उत्सर्जित होत असावेत ?
- ३) त्यांच्या उत्सर्जनासाठी कोणत्या कृती जबाबदार आहेत ?
- ४) यापैकी कोणत्या वायूंचे उत्सर्जन मानवाद्वारे नियंत्रित केले जाऊ शकते ?

जागतिक हरितगृहांद्वारे उत्सर्जित होणारे वायू



भौगोलिक स्पष्टीकरण :

भूपृष्ठाचे सरासरी तापमान हे अनेक घटकांवर अवलंबून आहे. तापमान नोंदीची वेळ, वर्षातील दिवस आणि ठिकाण यांचा समावेश यामध्ये होतो.

पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे सरासरी तापमान हे 14° से. इतके आहे. आकृती ५.१ मधील आलेखानुसार सरासरी तापमानामध्ये 0.8° से. ने वाढ झाली आहे. याचा अर्थ पृथ्वीच्या पृष्ठभागाच्या सरासरी तापमानामध्ये वाढ होत आहे आणि पुढेही वाढ होण्याची शक्यता आहे. वातावरणात कार्बन डाऑक्साईड, मिथेन यांसारखे वायू उत्सर्जित होत असतात. यामुळे वातावरणात उष्णता साठविण्याची क्षमता वाढते व तापमानात वाढ होते, हे याचे मुख्य कारण आहे. तापमानातील या बदलास जागतिक तापमान वाढ असे म्हणतात.

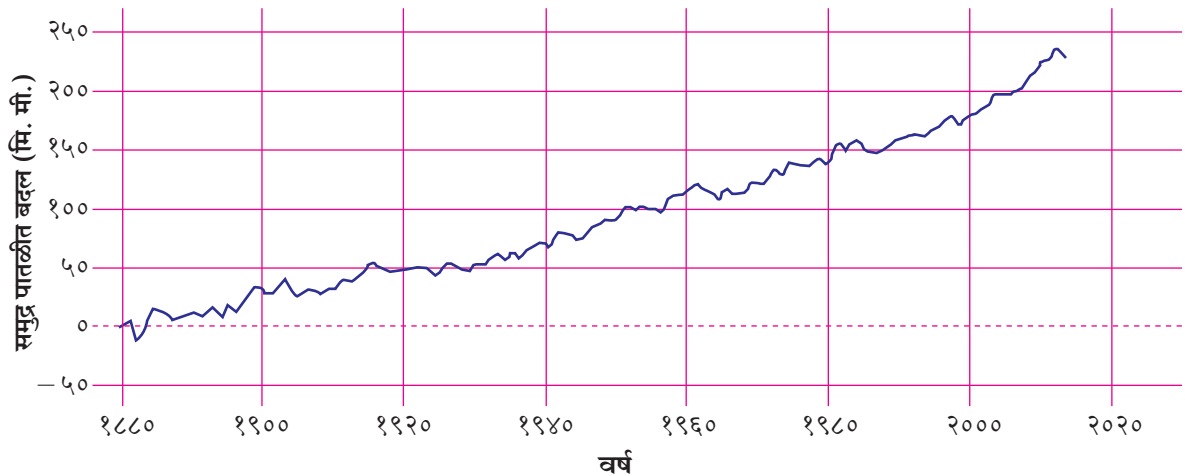
तापमानातील ही किरकोळ वाढ चिंताजनक आहे का ?

तापमानातील सरासरी 0.8° से. वाढीचा हा आकडा फार मोठा वाटत नाही, परंतु या वाढीमुळे होणारे परिणाम मात्र चिंता निर्माण करणारे आहेत.

जागतिक तापमानवाढीचे परिणाम:

१) **उष्णतेची लाट :** वातावरणात उष्णता साठवून ठेवण्याच्या क्षमतेत वाढ होते. विशेषतः उन्हाळ्याच्या कालावधीत तापमान वाढते. उन्हाळे हे अधिक तीव्र किंवा अधिक घातक असू शकतात. उन्हाळ्यांमध्ये अत्याधिक उष्ण अवधीचा कालावधी येऊ शकतो. शिकागो (१९९५) आणि पॅरिस (२००३) येथे आलेल्या उष्णतेच्या लाटांमुळे शेकडो लोक मृत्युमुखी पडले होते.

२) **औष्णिक बेटे :** जागतिक तापमान वाढीमुळे उष्णतेच्या लाटा या अधिक त्रासदायक बनत आहेत. विशेषकरून मोठ्या शहरांमध्ये जेथे औष्णिक बेटांचा परिणाम प्रखरतेने जाणवतो. शेती आणि वनक्षेत्रांच्या तुलनेने, रस्त्यांचे डांबरीकरण आणि सिमेंट काँक्रीटचे बांधकाम यांमुळे नागरी



आकृती ५.२

क्षेत्रामधील तापमानात अनियंत्रित वाढ होत आहे. त्यामुळेही पृथ्वीच्या सरासरी तापमानात भर पडते.

३) समुद्रपातळीत वाढ : आकृती ५.२ मधील आलेखाचे निरीक्षण करा आणि त्याखालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

- १) हा आलेख काय दर्शवितो ?
- २) सुमारे २२५ मिमी बदल कोणत्या वर्षी आहे ?
- ३) या आलेखावरून कोणता निष्कर्ष काढाल ?
- ४) हा आलेख आणि तापमान वाढ दर्शविणारा आलेख यांमध्ये कोणता सहसंबंध पहावयास मिळतो.

भौगोलिक स्पष्टीकरण :

हा आलेख १८८० पासून आजपर्यंत जागतिक समुद्रपातळीत होणारे बदल दर्शवितो. आलेखानुसार जागतिक स्तरावर समुद्रपातळीत वाढ होत आहे हे लक्षात येते. ही वाढ जागतिक तापमान वाढीमुळे होत आहे. आलेखानुसार १९९० मध्ये जागतिक समुद्र पातळीमध्ये सुमारे ५० मिमी पेक्षा अधिक वाढ झाली. समुद्र पातळी सातत्याने वाढत आहे. प्रतिवर्ष हा वाढीचा दर सुमारे ३ मिमी आहे.

जागतिक समुद्रपातळीतील होणारी ही वाढ प्रामुख्याने बर्फाचे स्तर आणि हिमनद्या यांच्या वितळण्यामुळे झालेली आहे. समुद्रपातळीत वाढ होण्यामुळे घातकी आवर्ते आणि किनारवर्ती भागात वारंवार पूरस्थिती येऊ शकते. बरीच बेटे सुद्धा समुद्राच्या पाण्याखाली जाण्याचा धोका संभवतो. त्याचप्रमाणे मासे, पक्षी आणि वनस्पती यांचे अधिवास नष्ट होऊ शकतील.

भारतात देखील किनारी भागात समुद्रपातळीत बदल झाल्याचे आढळते. भारतीय राष्ट्रीय महासागरी माहिती सेवांचे केंद्र यांच्या तर्फे भारतीय किनाऱ्यावरील समुद्रपातळीत होणारा बदल अभ्यासला जात आहे. १९९० आणि २१०० या कालावधी दरम्यान समुद्रपातळी ९ ते ९० सेमी ने वाढण्याची शक्यता वर्तवली आहे. समुद्र किनारी भागातील भूजल क्षारमय होणे, पाणथळ प्रदेश धोक्यात येणे आणि किनारी भागातील शहरे जलमय होणे हे परिणाम घडत आहेत. उदा. भारतातील गुजरातमधील कच्छ, कोकणचा भाग, मुंबई आणि केरळचा दक्षिण भाग. याचबरोबर पूर्व किनाऱ्यावरील गंगा, कृष्णा, गोदावरी, कावेरी आणि महानदीचे त्रिभुज प्रदेशही धोक्यात आले आहेत.



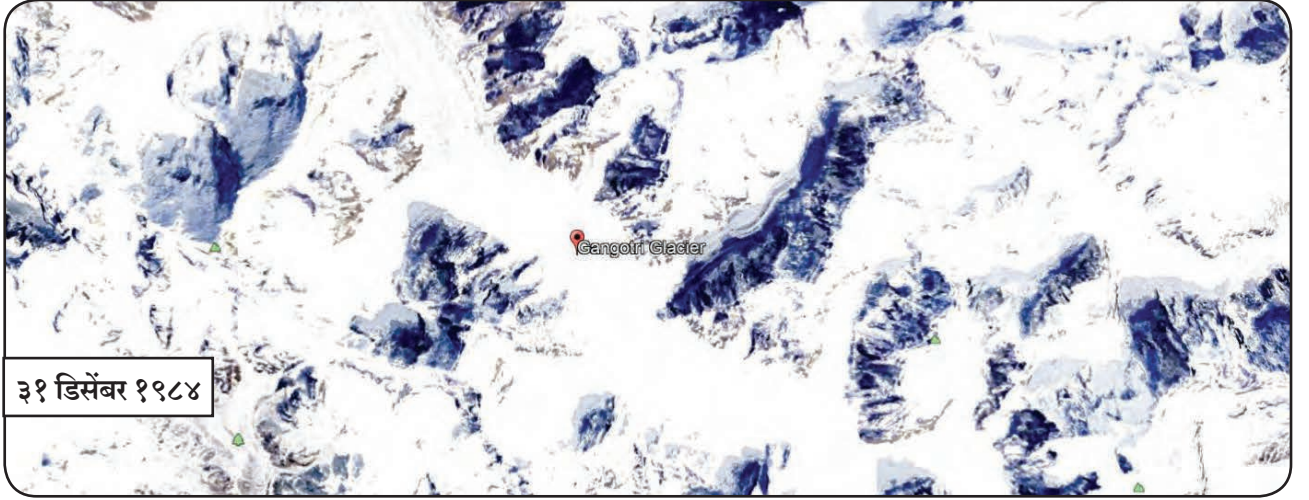
माहिती आहे का तुम्हांला ?

जागतिक आणि स्थानिक समुद्रपातळीतील फरक : जागतिक व स्थानिक समुद्रपातळी हे दोन वेगळे मापदंड आहेत. जागतिक सरासरी समुद्र पातळीपेक्षा स्थानिक समुद्रपातळीतील घट किंवा वाढ ही किंचित कमी किंवा अधिक असू शकेल. कारण यावर प्रादेशिक जमिनीचा उतार, नदीच्या वरच्या भागातील पूरनियंत्रण, प्रादेशिक सागर प्रवाह इत्यादी घटकांचा परिणाम होऊ शकतो.

समुद्रपातळी मोजण्यासाठी वेगवेगळ्या केंद्रातून भरतीची आकडेवारी आणि लेझर उंचीमापक यंत्राचा वापर केला जातो. भरतीची केंद्रे समुद्राच्या स्थानिक पातळीबद्दल माहिती देतात. उपग्रहीय आकडेवारीवरून आपल्याला महासागराची सरासरी उंची समजते. हे दोन्ही मिळून आपल्याला महासागराच्या पातळीत कालानुरूप होणाऱ्या बदलाची माहिती देतात.

४) उंच पर्वतीय हिमक्षेत्रातील हिमनद्यांचे वितळणे आणि ध्रुवीय प्रदेशातील बर्फाचे वितळणे : बर्फ वितळणे ही एक नैसर्गिक प्रक्रिया आहे. परंतु जेव्हा हिमनद्या व हिमनग वितळण्याची क्रिया चिंताजनक स्थितीपर्यंत वाढते तेव्हा ही बाब काळजीत टाकणारी असते. हिमरेषा किंवा हिमनद्यांची होणारी पिछेहाट हा जागतिक तापमान वाढीचा परिणाम आहे. १९८९ पासूनच्या उपग्रहीय आकडेवारीचा अभ्यास करता हिमनद्या मागे सरकल्याचे लक्षात येते. आकृती ५.४ मध्ये पहा. वरील प्रतिमा हिमालयातील गंगोत्री या हिमनदीच्या आहेत. ही हिमनदी गढवाल हिमालयातील उत्तर काशी जिल्ह्यात आहे. आकृती ५.३ वरून लक्षात येईल, की मागील २५ वर्षांत गंगोत्री हिमनदी ८५० मीटरपेक्षा जास्त मागे सरकली आहे. वर्ष १९९६ ते १९९९ च्या दरम्यान ती ७६ मीटर मागे गेली आहे. हिमनदीचे एवढ्या वेगाने वितळणे हे अनैसर्गिक आहे. ही पिछेहाट प्रतिवर्ष सुमारे २२ मी. आहे.

याचा अर्थ बर्फ वितळण्याच्या प्रमाणापेक्षा बर्फ निर्मिती कमी प्रमाणात होते. असाच बदल वर्ष १९८४ आणि २०१८ या दरम्यान झाला आहे. हिमनद्यांची पिछेहाट हे जागतिक तापमानवाढीचे एक निदर्शक आहे.



३१ डिसेंबर १९८८



३० नोव्हेंबर २०१८

आकृती ५.३ हिमनदीचे आक्रसणे/पिछेहाट

अनेक शास्त्रज्ञ हिमनद्यांचे मागे सरकणे हे जागतिक तापमानवाढीचे लक्षण मानतात. आफ्रिकेतील माऊंट किलोमांजारो येथील हिमनद्यांच्याबाबत असेच निरीक्षणात आढळते. ध्रुवीय प्रदेशातील हिमनद्या खूप वेगाने वितळत असल्याचे सर्व साधारणपणे पाहायला मिळत आहे. आल्प्स पर्वतातील हिमनद्याही मागे जात आहेत.

५) **अन्य परिणाम :** पृथ्वीच्या तापमानवाढीमुळे, काही अप्रत्यक्ष परिणाम सुद्धा पहावयास मिळतात. त्यापैकी काही खालीलप्रमाणे आहेत.

अ) समुद्रामध्ये जेलीफिशचे प्रजनन मोठ्या प्रमाणात होत असल्याचे दिसते. ते आता अशा प्रदेशात दिसू लागले आहेत, जेथे त्यांचे अस्तित्व यापूर्वी नव्हते. असे घडण्याचे कारण पाण्याचे तापमान वाढणे आणि महासागरातील पाण्याची आम्ल पातळी वाढणे हे आहे.

आ) जागतिक तापमानवाढीमुळे डासांच्या संख्येतही वाढ होत आहे. प्रौढ डासांना प्रजननासाठी आर्द्र वातावरण आणि अधिक तापमानाची गरज असते. तापमानात वाढ झाल्यामुळे अशा प्रदेशामध्ये डासांच्या संख्येत वाढ होत आहे. जेथे ते पूर्वी आढळत नसत. त्यामुळे नवनवीन भागात डेंगू सारखे आजार पसरत आहेत.

इ) प्रवाळ कट्टे : जेव्हा तापमानात बदल होतो तेव्हा प्रवाळ आपल्या पेशीत राहणाऱ्या शेवाळांना बाहेर काढतात. या शेवाळामुळेच प्रवाळांना रंग प्राप्त होतो. सागरी तापमानात जर 1° से. ते 2° से. ची वाढ दीर्घकाळ राहिली तर विरंजनाची प्रक्रिया घडते, ज्यामुळे प्रवाळ रंगहीन होतात. ही प्रक्रिया दीर्घकाळ चालू राहिल्यास प्रवाळ मृत पावतात. प्रवाळांमध्ये होणाऱ्या या विरंजन प्रक्रियेमुळे प्रवाळ मोठ्या प्रमाणात मृत पावत आहेत. जगातील $1/5$ पेक्षा जास्त प्रवाळ कट्टे (समूह) नष्ट झाले आहेत.



शोधा पाहू!

आंतरजालाचा व संदर्भ पुस्तकांचा वापर करून हवामान बदलाला विकारक्षम असलेल्या प्रजातींची यादी तयार करा.

हवामान बदल :



करून पहा.

तुमच्या कुटुंबातील आणि सभोवतालच्या ज्येष्ठ लोकांशी चर्चा करा. आजच्या आणि त्यांच्या बालपणी अनुभवलेल्या ऋतूंमध्ये नेमका कोणता बदल त्यांना जाणवतो याबद्दल चर्चा करा.

भौगोलिक स्पष्टीकरण :

वृद्ध व ज्येष्ठ नागरिकांशी तुम्ही हवामानासंबंधी चर्चा केली असता ते तुम्हांला त्यांना जाणवलेल्या ऋतूंची तीव्रता, कालावधी आणि वेळेसंबंधी बरीच माहिती सांगतील. अशाच प्रकारच्या बदलांची निरीक्षणे जागतिक स्तरावर देखील झाली आहेत. यामध्ये मोसमी वाऱ्यांच्या आगमनातील बदल, ऋतूंमध्ये होणारा बदल, वृक्षांना बहर येण्याच्या कालावधीतील बदल, पूर आणि दुष्काळाच्या वारंवारितेत होणारी वाढ इत्यादींचा समावेश होतो. जागतिक स्तरावरील हवामानाच्या आकृतिबंधात सातत्याने होणाऱ्या या बदलास 'हवामान बदल' म्हणतात.

हवामान आकृतिबंधामध्ये तीव्र बदल झालेले आहेत. याची अनेक उदाहरणे आपण पाहिली. हवामान बदलाचा अभ्यास करणाऱ्या आंतरशासकीय समितीने आपल्या अहवालांमध्ये वारंवार ही बाब नमूद केली आहे.

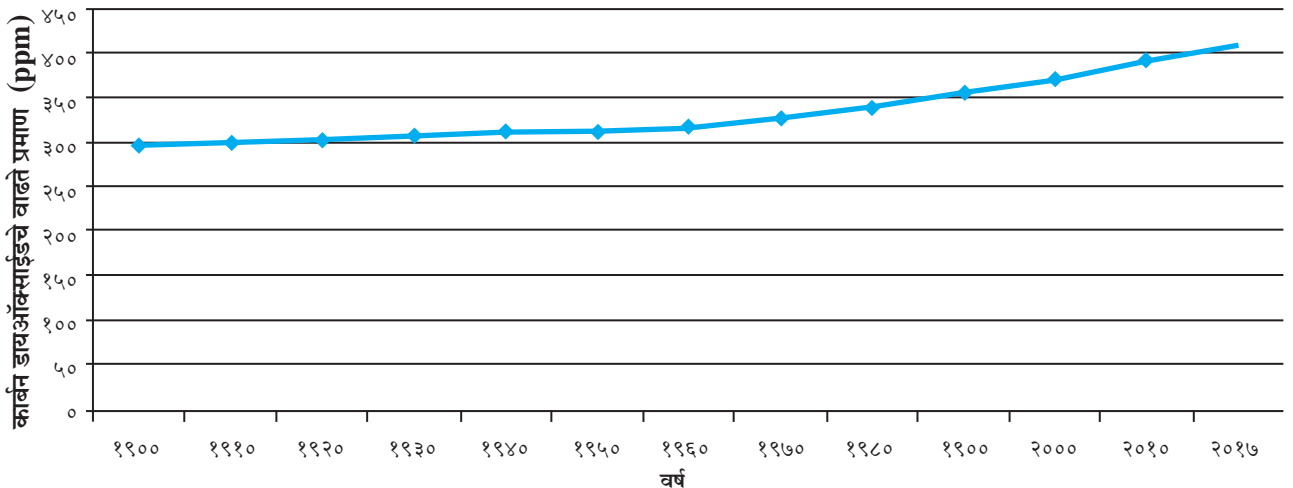
१) पुरांची वारंवारिता आणि तीव्रतेत झालेली वाढ :

आकस्मिक पुरांच्या संख्येत व कालावधीत वाढ झाली आहे. हे बहुधा एका दिवसात झालेल्या अतिवृष्टीमुळे किंवा (मुंबई २००५, केदारनाथ २०१३) आवर्तसारख्या बदललेल्या हवेच्या परिस्थितीमुळे होते. चेन्नई (२०१५) शहर आणि आजूबाजूच्या क्षेत्रामध्ये अचानक येणाऱ्या पुरांची संख्या अधिक वाढल्याचे लक्षात येते. त्याचबरोबर व्हेनिस शहरासारख्या किनारी भागांना सुद्धा पुरांच्या समस्याला तोंड द्यावे लागत आहे.

२) दुष्काळ आणि चक्रीवादळे यांच्या तीव्रतेत व वारंवारितेत

होणारी वाढ : जागतिक तापमानवाढ ही दुष्काळ तसेच अधिक पर्जन्यवृष्टीसाठीही जबाबदार असू शकते. एका अभ्यासानुसार इ.स.१९७० पासून पृथ्वीवर दुष्काळाच्या क्षेत्रात दुपटीने वाढ झाली आहे. असे लक्षात आले आहे की, जागतिक तापमान वाढीमुळे सागरीय जलाचे तापमान वाढत आहे, त्यामुळे सागर पृष्ठभागावरील पाण्याचे रेणू अधिक सक्रिय होऊन वातावरणात वाफ होऊन मिसळत आहेत. बाष्प उष्णता साठवून ठेवते. त्यामुळे वातावरणात मोठ्या प्रमाणावर बाष्प निर्माण होते. तापमानवाढीच्या अंशानुसार याचा परिणाम अधिक तीव्र होत जाणारा आहे.

कार्बन डायऑक्साईडचे वाढते प्रमाण (ppm)



आकृती ५.४

त्याचप्रकारे उष्ण कटिबंधात प्रतिवर्षी निर्माण होणाऱ्या आवर्तांच्या संख्येत तसेच त्यांच्या तीव्रतेत वाढ होताना दिसते.



सांगा पाहू

आकृती ५.४ मधील आलेख पहा व प्रश्नांची उत्तरे द्या.

- १) आलेख काय दर्शवत आहे ?
- २) PPM म्हणजे काय ?
- ३) कोणत्या वर्षापासून कार्बन डायऑक्साईडच्या प्रमाणात अतर्क्य वाढ होत आहे ?
- ४) कार्बन डायऑक्साईड वाढण्याचे कारण काय असावे याचा विचार करा.

३) पीक वाढीच्या कालावधीत व कृषी उत्पन्नात बदल होणे

: आकृती ५.४ मध्ये वातावरणातील वाढत जाणाऱ्या कार्बन डायऑक्साईडचे हे प्रमाण वातावरणातील दशलक्ष भागांपैकी (ppm) आहे. वाढत्या कार्बन डायऑक्साईडचा विपरीत परिणाम आरोग्य, हवामान, कृषी, वायू यांवर होत असतो. या बाबींमुळे जागतिक तापमानवाढीसही चालना मिळते. जागतिक आरोग्य संघटनेनुसार वातावरणातील ३५० ppm पेक्षा कार्बनडायऑक्साईडचे प्रमाण पर्यावरणास घातक असते. कार्बन डायऑक्साईडच्या वाढत्या प्रमाणामुळे पीक उत्पादनही वाढले आहे. पूर्वी कृषीखाली नसलेले क्षेत्र आता तापमान वाढीमुळे कृषीखाली आणले जात आहे. पर्जन्यमानातही मोठे फेरबदल झालेले आढळतात. त्यामुळे पीक उत्पादनावर परिणाम होतो.

४) वर्षावने आणि हवामान बदल : वर्षावने ही पृथ्वीचे तापमान थंड ठेवण्यात महत्त्वाची भूमिका बजावतात. उष्ण कटिबंधीय आर्द्र प्रदेशात रुंदपर्णी वर्षावनांच्या आच्छादनामुळे बाष्प अडवण्यास मदत होते आणि बाष्पीभवन वेग कमी होऊन नैसर्गिकरीत्या हवा शीतल राखली जाते. जेव्हा मोठ्या प्रमाणात या वनांची तोड केली जाते, वने जाळली जातात, तेव्हा हवा अति उष्ण व कोरडी

होऊ लागते. ज्यावेळेस ही वने जाळली जातात तेव्हा मोठ्या प्रमाणावर कार्बन डायऑक्साईड वातावरणात मिसळून वातावरणावर ताण निर्माण होतो. मोठ्या प्रमाणावर होणाऱ्या निर्वनीकरणामुळे पर्जन्याचा आकृतिबंध व पर्जन्याच्या प्रमाणात बदल घडून आला आहे.

हवामान बदलाची कारणे :

जागतिक हवामान बदलास मानवी कृती कारणीभूत असल्या तरी त्यास काही नैसर्गिक कारणेही आहेत ती पुढीलप्रमाणे :

- १) सूर्यापासून मिळणारी ऊर्जा सतत सारखी नसते. सूर्यापासून मिळणारी ऊर्जा कमी असल्यास सौरताप कमी मिळतो. यामुळे पृथ्वी थंड होऊ शकते.
- २) 'मिलन्कोव्हीच' आंदोलन हे दुसरे कारण आहे. सूर्यापासून मिळणाऱ्या सौरतापाच्या प्रमाणात बदल होऊन त्याचा परिणाम हवामानावर होतो. यात सूर्य ते पृथ्वीचे अंतर कमी होणे म्हणजे तापमान वाढ, तर सूर्यापासून पृथ्वी दूर जाणे म्हणजे तापमानात घट होय. जेव्हा आपण सूर्यापासून दूर जातो तेव्हा हिमयुग येण्याची शक्यता जास्त असते.
- ३) ज्वालामुखी उद्रेक हे हवामान बदलाचे आणखी एक कारण मानले जाते. ज्वालामुखीय विस्फोटातून वातावरणात बरेच कण आणि एअरोसोल (विशेषकरून सल्फर डायऑक्साईड) फेकले जातात. हे निलंबन झालेले एअरोसोल बऱ्याच कालावधीसाठी वातावरणात राहतात. वाऱ्याद्वारे हा वायू जगभर पसरला जातो, त्यामुळे पृथ्वीपृष्ठावर सौर ताप कमी पोहोचतो. मागील दोन शतकांत झालेल्या मोठ्या ज्वालामुखी उद्रेकांमुळे सर्वात थंड वर्षांची नोंद झाली होती असे लक्षात येते. एल सिऑन(१९८२) आणि पिंटॉबू(१९९१) या अलीकडील ज्वालामुखी विस्फोटानंतर पृथ्वीचे सरासरी तापमान काही वर्षांसाठी काही प्रमाणात घटले होते.
- ४) शास्त्रज्ञांच्या मते आपली पृथ्वी सध्या सूर्यमालेतील सजीवांच्या अस्तित्वास व वास्तव्यास योग्य अशा पट्ट्यात आहे. पूर्वी जेव्हा पृथ्वी या पट्ट्याच्या बाहेर होती तेव्हा पृथ्वीवरील हवामान अतिथंड होते. हा पट्टा कालानुरूप सूर्यापासून दूर सरकला आहे. त्यामुळे पृथ्वी

आता या पट्ट्यात आली आहे. ह्या विभागाला शास्त्रज्ञ गोल्डीलॉक विभाग म्हणतात. जसजसे सूर्याचे आकारमान वाढत जाते तसतसा हा पट्टा सूर्यापासून दूर सरकत आहे. पट्ट्यात होणाऱ्या अशा बदलांमुळे पृथ्वीचे हवामान थंड किंवा उबदार होते.

ह्या नैसर्गिक कारणांशिवाय मानवामुळे हवामानावर होणारे परिणाम आधीच आपण पाहिले आहेत. जैविक इंधनाच्या ज्वलनातून मुख्यतः कार्बन डायऑक्साईड उत्सर्जित होतो. मोठ्या प्रमाणातील निर्वनीकरण देखील कार्बन डायऑक्साईडचे प्रमाण वाढवते. कार्बन डायऑक्साईडच्या एवढ्या जास्त प्रमाणातील मात्रेचे समायोजन करण्यास वातावरणाला सुमारे २० ते २५ वर्षे लागतात. म्हणूनच मानव व त्याच्या कृती या हवामान बदलास मोठ्या प्रमाणावर कारणीभूत ठरतात असे मानले जाते.

असे पहिल्यांदाच घडत आहे का? पृथ्वीचे हवामान यापूर्वी सुद्धा बदलले आहे का?



माहीत आहे का तुम्हांला?

हिमयुग :

पृथ्वीच्या इतिहासात हिमयुगाचा असा कालावधी जेव्हा ध्रुवीय क्षेत्रातील बर्फाचा विस्तार वाढला होता. हे पृथ्वीच्या जागतिक तापमानात घट झाल्यामुळे घडून आले होते. या दरम्यान उत्तर अमेरिका आणि युरोपचा प्रचंड मोठा उत्तर भाग बर्फाच्या क्षेत्राने आणि हिमनद्यांनी व्यापून गेले होते. खरे पाहता सध्या आपण हिमयुगाच्या एका खंडात राहत आहोत. हिमयुगाच्या उबदार अवस्थेत पृथ्वी आहे, त्याला आंतरहिमानी कालावधी म्हणतात.

हवामान बदल हा काही आपण पहिल्यांदाच अनुभवत नाही. आपण सद्यःस्थितीत जे हवामान अनुभवतो आहोत, त्यात यापूर्वी अनेक छोटे मोठे बदल झाले आहेत. पृथ्वीच्या सुरुवातीच्या कालखंडापासून हे बदल होत आहेत. भूशास्त्रीय नोंदीमधून हिमानी आणि आंतरहिमानी कालावधीतील हे बदल दिसून येतात.

हिमानी सरोवरातील अवसादाचे संचयन पृथ्वीवर

उबदार व थंड कालावधी घडून गेल्याचे दर्शवितो. झाडाची वर्तुळे आर्द्र व शुष्क कालावधीचा सुगावा देतात. हवामानात झालेले बदल इतिहासात नोंदविलेले आहेत. हे सर्व पुरावे हवामान बदल ही एक नैसर्गिक व सातत्यपूर्ण प्रक्रिया आहे हे दर्शवितात. एका हिमयुगात अनेक कालखंड असतात. ज्यांना शास्त्रज्ञ हिमानी आणि आंतरहिमानी कालखंड असे म्हणतात. जेव्हा हिमनद्यांचा विस्तार होतो तेव्हा अतिथंड कालावधी असल्याने त्यास हिमानी कालखंड म्हटले जाते. तर जेव्हा तापमानात वाढ होते व हिमनद्यांची पिछेहाट होते त्यास आंतरहिमानी कालखंड म्हणतात.

हवामान बदल अभ्यासण्याची काही साधने :

पृथ्वीच्या प्राचीन हवामानाचा अभ्यास म्हणजेच पुरा हवामान शास्त्र होय. हवामानाचे मापन करण्यासाठी केवळ मागील १४० वर्षांपासूनच उपकरणांचा वापर शास्त्रज्ञ करत आहेत. तर लाखों वर्षांपूर्वीच्या हवामानाबद्दल ते कसे सांगत असतील? यासाठी ते अप्रत्यक्ष ऐतिहासिक माहितीचा वापर करतात. यामध्ये वृक्ष खोडांवरील वर्तुळे, बर्फाच्छादित प्रदेशातील गाभ्यातील नमुने, प्रवाळ कट्टे आणि सागरी निक्षेप यांचा समावेश होतो.

प्रवाळकट्टे : हवामानातील बदलांना प्रवाळकट्टे खूप संवेदनशील असतात. सागर जलातील प्रवाळ जीव कॅल्शियम कार्बोनेटला शोषून त्यापासून प्रवाळांचे सांगाडे तयार करतात. जेव्हा सागरजलाचे तापमान बदलते तेव्हा सांगाड्यातील कॅल्शियम कार्बोनेटची घनता सुद्धा बदलते.

प्रवाळातील हिवाळ्यामध्ये असणारी घनता आणि उन्हाळ्यातील घनता ही भिन्न असते. प्रवाळातील वर्तुळांची वाढ ही ऋतुनुसार झालेली पहावयास मिळते. ह्या वर्तुळांद्वारे पाण्याचे तापमान आणि प्रवाळांची वाढ कोणत्या ऋतूत झाली हे शास्त्रज्ञांना कळते. आकृती ५.५ पहा.



आकृती ५.५ क्ष-किरणांद्वारे पाहिलेली प्रवाळ वर्तुळे.
क्ष-किरणांद्वारे पाहिलेला प्रत्येक गडद आणि फिकट पट्टा हा एक वर्षात झालेला प्रवाळांच्या वाढीचा छेद आहे.

वृक्षखोडावरील वर्तुळे : पर्यावरणातील बदलत्या स्थितीनुरूप वर्तुळांच्या निर्मितीत भिन्नता आढळते. म्हणूनच वर्तुळांच्या बदलांचा मागोवा घेत पूर्व पर्यावरणाच्या स्थिती बदलाचा अभ्यास करता येतो. आकृती ५.६ पहा.

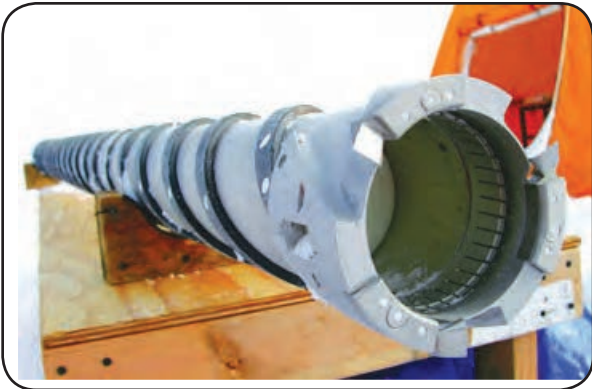


आकृती ५.६ वृक्ष खोडावरील वर्तुळे

बर्फाच्या पृष्ठाखालील घेतलेले हिमाचे नमुने : ग्रीनलँड आणि अंटार्क्टिकाच्या भूपृष्ठावर हिमाचे थरावर थर साचतात. उन्हाळ्यातील हिमापेक्षा हिवाळ्यातील हिम हे वेगळे असते. प्रत्येक वर्षी निर्माण होणारे हे थर त्या त्या वर्षातील हिमाबद्दल भरपूर माहिती पुरवितात. आकृती ५.७ व ५.८ पहा.



आकृती ५.७ हिम गाभ्याचा नमुना



आकृती ५.८ हिमच्छिद्रीकरण यंत्र

पृथ्वीवरील अनेक प्रदेशांनी आलटून पालटून आर्द्र आणि शुष्क कालावधी अनुभवला आहे. भूवैज्ञानिकांच्या शोधकार्यात

असे आढळते की, सुमारे ८००० वर्षांपूर्वी राजस्थानचा प्रदेश आर्द्र आणि थंड हवामान अनुभवत होता. हडप्पा संस्कृतीच्या सुमारे ४००० वर्षांपूर्वीपासून शुष्कता निर्माण झाली आहे. भूगर्भीय काळामध्ये, सुमारे ५०० ते ३०० दशलक्ष वर्षांपूर्वी पृथ्वी देखील उबदार होती. अंदाजे १०,००० वर्षांपूर्वी शेवटच्या हिमानी युगाचा कालावधी संपला. वनस्पती आणि प्राण्यांचे जीवाश्म उत्तमरीत्या संरक्षित झाले. संरक्षित झालेले वनस्पती आणि प्राण्यांचे जीवाश्म उदा. महाकाय हत्तीचे (मॅमॉथ) जीवाश्म आजही सापडतात.



शोधा पाहू!

हिमयुग आणि हवामान बदल यांवर आधारित चित्रपटांची यादी तयार करा.

जर पृथ्वीचे हवामान अनेक वेळा बदलले आहे तर आताच आपण त्याचा विचार का करत आहोत?

अलीकडचा तापमान बदलाचा कल विशेष महत्त्वाचा आहे. याचे कारण म्हणजे अनेक महत्त्वाच्या परिणामांपैकी २० व्या शतकाच्या मध्यापासून मानवाची कृती आणि त्यांचा पुढे जाण्याचा वेग हा मागील दहा हजार वर्षांपेक्षा गेल्या दशकांमध्ये अभूतपूर्व झाला आहे.

आपल्या ग्रहाबाबत अनेकविध प्रकारची माहिती संकलित करणे, आणि आपल्या ग्रहाचे जागतिक स्तरावरील हवामान याबाबत कृत्रिम उपग्रह आणि अन्य प्रगत तंत्रज्ञान यामुळे मोठ्या संकल्पनेस एका दृष्टीक्षेपात पाहण्याची क्षमता शास्त्रज्ञांना प्राप्त झाली आहे. गेल्या अनेक वर्षांपासून संकलित केली जाणारी आकडेवारी हवामान बदलाचे संकेत व्यक्त करत आहेत.

ग्रीनलँड, अंटार्क्टिकातील हिमाच्छादित क्षेत्राच्या गाभ्यातील बर्फाचे नमुने आणि उष्ण कटिबंधातील पर्वतीय हिमनद्या हरितगृह वायूंच्या प्रमाणातील बदलाचा पृथ्वीच्या हवामानास असलेला प्रतिसाद दर्शवितात. वृक्षांची वर्तुळे, सागरातील निक्षेपण, प्रवाळ कट्टे आणि स्तरित खडकाचा थर यातून प्राचीन पुरावे सापडू शकतात. प्राचीन किंवा पुराहवामान हे पुरावे दर्शवितात, की हिमयुगातील तापमानवाढीच्या प्रमाणापेक्षा सध्याची तापमान वाढ अंदाजे दहा पटीने अधिक वेगाने घडून येत आहे.

हवामान बदलाला सामोरे जाण्यासाठी आत्तापर्यंत आपण कोणती पावले उचलली आहेत?

विसाव्या शतकात अनेक संशोधकांनी पृथ्वीच्या हवामानाचा अभ्यास, जैविक ऊर्जा साधने, स्थानिक हवामान बदल अशा विषयांवर काम सुरू केले. १९५० साली वातावरणातील कार्बन डायऑक्साईडच्या अचूक प्रमाणाची नोंद घेण्यात आली. त्यावेळेस निश्चित झाले की कार्बन डायऑक्साईडचे वातावरणातील प्रमाण सातत्याने वाढत आहे. त्यानंतर हरितगृहांच्या वायूंचे प्रमाणही वातावरणात वाढत असल्याचे निष्कर्ष मिळाले. १९८० पर्यंत हे निश्चित झाले की पृथ्वीचे तापमान वाढत आहे.

हवामान बदलाविषयीच्या आंतरशासकीय समितीने (IPCC) या विषयासंदर्भात अनेक संशोधने केली आहेत. आत्तापर्यंत IPCC ने पाच वार्षिक अहवाल व अनेक विशेष अहवालही प्रसिद्ध केले आहेत. काही विशेष अहवालातील अलीकडचा २०१८ मधील अहवाल १.५° से. च्या जागतिक तापमान वाढीवर (SR१.५) प्रसिद्ध झाला आहे.

या अहवालात प्रत्येक देशाला जागतिक तापमान वाढ रोखण्यासाठी लक्ष्य देण्यात आले आहे. त्या शिवाय विविध देशांनी क्योटो प्रोटोकॉल व पॅरिस करारावर (२०१६) सध्या केल्या आहेत.



माहीत आहे का तुम्हांला ?

संयुक्त राष्ट्रपरिषदेच्या रचनेत हवामान बदला संदर्भात (UNFCCC) ९ मे १९९२ साली रिओ दी जनेरिओ येथील वसुंधरा परिषदेत सर्व राष्ट्रांचा आंतरराष्ट्रीय पर्यावरण करार स्वीकारण्यात आलेला आहे.

क्योटो प्रोटोकॉल या आंतरराष्ट्रीय करारामध्ये सदस्य राष्ट्रे हरितगृह वायू उत्सर्जन कमी करण्यासाठी प्रयत्नशील राहतील असे संमत केले.

वातावरणातील स्थितांबरात (Stratosphere) असलेल्या ओझोन वायूचे संरक्षण करण्याबाबत मॉन्ट्रेअल करार १९८७ साली झाला होता. यामध्ये ओझोन वायूचा नाश करणाऱ्या उत्पादनांचा वापर हळूहळू बंद करण्याचे ठरले होते.

पॅरिस करारामध्ये जागतिक तापमान वाढ १.५° से. पर्यंत मर्यादित राखण्याबाबतही ठरले होते. २०३० ते २०५० च्या दरम्यान यात सहभागी राष्ट्रांना हरितगृह वायूंची शून्य उत्सर्जन पातळी राखावी लागणार आहे.



माहीत आहे का तुम्हांला ?

हवामान बदलाच्या आंतरशासकीय समितीला २००७ चा नोबल शांतता पुरस्कार हवामान बदलातील कामासाठी देण्यात आला.

हवामान बदल आणि भारत :

हवामान बदलाचा सर्वात जास्त धोका विकसनशील, अत्यल्प विकसित, छोट्या बेटांवरील राष्ट्रांना होतो. उदा. फिजी बेटांचा समूह पुढील पन्नास वर्षात समुद्राखाली जाण्याची शक्यता आहे. चीन आणि भारतासारख्या मोठ्या प्रमाणावर हरित वायूंचे उत्सर्जन करणाऱ्या देशांवर आता या संदर्भात काळजी घेण्याची मोठी जबाबदारी आहे. स्वतःच्या विकासासाठी ही राष्ट्रे मोठ्या प्रमाणावर नैसर्गिक साधनसंपत्ती तसेच उद्योगांवर अवलंबून आहेत.

स्वच्छ ऊर्जा आणि पर्यावरणाची सुरक्षितता या धोरणांचा अवलंब करण्याकरिता भारत सरकार संवेदनशील असून हवामान बदलांबाबत महत्त्वपूर्ण पाऊल उचलत आहे.

- १) हवामान बदलाचा राष्ट्रीय कृती आराखडा (२००८) : NAPCC या आराखड्याअंतर्गत ८ अभियानांचा समावेश होतो.



शोधा पाहू!

आंतरजलाचा वापर करून हवामान बदलाबाबत २००८ च्या राष्ट्रीय कृती आराखडा आणि त्यांच्या मोहिमेची माहिती गोळा करा.

- २) हवामान बदल अनुकूलन निधी :

विशेषतः हवामान बदलांच्या विपरीत परिणामांना विकारक्षम असलेली राज्ये आणि केंद्रशासित प्रदेशांना मदत करण्यासाठी निधी. या निधीच्या अंमलबजावणीसाठी नाबार्ड या संस्थेकडे जबाबदारी देण्यात आली.

- ३) राष्ट्रीय स्वच्छ ऊर्जा निधी :

कोळशाच्या वापरावर कर लावून स्वच्छ ऊर्जा अभियानाच्या संशोधन व विकासासाठी निधी जमा केला

जातो. प्रकल्पाच्या खर्चासाठी ४०% निधी कर्ज किंवा अनुदानाच्या स्वरूपात दिला जातो.

जीवनशैलीतील बदल आणि हवामान बदल :

हवामान बदलाच्या समस्येशी सामना करण्यासाठी प्रत्येकाने स्वतःच्या जीवनशैलीत बदल घडवण्याच्या विचाराला आता बळकटी येऊ लागली आहे. त्यासाठी काही साधी सोपी पावले उचलता येतील. उदा. कमी अंतर पायी चालत जाणे,

गरजेपुरतीच खरेदी करणे, ऊर्जा बचत करणारी परिणामकारक उपकरणे वापरणे, लाकूड, कोळसा यांसारख्या जैव इंधनावरील अवलंबित्व कमी करणे, प्लॅस्टिकचा वापर थांबवणे इत्यादी.



करून पहा.

तुम्ही तुमच्या जीवनशैलीत कोणते बदल पर्यावरणासाठी स्वीकाराल?



स्वाध्याय

प्र. १) साखळी पूर्ण करा :

अ	ब	क
१) बर्फाचे वितळणे	१) मिथेन	१) पूर
२) सौरतापाचे परिणाम	२) पृथ्वीवरील सरासरी तापमान	२) शेती
३) हरितगृह वायू	३) अवकाळी पाऊस	३) पृथ्वीवरील जीवसृष्टी
४) जागतिक हवामान बदल	४) समुद्रपातळीत वाढ	४) आवर्ताच्या संख्येत वाढ

प्र. २) चुकीचा घटक ओळखा :

- १) जागतिक तापमान वाढीची कारणे-
 - अ) हरितगृह वायूंचे उत्सर्जन
 - आ) निर्वनीकरण
 - इ) सूर्याचे भासमान भ्रमण
 - ई) औद्योगिकरण
- २) हवामान बदलाचे मापदंड-
 - अ) हिमनदीचे आक्रमणे
 - आ) पुरांच्या वारंवारितेत वाढ
 - इ) आवर्ताच्या वारंवारितेत वाढ
 - ई) कमाल आणि किमान तापमानात वाढ
- ३) हवामान बदल अभ्यासण्याची साधने-
 - अ) हिमाच्या गाभ्यातील नमुने
 - आ) प्रवाळ भित्ती
 - इ) वृक्षखोडांवरील वर्तुळे
 - ई) प्राचीन किल्ले
- ४) जागतिक हवामान बदल रोखण्याचे उपाय-
 - अ) रासायनिक खते आणि कीटकनाशकांच्या वापरावर बंदी
 - आ) वृक्षारोपणास चालना आणि निर्वनीकरणावर बंदी आणणे.

- इ) सार्वजनिक वाहतुकीस बंदी
- ई) जीवाश्म इंधनाच्या वापरावर बंदी आणणे.

प्र. ३) भौगोलिक कारणे लिहा :

- १) हवामान बदल अभ्यासणे महत्त्वाचे आहे.
- २) भविष्यात मालदीव बेट नकाशातून नाहीसे होण्याची शक्यता आहे.
- ३) हिमरेषा आक्रमण आहे.
- ४) अवर्षण आणि पुरांच्या वारंवारितेत वाढ होत आहे.

प्र. ४) टिपा लिहा :

- १) प्रवाळभित्तीचे विरंजन
- २) आकस्मिक पूर
- ३) पुराहवामानशास्त्र अभ्यासण्याची साधने
- ४) हरितगृह वायू

प्र. ५) पुढील प्रश्नांची उत्तरे लिहा :

- १) जागतिक हवामानबदल हा नेहमी मानवनिर्मित होता असे नाही. स्पष्ट करा.
- २) आपल्या शहरातील किंवा गावातील हवामान बदल रोखण्यासाठी तुम्ही कोणते उपाय सुचवाल?
