प्रथम वर्ष कला

सत्र - I (CBCS)

भूगोल अभ्यासपत्रिका क्र. - I

प्राकृतिक भूगोल

विषय कोड : UBA 1.27

© UNIVERSITY OF MUMBAI

प्राध्यापक सुहास पेडणेकर
कुलगुरू,
मुंबई विद्यापीठ, मुंबई

प्राध्यापक रविंद्र द. कुलकर्णी
प्र-कुलगुरु,
मुंबई विद्यापीठ, मुंबई

प्राध्यापक प्रकाश महानवार
संचालक,
दूर व मुक्त अध्ययन संस्था, मुंबई विद्यापीठ, मुंबई

कार्यक्रम समन्वयक
प्रा. अनिल आर. बनकर,
सहयोगी प्राध्यापक इतिहास आणि
सहाय्यक संचालक,
दूर व मुक्त अध्ययन संस्था,
मुंबई विद्यापीठ, मुंबई

प्रकल्प समन्वयक
प्रा. अजित पाटील
दूर व मुक्त अध्ययन संस्था,
मुंबई विद्यापीठ, मुंबई

लेखक
डॉ. भिमराव बी. सोनुले
प्राध्यापक भूगोल विभाग,
मुंबई विद्यापीठ, मुंबई

डॉ. हेमंत एम. पेडणेकर
प्राचार्य, सोनोपंत दांडेकर महाविद्यालय, पालघर

डॉ. सवित्स्मिता विलासराव चव्हाण
सहयोगी प्राध्यापक, भूगोल विभाग,
मुंबई विद्यापीठ, मुंबई

डॉ. शिवराम अ. ठाकूर
बी.ओ.एस. भूगोल विभागप्रमुख, माजी चेअरमन
एस.पी.के. महाविद्यालय, सावंतवाडी

डॉ. समीर बुटाला
उपप्राचार्य व विभागप्रमुख भूगोल विभाग,
पोलादपूर महाविद्यालय, जि. रायगड

प्रा. भारती उन्नी
विभागप्रमुख, सहयोगी प्राध्यापक भूगोल विभाग,
साठे महाविद्यालय, विलेपार्ले, मुंबई

प्रा. प्रकाश शिंदे
माजी विभागप्रमुख, उपप्राचार्य, भूगोल विभाग
जोशी बेडेकर महाविद्यालय,

डॉ. राजाराम बी. पाटील
सहयोगी प्राध्यापक, विभागप्रमुख,
फोंडाघाट महाविद्यालय, सिंधुदुर्ग, जि. सिंधुदुर्ग

डॉ. अनिता अवटी
आय.सी.एस. महाविद्यालय,
खेड, जि. रत्नागिरी

प्रा. सुरेश शेटकर
विभागप्रमुख, सहयोगी प्राध्यापक, भूगोल विभाग,
एन.के. महाविद्यालय, मालाड, मुंबई

जानेवारी २०२१, मुद्रण - १

प्रकाशक : संचालक, दूर व मुक्त अध्ययन संस्था, मुंबई विद्यापीठ,
विद्यानगरी, मुंबई -४०० ०९८.

अक्षर जुळणी व मुद्रण : मुंबई विद्यापीठ मुद्रणालय
सांताक्रुझ (पूर्व), मुंबई - ४०००९८

अनुक्रमणिका

क्रमांक	अध्याय	पृष्ठ क्रमांक
	प्रथम सत्र	
१.	भूगोलाची तोंड ओळख	०१
२.	खडक आणि खनिजे	२२
३.	नदीचे कार्य	५६
४.	हिमनदीचे व भूमीगत पाण्याचे कार्य	६८
५.	वाऱ्याचे व सागरी लाटांचे कार्य	८१
६.	समोच्यतादर्शकरेषा व बाह्याकार	९८

❖❖❖❖

SYLLABUS

Subject: Geography- Paper- I Physical Geography Part-I (Landforms)

SEMESTER-I

Unit I

Physical Geography – Importance, definition and branches
Interior of the Earth, Distribution of land and water

Unit II

Rocks and Minerals, Folds and Faults, Weathering types, Mass movements

Unit III

Work of River- erosional and depositional landforms
Work of Glacier- erosional and depositional landforms

Unit IV

Work of Wind- erosional and depositional landforms
Work of Sea waves- erosional and depositional landforms
Work of Underground water- erosional and depositional landforms

Unit V

Practical: Interpolation of contour lines, contour landforms and cross-sections, profiles -importance and types

❖❖❖❖

१

प्राकृतिक भूगोलाची प्रस्तावना/ओळख

घटक संरचनाः

१.० उद्दिष्टे

१.१ प्रस्तावना

१.२ भूगोलाच्या व्याख्या

१.३ भूगोलाचे स्वरूप व व्याप्ती

१.४ भूगोलाच्या शाखा

१.५ घटकांचे प्रादेशिक वितरण

१.६ प्राकृतिक भूगोलाचे महत्व

१.७ पृथ्वीची अंतर्गत रचना

१.८ भूकंप लहरी

१.९ जमीन व पाणी यांचे वितरण

१.० उद्दिष्टे

→ भूगोलाची तोंडओळख या पहिल्या घटकांत विद्यार्थ्यांना भूगोल विषयाचे स्वरूप व व्याप्ती समजण्यास मदत होईल.

→ वेगवेगळ्या भूगोलतज्ञांनी त्यांच्या व्याख्यांच्या माध्यमातून भूगोलाला कशाप्रकारे अभ्यासले ते समजेल.

→ प्राकृतिक भूगोलाचे महत्व समजून घेणे

→ पृथ्वीच्या अंतरंगातील विविध घटकांचा अभ्यास करणे.

→ भूकंप व त्याच्या लहरींबाबत जाणून घेणे.

→ पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर -जगात- जमीन व पाणी यांचे वितरण का व कसे झाले आहे ते समजून घेणे.

१.१ प्रस्तावना

पृथ्वीची निर्मिती सुमारे ४६०० दशलक्ष वर्षांपूर्वी झाली. मानवाच्या आधी पृथ्वीवर वनस्पती, प्राणी, कीटक, मासे-जलचर इ. निर्माण झाले.

मानव फक्त २ दशलक्ष वर्षांपूर्वी पृथ्वीवर आला. मानवाकडे निरिक्षणाची व विश्लेषणाची क्षमता आहे त्याने शास्त्र व तंत्रज्ञानाचा विकास केला नैसर्गिक भूदृश्यात बदल केला. मानवनिर्मित भूरूपेही उदा.इमारती,पूल कारखाने, उद्योगधंदे वाहतूक व दळणवळण इ. निर्माण केले. पृथ्वीवर नैसर्गिक भूरूपेही उदा. पर्वत, नद्या, मैदाने इ आढळतात.

सूर्यमालिकेतील पृथ्वी या एकमेव ग्रहावर प्राकृतिक पर्यावरण सजीव-मानवाची वस्ती आढळते. पृथ्वीवरील प्राकृतिक पर्यावरणातील विविध घटक, त्यांचा परपस्परांशी असणारा संबंध व त्यांच्या एकत्रीकरणातून तयार झालेले पृथ्वीचे गुंतागुंतीचे/बहुविध स्वरूप 'भूगोल' या मूलभूत शास्त्रामुळे समजण्यास मदत होते. वेगवेगळ्या प्रदेशात वेगवेगळ्या प्रकारचे लोक राहतात. त्यांच्या प्रादेशिक वितरणावर परिणाम करणाऱ्या घटकांचा अभ्यास भूगोलतज्ञ करतात. प्राकृतिक भूगोलाचे तज्ञ भूरूपांची उत्क्रांती, भूपृष्ठाच्या हालचाली, हवा व हवामान, महासागराचे गुणधर्म, वनस्पती व प्राणी या घटकांचे स्पष्टीकरण देतात.

मानवी भूगोलाचे तज्ञ मानव व त्याचे प्राकृतिक पर्यावरण यांच्यातील सहसंबंधांचे स्पष्टीकरण देतात. भूगोलाच्या काही शाखांमध्ये प्राकृतिक व मानवी घटकांतील परस्पर संबंधांचा, त्यांचा एकमेकांवरील होणाऱ्या परिणामांचा एकत्रितरित्या अभ्यास केला जातो. पृथ्वीवरील विविध प्रणाल्यांचा अभ्यास भूगोलतज्ञांनी वेगवेगळ्या दृष्टीकोनातून केल्यामुळे भूगोलाच्या वेगवेगळ्या वैशिष्ट्यपूर्ण शाखा निर्माण झाल्या आहेत.

१.२ भूगोलाच्या व्याख्या

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील विविध नैसर्गिक किंवा मानवनिर्मित घटकांच्या वितरणाचा संबंध भूगोलाशी आहे. ग्रीक तज्ञ इरॅटोस्थेनिस यांनी सर्वप्रथम 'भूगोल' या संज्ञेचा वापर केला.-भूगोल-Geography हा शब्द दोन ग्रीक शब्दांच्या एकत्रीकरणातून तयार झाला आहे. 'Geo' म्हणजे पृथ्वी व 'graphy'म्हणजे वर्णन त्यामुळे भूगोल म्हणजे पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचे, तिच्यावरील विविध घटकांचे वितरणांचे वर्णन भूगोलतज्ञांनी त्यांच्या दृष्टीकोनातून भूगोलाचे वर्णन केले आहे. त्यापैकी काही पुढीलप्रमाणे आहेत.

१ भूगोलाच्या या विषयात पृथ्वीवरील विविध ठिकाणांचे -मानवाच्या जगाचेह्व- वर्णन व विश्लेषण केले जाते. -*रिचर्ड हार्टश्रोन*

२. भूगोलाच्या अभ्यासातून कोणता घटक कोठे आहे? कां आहे? व तो कशाचा बनला आहे ते समजते. -*बोमन*

३. भूगोल हे प्रदेशांचे शास्त्र आहे. -*व्हिदाल द ला ब्लाश*

४. भूगोल हे सहसंबंधाचे शास्त्र आहे. -*ग्रिफिथ टेलर*

५. पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील प्रादेशिक तफावतींचे वर्णन व स्पष्टीकरण भूगोलाशी संबंधित आहे. - *डेव्हिड हार्वे*

तुमची प्रगती तपासा :

१. वेगवेगळ्या भूगोलतज्ञांनी केलेल्या भूगोलाच्या व्याख्या सांगा.

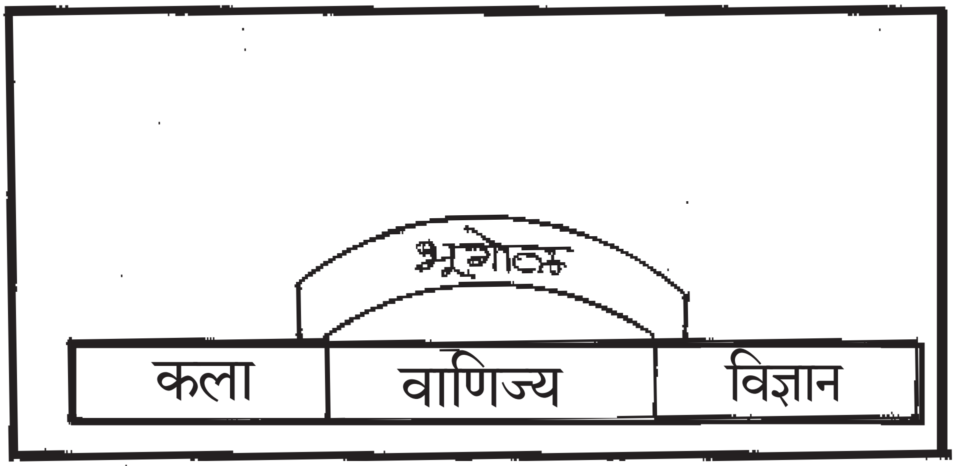
१.३ भूगोलाचे स्वरूप व व्याप्ती

पृथ्वीवरील विविध प्राकृतिक व मानवी घटकांचे प्रादेशिक वितरण समजून घेण्यास उपयुक्त असणाऱ्या शास्त्रांपैकी भूगोल एक शास्त्र आहे. पृथ्वीच्या पृष्ठभागाचा व त्यावरील घटकांचा अभ्यास प्राकृतिक भूगोलात केला जातो. या घटकांच्या सहसंबंधातून निर्माण होणारे प्रादेशिक आकृतीबंध भूगोलात अभ्यासले जातात. थोडक्यात भूगोलात पृथ्वीचे पुढील प्रमुख भाग येतात.

भूपृष्ठ-जमीन व त्यावरील घटक (शीलावरण)
पाणी-महासागर- त्यांचे गुणधर्म (जलावरण)
पृथ्वीच्या सभोवती असणारे वायूंचे आवरण (वातावरण)
पर्यावरणातील सजीव (जीवावरण)
भूगोलाची व्याप्ती-
प्राकृतिक भूगोलात पुढील प्रमुख घटकांचा समावेश होतो.

(अ) शीलावरण (ब) जलावरण
(क) वातावरण (ड) जीवावरण

हे चार प्रमुख घटक व त्यांच्या प्रादेशिक तसेच कालानुरूप होणाऱ्या बदलातून पृथ्वीवर विविध गुणधर्म असलेले घटक निर्माण झाले आहेत. याचा अभ्यास विविध घटकांच्या प्रादेशिक वितरणात केला जातो. उदा. भूरुपे आणि वनस्पती, पक्षी, प्राणी, मानवी जीवन इ. या सर्व घटकांचे पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील वितरण अत्यंत असमान आहे.



आकृती १.१ : भूगोलाची व्याप्ती

तुमची प्रगती तपासा :

२. भूगोलाचे स्वरूप व व्याप्ती स्पष्ट करा.

१.४ भूगोलाच्या शाखा-

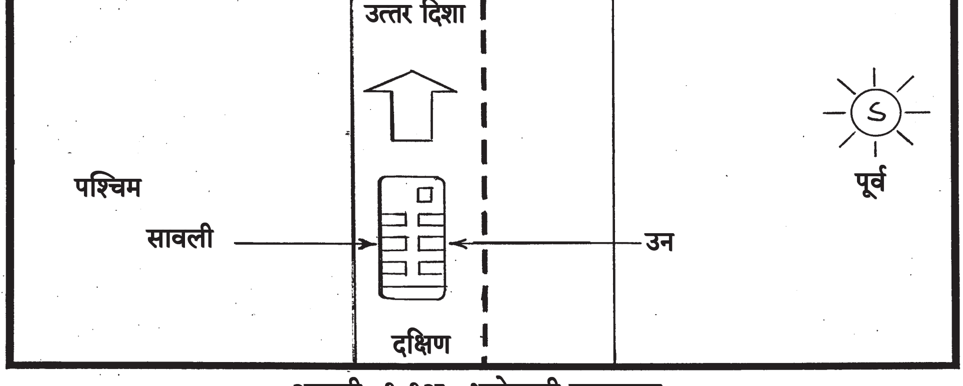
भूगोलाच्या शाखा

(अ) प्राकृतिक भूगोल	(ब) मानवी भूगोल	(क) संयुक्त भूगोल
(१) अवकाशीय भूगोल	(१) लोकसंख्या भूगोल	(१) विषयावर नकाशाशास्त्र (Thematic cartography)
(२) भूरूपशास्त्र	(२) वस्ती भूगोल	(२) कॉम्प्युटर नकाशाशास्त्र
(३) हवामानशास्त्र	(३) आर्थिक भूगोल	(३) दूर संवेदन (Remote Sensing)
(४) सागरशास्त्र	(४) प्रादेशिक भूगोल	(४) सांख्यिकीय भूगोल
(५) जलशास्त्र	(५) सांस्कृतिक भूगोल	(५) प्रादेशिक भूगोल
(६) भूजीवशास्त्र	(६) ऐतिहासिक भूगोल	(६) पर्यावरणीय भूगोल
(७) मृदा भूगोल	(७) राजकीय भूगोल	(७) भौगोलिक माहिती प्रणाली (GIS.)

(अ) प्राकृतिक भूगोल

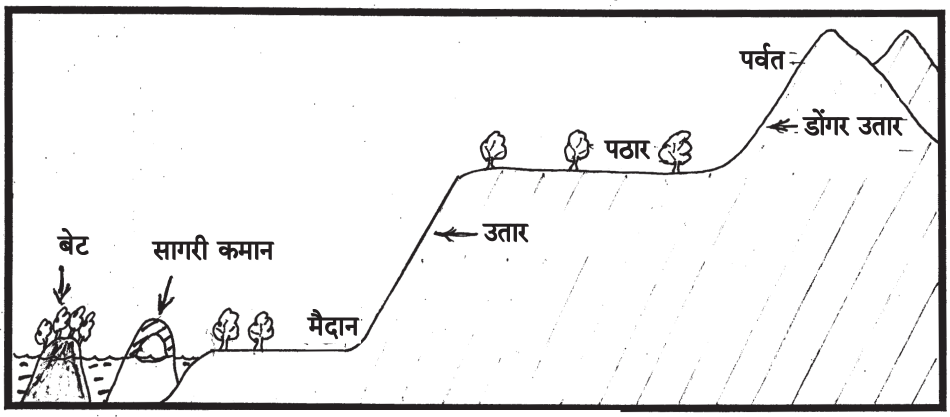
प्राकृतिक भूगोलाच्या शाखा पुढीलप्रमाणे

(१) **अवकाशीय भूगोल-** सूर्यमालेतील व इतर ग्रह ताऱ्यांच्या संबंधातील पृथ्वीचे स्थान व त्यांचा पृथ्वीवर होणारा परिणाम अवकाशीय भूगोलात अभ्यासला जातो. हा गणिती भूगोलाचा भाग आहे. यात पृथ्वी या ग्रहाचा आकार घनफळ, अक्षवृत्ते व रेखावृत्ते या काल्पनीक संदर्भ रेषा, टाईम झोन-पृथ्वीची दैनिक-वार्षिक गती-ऋतू इत्यादींचा अभ्यास केला जातो.



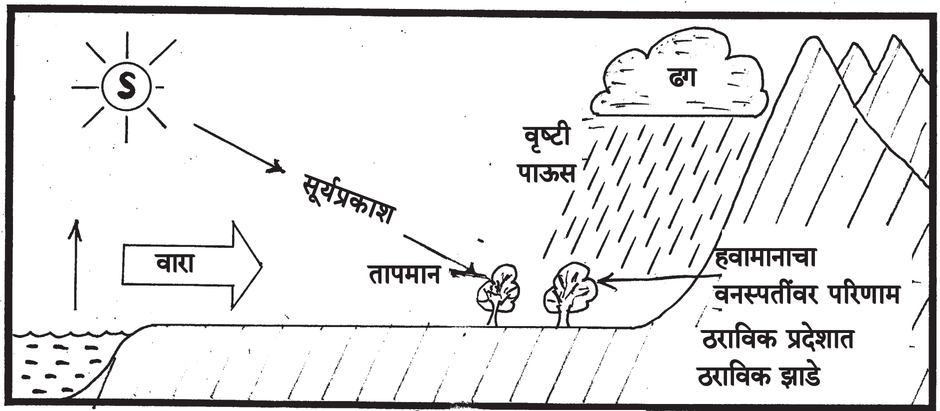
आकृती १.१अ -भूगोलाची उपयुक्तता

(२) **भूरूपशास्त्र-** 'ब्लूम' या भूगोल तज्ञाच्या मते भूरूप शास्त्र हे पृथ्वीवरील विविध भूरूपांच्या वर्णनाचे/विश्लेषणाचे व त्यावर प्रक्रिया करणाऱ्या प्रक्रियांचे शास्त्र आहे.



आकृती १.२ - भूरूपशास्त्र

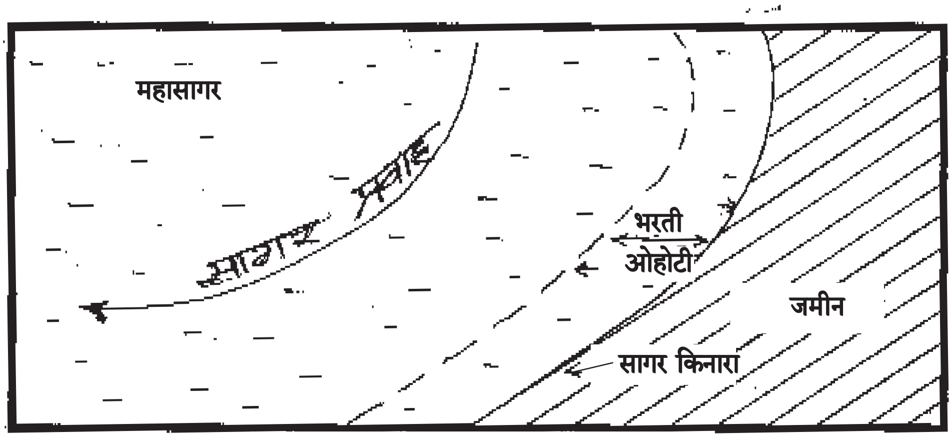
(३) **हवामानशास्त्र-**'मिलर' यांच्या मते दीर्घकाळ हवामानचे बारकाईने निरीक्षण करून त्याचे विश्लेषण करण्याचे काम हवामान शास्त्रात केले जाते. हवामानशास्त्रात तापमान, आर्द्रता व वायुभार यामुळे वातावरणात होणाऱ्या बदलाचा अभ्यास केला जातो. या बदलाच्या परिणामामुळे पृथ्वीवर विविध हवामानविभाग निर्माण झाले आहेत. त्यांचा परिणाम नैसर्गिक पर्यावरणावर होतो.



आकृती १.३ - हवामानशास्त्र

(४) **सागरशास्त्र-** जे प्राऊडन यांच्या मते सागरशास्त्रात सागरजलाच्या प्राकृतिक व जैविक गुणधर्मांचा अभ्यास, तापमान-गती यांच्या संदर्भात केला जातो. या

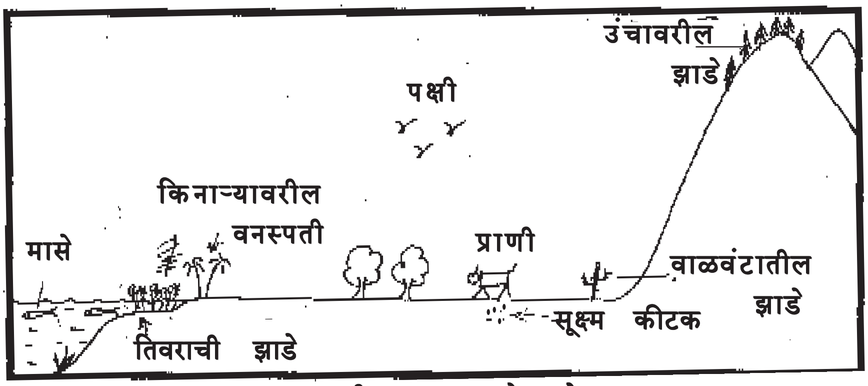
विषयात महासागराची तळरचना सागर जलाच्या हालचाली-भरती ओहोटी, सागर प्रवाह इत्यादींचा अभ्यास केला जातो.



आकृती १.४ – सागरशास्त्र

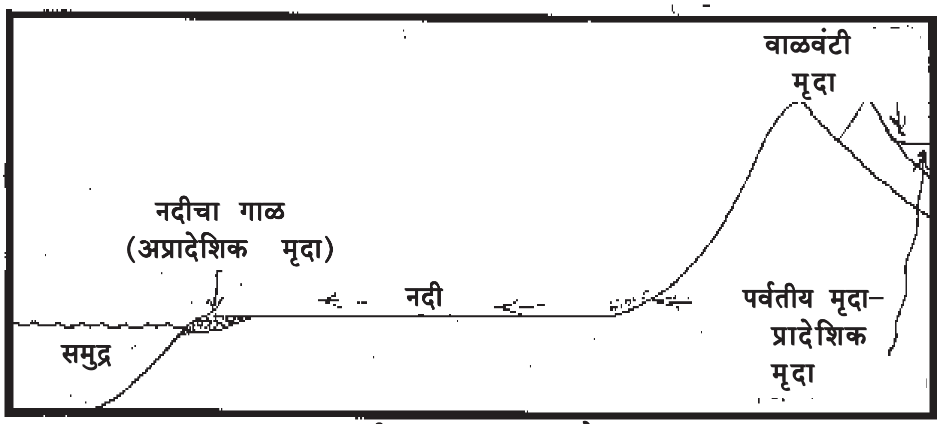
(५) **जलशास्त्र-** पृथ्वीवरील विविध रूपांमध्ये आढळणाऱ्या जलरूपांचा अभ्यास या शास्त्रात केला जातो. उदा. महासागर, नदी, हिमनदी, तळी व समुद्र तसेच भूमीगत पाणी, वातावरणातील बाष्प यांचा समावेश होतो.

(६) **भूजीवशास्त्र-**पृथ्वीवर वनस्पती व प्राणी यांचे विविध प्रकार वेगवेगळ्या ठिकाणी आढळतात त्यांचे पृथ्वीवरील वितरण असमान आहे. या सर्वांचा अभ्यास भूजीवशास्त्रात केला जातो.



आकृती १.५ – जैवभूगोल

(७) **मृदा भूगोलह्व-** मृदा पृथ्वीवरील अत्यंत महत्वाची घटक आहे. नैसर्गिक वनस्पतींची वाढ व विकास मृदेवर अवलंबून असते. वेगवेगळ्या मृदांमध्ये वेगवेगळ्या वनस्पतींची वाढ वेगाने होते. मृदेचे स्वरूप, त्यातील सूक्ष्म कणांचे स्वरूप तिचे वितरण याचा अभ्यास मृदा भूगोलात केला जातो.



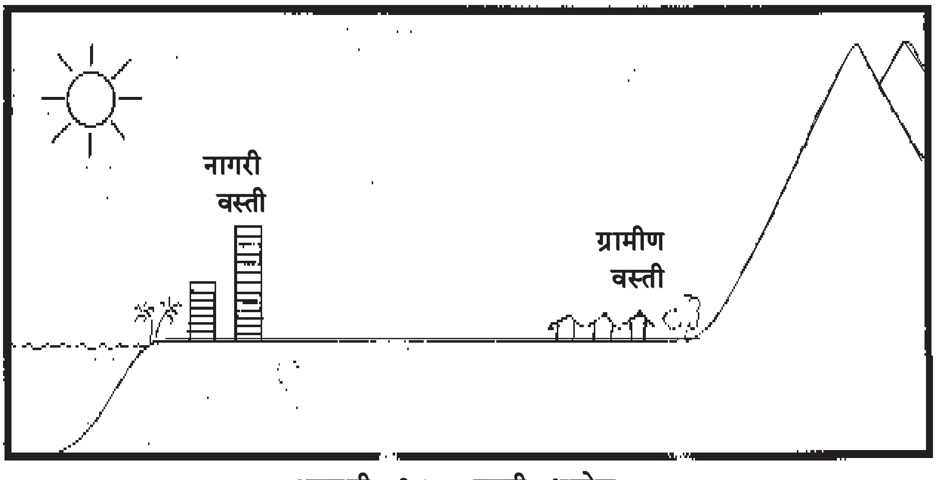
आकृती १.६ः मृदा भूगोल

(ब) मानवी भूगोल–

मानवी भूगोलाच्या शाखा पुढीलप्रमाणे आहेत.

(१) **लोकसंख्या भूगोल–** पृष्ठभागावरील लोकसंख्येच्या वितरणावर परिणाम करणाऱ्या विविध घटकांचा अभ्यास लोकसंख्या भूगोलात केला जाते. तसेच मानवी लोकसंख्येशी संबंधित विविध घटकांचा अभ्यासही या विषयात करतात. यात लोकसंख्या वाढीचे स्पष्टीकरण लोकसंख्येची संरचना व लोकांचे व्यवसाय या सर्वाचा लोकसंख्या व सामाजिक व आर्थिक घटकांवर परिणाम या विषयात अभ्यासला जातो.

(२) **वस्ती भूगोल–** ग्रामीण नागरी वस्त्यांची उत्क्रांती, त्यांचे स्थान व त्यांची, संरचना, आकृतीबंध, स्वरूप व कार्ये यांचा अभ्यास वस्ती भूगोलात केला जातो.



आकृती १.७ः वस्ती भूगोल

(३) **आर्थिक भूगोल–** मानवाचे आर्थिक व्यवसाय प्रदेशानुसार वेगवेगळे असतात. प्राकृतिक घटकांचा परिणाम मानवाच्या आर्थिक व्यवसायांवर होतो. या व्यवसायांचे प्रादेशिक वितरण कशाप्रकारे झाले आहे याचा अभ्यास आर्थिक भूगोलात केला जातो. मानवाच्या आर्थिक व्यवसायांचे पुढीलप्रमाणे वर्गीकरण केले जाते.

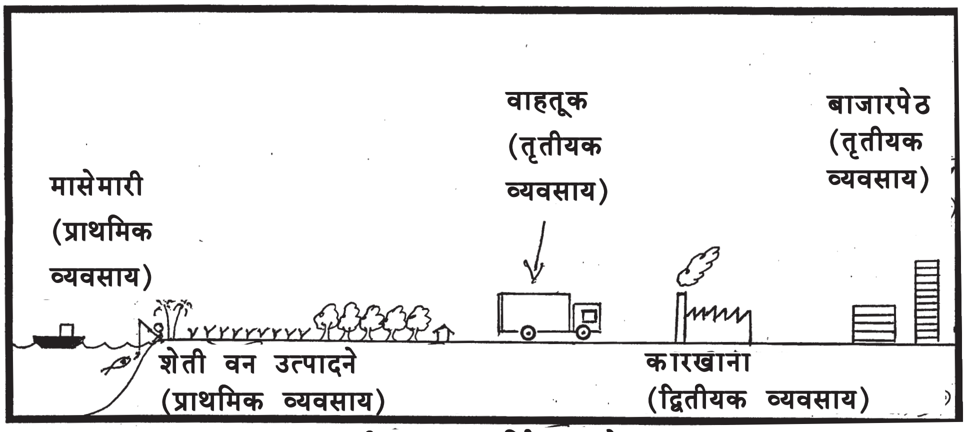
(१) प्राथमिक व्यवसाय- उदा-कंदमुळे/ जंगलातील अन्न घटक गोळा करणे, शिकार, शेती, मासेमारी, खाणकाम इ.

(२) द्वितीयक व्यवसायह्न- कारखाने, उद्योगधंदे, बांधकाम

(३) तृतीयक व्यवसाय-उदा-व्यापार, वाहतुक, व दळणवळण.

(४) चतुर्थक व्यवसाय-उदा. विशिष्ट सेवा- बँका, विमा कंपन्या, प्रशासकीय व शैक्षणिक सेवा, संरक्षण विषयक, सुरक्षा विधी व वैद्यकीय सुविधा.

अविकसित देशांमध्ये प्राथमिक व्यवसायात गुंतलेल्या लोकांचे प्रमाण अधिक असते तर द्वितीयक, तृतीयक व चतुर्थक व्यवसायातील लोकांचे प्रमाण विकसित देशांमध्ये जास्त असते.



आकृती १.८ः आर्थिक भूगोल

(४) **प्रादेशिक भूगोल-** भूगोलाच्या या शाखेत समान प्राकृतिक गुणधर्म असणाऱ्या भागाला/ प्रदेशाला 'प्रदेश' (Region)असे संबोधले जाते. हवामान, भूप्रदेश रचना, नैसर्गिक वनस्पती व लोकसंख्या या निकषांच्या आधारे 'प्रदेश' ठरविले जातात. उदा. मान्सूनचा प्रदेश हवामानावर आधारीत आहे, हिमालयाचा डोंगराळ प्रदेश भूप्रदेश रचनेवर आधारीत आहे. किनारपट्टीचा प्रदेश किनारपट्टीच्या स्थानावर अवलंबून आहे. सिंधूह्न-गंगा या नद्यांच्या खोऱ्यांतील प्रदेश नदीच्या सभोवतालच्या प्रदेशाशी- (पूर मैदानातील) संबंधीत आहे. याचप्रमाणे सव्हाना प्रदेश गवताळ, ॲमेझॉन प्रदेश वनव्याप्त तर लोकसंख्येवर आधारीत प्रदेश लोक संख्येच्या निकषांवर आधारीत असतात.

(५) **सांस्कृतिक भूगोल-** प्रत्येक प्रदेशात रहाणाऱ्या लोकांच्या रहाणीमान, कपडे, अन्न जेवणाच्या सवयी, धार्मिक क्रिया, समारंभ, जत्रा, सण, कला, स्थापत्य, भाषा व व्यवसाय या सर्वांवर त्यांच्या पारंपारीक संस्कृतीचा प्रभाव आढळतो.उदा. ख्रिश्चन ख्रिसमस, हिंदू दिवाळी, मुस्लीम ईद, बुध्द जयंती बौध्द व महावीर जयंती जैन साजरे करतात.

स्थापत्य शास्त्रातही असा वेगळेपणा आढळतो. उदा. ब्रिटिशांची गॉथिक शैली, मोंगलांची मुघल शैली, दक्षिण भारतीयांची द्राविडी शैली, बौध्दांचे स्तूप व पैगोडा. या सर्व स्थापत्या शैलींचा अभ्यास सांस्कृतिक भूगोलात केला जातो. कालानुरुप या खूप बदल अनुभव, गरज व परस्पर संबंध यानुसार होत गेले. काळ व तंत्रज्ञान यातील बदलानुसार मानवाच्या संस्कृतीत बदल होत गेला.-

भटका-शिकार करुन, अन्न गोळा करून जगणारा प्राथमिक अवस्थेतील मानव, ग्रामीण भागातील शेती करणारा शेतकरी, शहरातील कारखानदार, वाहतूकदार यांच्या रूपाने हा बदल लक्षात येतो. जगातील विविध समाजांवर या बदलांचा प्रभाव कमी-जास्त असल्याचे आढळते.

(६) **ऐतिहासिक भूगोल-** विविध प्रदेशांत व विविध काळात घडणाऱ्या ऐतिहासिक घटनांवर त्या प्रदेशातीलौगोलिक- प्राकृतिक व मानवी घटकांचा प्रभाव आढळतो. याचा अभ्यास ऐतिहासिक भूगोलात करतात.

(७) **राजकीय भूगोल-** विविध देशांतील राजकीय प्रणालर्चि वितरण भूगोलाच्या या शाखेत अभ्यासले जाते. यात प्रदेशाच्या सीमा, देशांचे परस्पर संबंध यांचा अभ्यास केला जातो. राजकीय प्रणालीवर सरकारची स्थिरताह्नह्न-अस्थिरता अवलंबून असते. त्याचा प्रभाव देशांत तसेच जगातील इतर देशांवर जाणवतो.

(क) संयुक्त भूगोल-

प्राकृतिक भूगोल तसेच मानवी भूगोलात उपयुक्त असणाऱ्या भूगोलाच्या शाखांचा समावेश संयुक्त भूगोलात केला आहे.

(१) **विषयवार नकाशाशास्त्र (Thematic Cartography)**-एखाद्या प्रदेशाचा भौगोलिक अभ्यास करताना नकाशे व आकृत्यांची गरज लागते. सर्वेक्षणाच्या माध्यमातून जमा केलेली माहिती नकाशाद्वारे दाखविल्यानंतर अधिक स्पष्ट होते. उदा. जगातील लोकसंख्येची घनता, पर्जन्याचे वितरण इ.

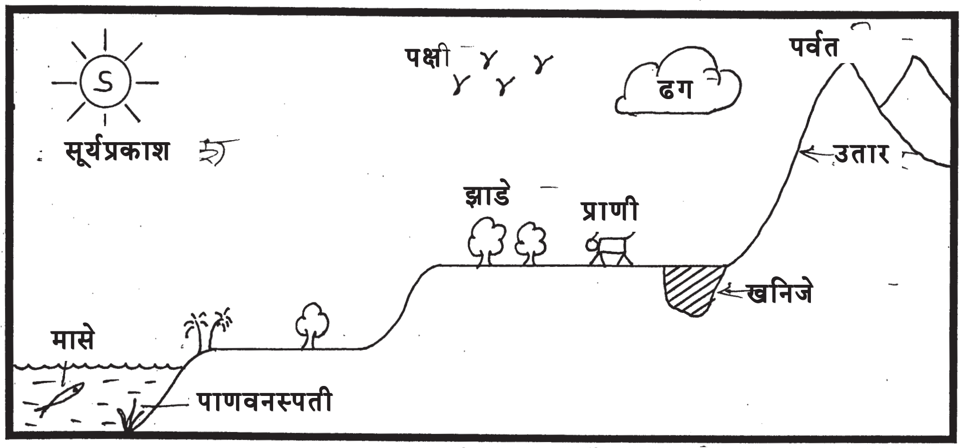
(२) **कॉम्प्युटर नकाशाशास्त्र (Computer Cartography)**- या शाखेत कॉम्प्युटरच्या सहाय्याने माहितीचे विश्लेषण करून नकाशे आकृत्या तयार केल्या जातात. त्यामुळे वेळ, खर्च व श्रम वाचतात.

(३) **दूर संवेदन (Remote sensing)-**दूर संवेदन याचा अर्थ एखाद्या घटकाचा/ प्रदेशाची माहिती दूर अंतरावरून गोळा करणे. उदा. विमानांचा वापर करून हवाई छायाचित्रण केले जाते तर उपग्रहांच्या माध्यमातून आपल्याला पृथ्वीवरील प्रदेशांची उपग्रह छायाचित्रे (Satelite imagery)- मिळतात. अनेक कारणांसाठी त्यांचा उपयोग होतो.उदा. हवेच्या स्थितीची माहिती, संरक्षण, पूरस्थिती, भूकंप, दरड कोसळणे यासारख्या आपत्ती, नैसर्गिक साधन-संपत्तीचा अभ्यास इ.

(४) **सांख्यिकीय भूगोल (Quantitative Geography)-** या शाखेत भूगोलाच्या अभ्यासात गणित व संख्याशास्त्राची मदत घेतली जाते. त्यामुळे माहितीचे विश्लेषण अचूकतेने व परिणामकारक रितीने करणे शक्य होते. संशोधनात मदत होते.

(५) **आरोग्य भूगोल (Geography of Health)-**आरोग्य, विविध आजार, त्यांचे प्रादेशिक वितरण, कारणे यांचा अभ्यास आरोग्य भूगोलात केला जातो.

(६) **पर्यावरणीय भूगोल–**प्राकृतिक पर्यावरण व मानवनिर्मित पर्यावरण यांचा परिणाम पृथ्वीच्या पर्यावरणावर होतो. त्यामुळे प्रदूषणासारख्या गंभीर समस्याही निर्माण होतात. याचा अभ्यास पर्यावरण भूगोलात करतात.



आकृती १.९: प्रर्यावरणीय भूगोल

(७) **भौगोलिक माहिती प्रणाली GIS)–** यामध्ये जमीन, पाणी यावरील साधनसंपत्ती व मानवी व्यवसाय याबद्दलची प्रचंड माहिती कॉम्प्युटरच्या सहाय्याने एकत्र साठवून त्या माहितीचे विश्लेषण केले जाते. हे करण्यासाठी आधुनिक कॉम्प्युटर त्याला लागणारी आज्ञाप्रणाली (Software) वापरली जाते. यामध्ये माहिती साठवून, त्याचे विश्लेषण करून वापर केला जातो. GIS चा वापर आज विविध प्रकारच्या साधनसंपत्तीचे नियोजन, पर्यावरण रक्षण, संवर्धन, दळणवळण, संरक्षण व नियोजनात मोठ्या प्रमाणावर केला जातो.

तुमची प्रगती तपासा :

३. प्राकृतिक भूगोलाच्या विविध शाखांची चर्चा करा.

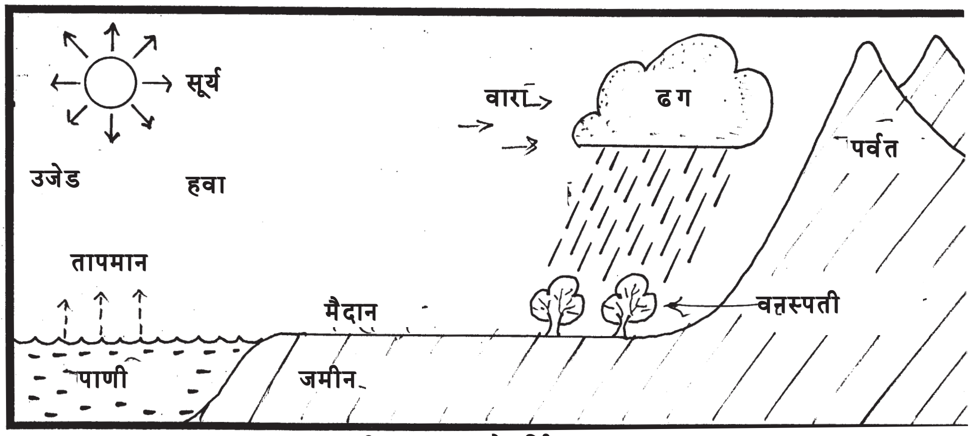
४. मानवी भूगोलाच्या विविध शाखांची चर्चा करा.

५. संयुक्त भूगोलाच्या विविध शाखांची चर्चा करा.

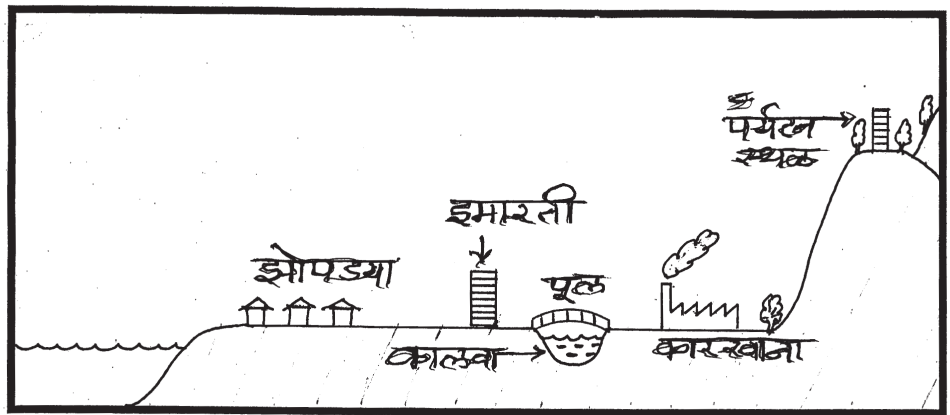
१.५ घटकांचे प्रादेशिक वितरण

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील सर्व घटकांचे वितरण समान झालेले नाही. काही ठिकाणी विशिष्ट घटक आढळतात तर काही ठिकाणी त्यांचा अभाव असतो. उदा. वाळूच्या

टेकडया वाळवंटात व समुद्र किनाऱ्याजवळ आढळतात. कोळसा गाळाच्या खडकांत आढळतो. उच्च शिक्षण देणाऱ्या संस्था, उत्तम वैद्यकीय सुविधा मोठया शहरात आढळतात. शून्यापेक्षा कमी तापमान असलेल्या ठिकाणी हिमनद्या/हिम आढळते. खनिजे खाणीत आढळतात तर शेती व वने अनुकूल प्रदेशांत आढळतात.



आकृती १.१०: नैसर्गिक घटक



आकृती १.११: मानव निर्मित घटक

भूगोलतज्ञ विविध घटकांच्या प्रादेशिक वितरणाचा अभ्यास करतात. उदा. लोकसंख्या कोठे अधिक आहे व का? यालाच प्रादेशिक विश्लेषण (Spatial Analysis) असे संबोधले जाते.

पृथ्वीवरील विविध घटक दर्शविण्यासाठी भूगोलतज्ञ नकाशांचा वापर करतात. यामुळे घटकांची दाटी झालेले प्रदेश व घटकांचा अभाव असणारे प्रदेश यांच्यामधील फरक लगेच लक्षात येतो. हा फरक का आहे हे भूगोलतज्ञ शोधण्याचा प्रयत्न करतात.

नकाशाच्या सहाय्याने असा अभ्यास करणे सोपे होते.

तुमची प्रगती तपासा :

६. ‘घटकांचे प्रादेशिक वितरण’ म्हणजे काय ते विविध उदाहरणाच्या सहाय्याने स्पष्ट करा.

____

____

____

____

१.६ प्राकृतिक भूगोलाचे महत्व

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील विविध घटकांच्या वितरणाचा अभ्यास भूगोलात केला जातो. भूगोलाचा संबंध आपल्या दैनंदिन जीवनात सतत येत असतो. सकाळी आपण वर्तमानपत्र वाचतो त्यात विविध ठिकाणी घडलेल्या घटनांच्या बातम्या असतात. बातमी –NEWS हा शब्दच

N - Nort E - East

W - West S - South

या चार प्रमुख दिशांच्या एकत्रीकरणातून बनला आहे. दिशा, स्थान, अंतर यांचाही संबंध सतत येतो. त्यासाठी आपण नकाशांचा वापर करतो. भूगोलाच्या अभ्यासातून आपल्याला नकाशा वाचन कसे करावे, एखादे स्थान, पर्यटन स्थळ कोणत्या दिशेला व किती अंतरावर आहे तसेच तेथे जाण्यासाठी कोणते वाहतूक–मार्ग उपलब्ध आहेत हे समजते. तंत्रज्ञानातील प्रगतीमुळे आता इंटरनेट कॉम्प्युटर व मोबाईल वरही नकाशे उपलब्ध आहेत. GPS च्या माध्यमातून (GPS - Global Positioning System) आपण सध्या ज्या ठिकाणी आहोत ते स्थान व सभोवतालचा प्रदेश, त्यातील मार्ग दर्शविले जातात. त्याच्या आधारे आपल्याला इच्छित स्थळी पोहोचणे सहज शक्य होते.

आपण सहलीसाठी निसर्गरम्य ठिकाणी जातो त्या ठिकाणी असणारी भव्य भूरुपे पाहून थक्क होतो. पण ही भूरुपे कशी तयार झाली हे आपल्याला भूगोलाच्या अभ्यासातून समजते. आपण आपल्या सहकाऱ्यांना त्याबद्दलची माहिती देऊन ट्रिपमध्ये ‘हिरो’ बनू शकतो. या शास्त्रीय माहितीशिवाय सुंदर पर्यटन स्थळ पहाणे म्हणजे आपल्याला न कळणाऱ्या भाषेतील सुंदर चित्रपट पहाण्यासारखेच आहे.

आज जागतिक तापमान वाढीची चर्चा सर्वत्र सुरु आहे. हवा व हवामान यांच्या अभ्यासातून मिळू शकते. जागतिक तापमान नियंत्रण, पर्यावरण संवर्धन यासाठी आपण हातभार लावू शकतो. दैनंदिन जीवनातही याचा उपयोग होतो. समजा आपल्याला बसने उत्तरेच्या दिशेला जायचे आहे तर बसच्या उजव्या बाजूकडील (पूर्वेच्या) खिडकीतून उन येईल व डाव्या बाजूला सावली असेल. याच्या आधारे आपल्याला कोणत्या बाजूला बसमध्ये बसायचे आहे ते ठरविता येईल (उन्हाळ्यात डावीकडे सावलीत व हिवाळ्यात उजवीकडे)

भूगोलाच्या विद्यार्थ्यांना अनेक क्षेत्रात संधी आहेत. या विषयात सर्वच विषयांचा समावेश होत असल्याने स्पर्धा परीक्षांसाठी भूगोलाचा अभ्यास महत्त्वाचा ठरतो. त्याचप्रमाणे (GIS - Geographical Information system) (भौगोलिक माहिती प्रणाली) या क्षेत्रातही

भूगोलाच विद्यार्थ्यांना खूप संधी आहेत. त्याचप्रमाणे पर्यटन, नागरी प्रादेशिक नियोजन शिक्षण अशी अनेक क्षेत्रे भूगोलाच्या विद्यार्थ्यांना खुली आहेत.

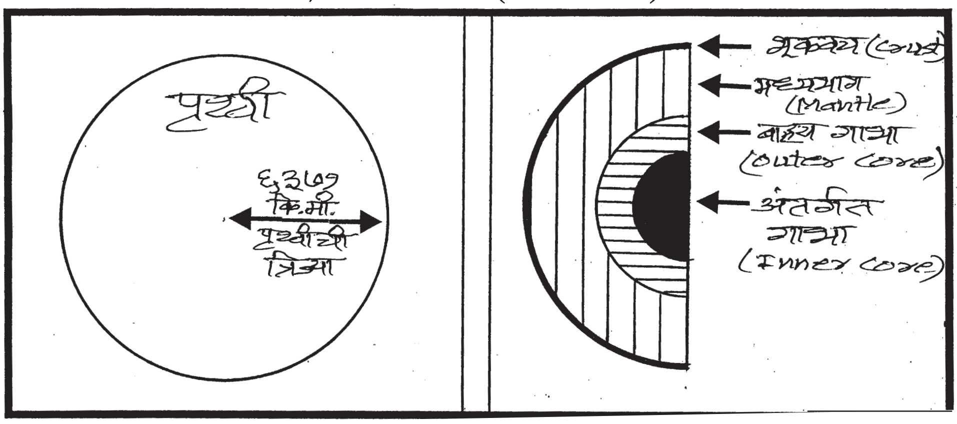
१.७ पृथ्वीची अंतर्गत रचना

पृथ्वीवरील काही भूरुपे पृथ्वीच्या अंतर्गत भागातील हालचालीमुळे निर्माण झालेली असतात, व त्यामुळे पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेची माहिती घेणे अत्यावश्यक आहे. पृथ्वीची त्रिज्या ६,३७१ कि.मी आहे. पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेचे ३ प्रमुख भाग पुढीलप्रमाणे आहेत

१)भूकवच (Crust) २)मध्यभाग (Mantle)

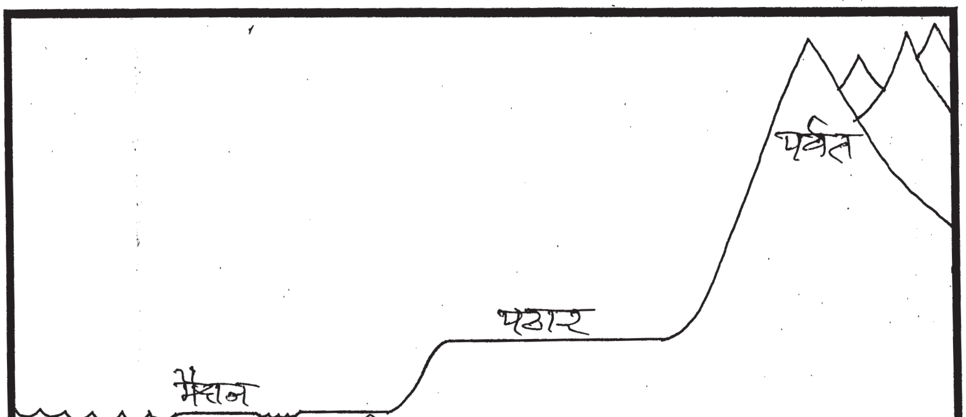
३)गाभा (Core) : अ) बाह्य गाभा (Outer Core)

ब) अंतर्गत गाभा (Inner Core)



आकृती १.१२ – पृथ्वीची अंतर्गत रचना

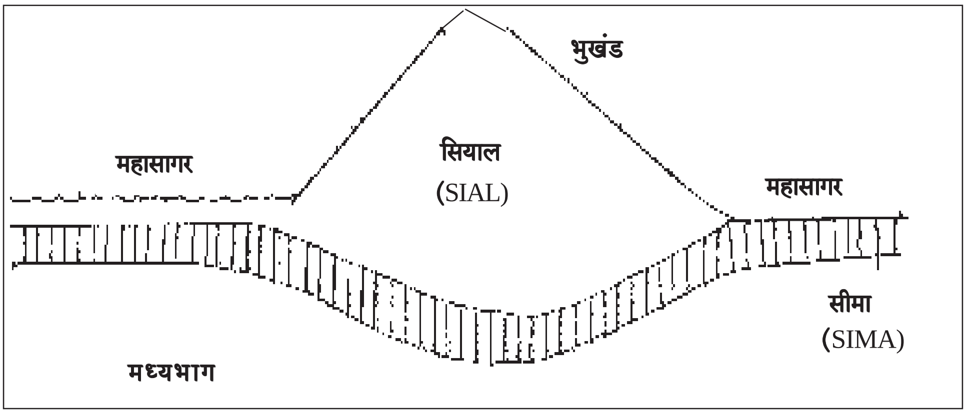
१) **भूकवच (Crust)** : पृथ्वीच्या अंतर्गत रचनेचा हा सर्वांत बाहेरचा भाग. आपण भूकवचावर रहातो. पर्वत, पठारे, मैदाने, नद्या, तळी, समुद्र व महासागर असे विविध भौगोलिक घटक भूकवचावर आढळतात.



आकृती १.१३ भूकवचावरील भूरुपे

भूकवचाची जाडी सुमारे ३० कि.मी. असून हा थर इतर थरांच्या मानाने खूपच पातळ आहे. उदा. उकडलेले अंड आपण कापले तर त्या अंड्याच्या कवचाप्रमाणे भूकवच असते. अंड्याच्या आतील सफेद भाग पृथ्वीच्या ।सारखा व पिवळा भाग पृथ्वीच्या गाभ्यासारख्या असेल.

भूकवचाचा वरचा भाग SIAL (SI Silica Al, Aluminim) हा तुलनात्मकरित्या हलक्या घटकांनी निर्माण झाला आहे. ॲल्युमिनियम, पोटॅशियम व सोडियम यांचे सिलिकेट या थरात मुबलक प्रमाणात आढळतात. भूखंड सियालचे बनले आहेत. या थराची घनता सुमारे २.७८ ग्रॅम/सेमी³ आहे.



१.१४ भूकवचाचा थर

महासागरांचे तळ सीमा (SIMA) या अधिक घनतेच्या द्रव्याने बनले आहेत. (SIMA SI Silica- MA Magnesium)

'सीमा' हा थर 'सियाल च्या खाली आढळतो. या थराची घनता सुमारे ३.०९ ग्रॅम/से.मी.' आहे. मॅग्रेशियम, कॅलशियम व लोहाचे सिलिकेटस या थरात आढळतात. या थरात आढळणारा 'मॅग्मा' ज्वालामुखीय उद्रकाच्या वेळी भूपृष्ठावर येतो तेव्हा त्याला 'लाव्हा' असे संबोधले जाते.

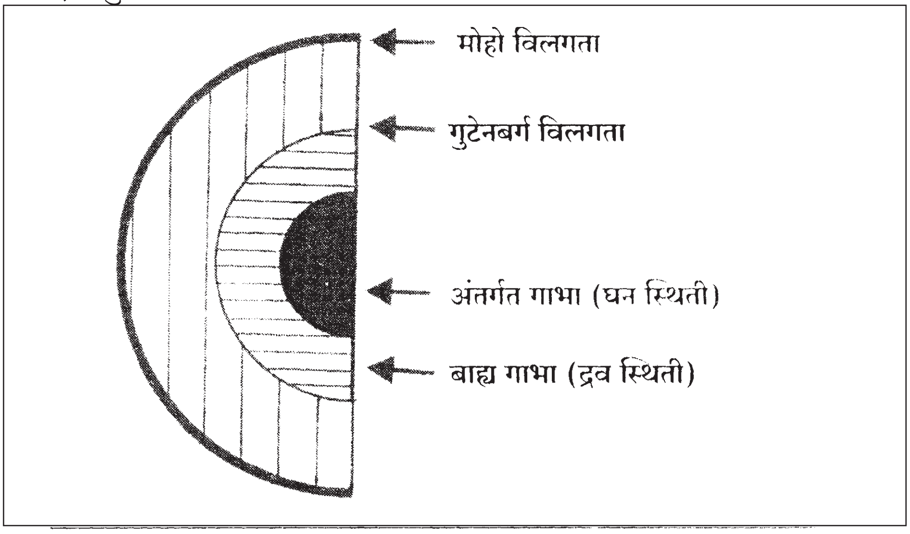
भूकवच व त्याखालील थर 'मध्यभाग'(Mantle) यातील सीमारेषा मोहो विलगता (Mobo discontinuity) किंवा मोहोरोव्हिसिक विलगता (Mohorovicic Discontinuity) या नावाने ओळखला जातो.

२) **मध्यभाग (Mantle)** : हा थर भूकवच आणि गाभ्याच्या मध्ये आढळतो. भूकवचापासून सुमारे २९०० कि.मी खोलीपर्यंत मध्यभाग आढळतो. या थरात खोल जाताना तापमान व घनता वाढत जातात. लोह व मॅग्नेशियम यांनी समृद्ध अशी सिलिकेट खनिजे या थरात आढळतात. मध्यभाग व गाभा यांच्यामधील सीमरेषा 'गुटेनबर्ग विलगता' (Gutenberg Discontinuity) या नावाने ओळखली जाते.

३) **पृथ्वीचा गाभा** : सुमारे २९०० कि.मी. खोलीतून पृथ्वीच्या मध्यभागापर्यंत (६३७१ कि.मी.) पृथ्वीचा गाभा आढळतो. गाभ्याचे दोन भाग आहेत असे मानतात.

अ) **बाह्यगाभा (Outer Core)** : मध्यभागापासून सुमारे ५१०० कि.मी. खोलीपर्यंत

ब) **अंतर्गत गाभा (Inner Core)** : सुमारे ५१०० कि.मी. खोलीपासून पृथ्वीच्या मध्यापर्यंत सुमारे ६३७१ कि.मी. खोलीपर्यंत अंतर्गत गाभा आढळतो. प्रचंड दाबामुळे अंतर्गत गाभा घनस्थितीत असावा असे मानतात.



आकृती १.१५ : विलगता आणि गाभा

चुंबकसूचीच्या सहाय्याने आपण उत्तर दिशा ठरवतो, कारण पृथ्वीला स्वतःचे चुंबकीय क्षेत्र आहे व त्याचा प्रभाव चुंबकसूचीवर होतो. पृथ्वीच्या गाभ्यामध्ये लोह समृद्ध खनिजे असल्यामुळेच पृथ्वीला चुंबकीय क्षेत्र प्राप्त झाले आहे. पृथ्वीचा गाभा निकेल (Nickel) व लोह (Ferrous) खनिजांपासून बनला आहे असे मानतात. त्यामुळे पृथ्वीच्या गाभ्याला नीफे (Nife) असे संबोधले जाते. (Ni Nickel. fe Ferrium)

पृथ्वीवर मुबलक प्रमाणात आढळणाऱ्या जड, अधिक, घनतेच्या घटकांनी – निकेल व लोखंड यांनी गाभा तयार झाला आहे.

गाभ्याची घनता १०ग्रॅम/सेमी^{३} पेक्षा जास्त आहे असे मानतात.

पृथ्वीची सरासरी घनता ५.५ ग्रॅम/सेमी^{३} आहे पण पृथ्वीवर (भूकवचावर) आढळणाऱ्या खडकांची घनता सुमारे २.७ ग्रॅम/सेमी^{३} आढळते. याचा अर्थ भूकवचाची घनता सरासरी घनतेपेक्षा कमी आहे. (५.५–२.७ = २.८) भूकवचाची घनता सरासरी घनतेपेक्षा कमी असल्यामुळे आलेली तूट दुसऱ्या ठिकाणी भरुन काढली गेली तरच सरासरी घनता ५.५ ग्रॅम/सेमी^{३} येईल. यामुळेच गाभ्याची घनता सरासरीपेक्षा जास्त असून गाभा निकेल व लोखंड या घटकांनी बनला आहे असे मानतात.

पृथ्वीच्या गाभ्याची घनता जास्त का असावी हे समजून घेण्यासाठी पुढील उदाहरण पाहा.

	x	y
	१० + १० + १०	५ + १० + १५
एकूण	= ३०	= ३०

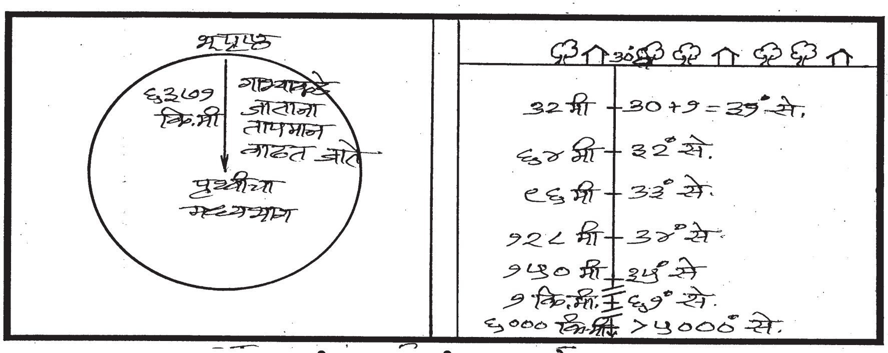
सरासरी $= \frac{30}{3} = \frac{30}{3}$

= १०= १०

वरील उदाहरणात x मध्ये सर्व संख्याचे मूल्य सारखेच म्हणजे '१०' आहे. त्यामुळे सरासरी १० आहे तर y उदाहरणात पहिल्या संख्येचे मूल्य सरासरीपेक्षा कमी आहे व तिसऱ्या संख्येचे मूल्य सरासरीपेक्षा जास्त आहे. त्यामुळे सरासरी १० आहे. याचप्रमाणे भूकवचातील खडकांची घनता कमी असली तरी ही तूट गाभ्यातील घटकांनी भरुन काढली असल्यामुळे पृथ्वीची सरासरी घनता ५.५ ग्रॅम/सेमी^{३} आहे तर गाभ्याची घनता १०ग्रॅम/सेमी^{३} पेक्षा जास्त आहे असे मानतात.

पृथ्वीच्या गाभ्याचे तापमान :

पृथ्वीच्या गाभ्याचे तापमान प्रचंड आहे असे मानतात. आपण भूपृष्ठाकडून पृथ्वीच्या गाभ्याकडे जाऊ लागले की तापमानात वाढ होत जाते. साधारणतः प्रत्येक ३२ मीटर्स खोलीवर तापमान १° सेल्सियसमने वाढते.



आकृती १.१६ः पृथ्वीच्या गाभ्याचे तापमान

आकृतीवरुन असे लक्षात येते की पृथ्वीच्या गाभ्याचे तापमान ५०००° सेल्सियसपेक्षा जास्त असावे लोखंड, ॲल्युमिनियम, तांबे, टंगस्टन या सर्वच धातूंचे विलयबिंदू (Melting point) ५०००° सें. पेक्षा कमी आहेत. यामुळेच आपण पृथ्वीचा बाह्य गाभा हा द्रव स्थितीत आहे असे मानतो. (प्रचंड दाबामुळे पृथ्वीचा अंतर्गत गाभा हा घनस्थितीत असावा असे मानतात.)

तुमची प्रगती तपासा :

७. सुबक आकृतीच्या सहाय्याने पृथ्वीची अंतर्गत रचना स्पष्ट करा.

८. पृथ्वीचा गाभा द्रव स्थितीत आहे असे का मानले जाते ?

९. पृथ्वीच्या गाभ्याची घनता जास्त आहे असे तुम्हाला का वाटते ते स्पष्ट करा.

१०. टीपा द्या.

(अ) भूकवच (crust)

(ब) पृथ्वीचा गाभा

(क) सियाल व सीमा१.८

१.८ भूकंप लहरी :

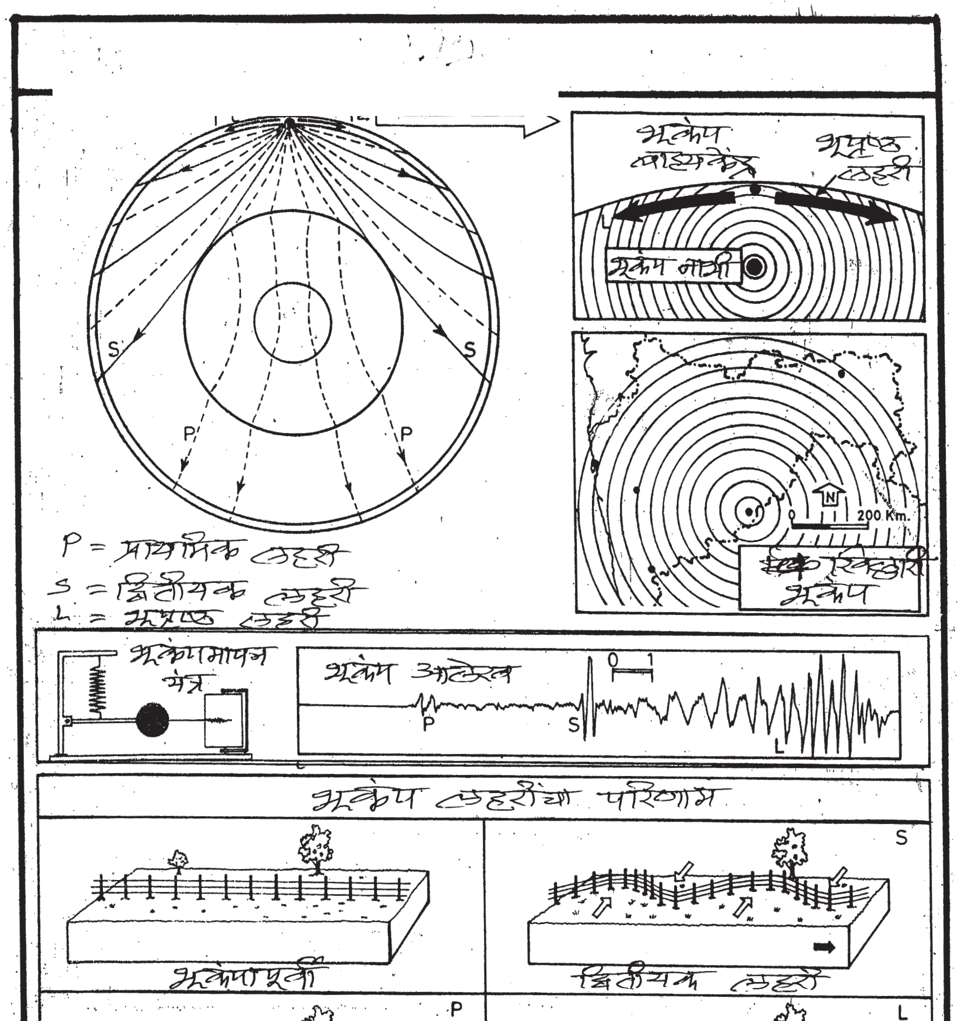
भूकंपलहरी पृथ्वीच्या अंतरंगाबद्दल उपयुक्त माहिती देतात. भूकंपाच्यावेळी वेगवेगळ्या प्रकारच्या भूकंप लहरी निर्माण होतात. प्राथमिक लहरी ('P' waves) द्वितीयक लहरी ('S' waves) व पृष्ठीय लहरी ('L' waves) या प्रत्येक भूकंप लहरीची हालचाल वेगवेगळ्या प्रकारे होते आणि त्यामुळेच त्यांचे गुणधर्म वेगवेगळे आहेत. उदा. 'P' लहरी द्रव घटकांतून जाऊ शकतात. पण 'S' लहरी द्रव घटकांत शोषल्या जातात.

अ) **'P' लहरी–प्राथमिक लहरी** : या लहरी सरळ रेषेत प्रवास करतात. यांचा वेग साधारणतः दर सेकंदाला १२ कि.मी. असतो. पृथ्वीच्या अंतरंगातील घन व द्रव घटकांतून या लहरी प्रवास करु शकतात. भूकंप झाल्यावर भूकंप–मापन यंत्रावर या लहरींची नोंद सर्वप्रथम होते यामुळे या लहरींना 'प्राथमिक' लहरी असे संबोधले जाते.

ब) **'S' लहरी–द्वितीयक लहरी** : या भूकंप लहरी प्राथमिक लहरींपेक्षा हळू जातात कारण त्या नागमोडी (सापासारख्या) हालचाल करीत पुढे सरकतात. या लहरी घन घटकांतून जाऊ शकतात मात्र या द्रव घटकांत शोषल्या जातात. यामुळे भूकंप झालेल्या ठिकाणाच्या प्रतिसाद स्थानावर या लहरींची नोंद होत नाही.

क) **'L' waves** : यांना भूपृष्ठ लहरी (Surface waves) किंवा लव्ह लहरी (Love waves) असेही संबोधले जाते– 'लव्ह' या शास्त्रज्ञाने या लहरींचा शोध लावला म्हणून त्यांना लव्ह लहरी असे संबोधले जाते या लहरी भूकंप ज्या ठिकाणी

होतो त्या क्षेत्रातच आढळतात. त्या दूरवर जाऊ शकत नाहीत. भूकंपमापन यंत्राच्या (Seismograph) सहाय्याने विविध भूकंप लहरी जगभ नोंदविल्या जातात त्याच्या अभ्यासातून शास्त्रज्ञांना पृथ्वीच्या अंतरंगाबद्दल माहिती मिळते.



आकृती १.१७ – भूकंप लहरी

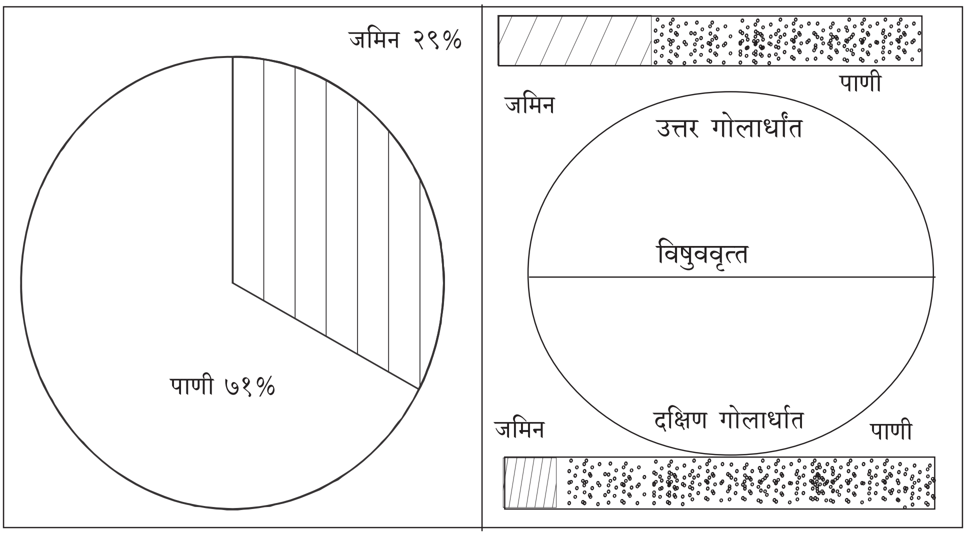
तुमची प्रगती तपासा :

११. सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने भूकंपाबद्दल माहिती द्या.

१२. भूकंप लहरी बद्दल माहिती द्या.

१.९ पृथ्वीवरील जमीन व पाणी यांचे वितरण

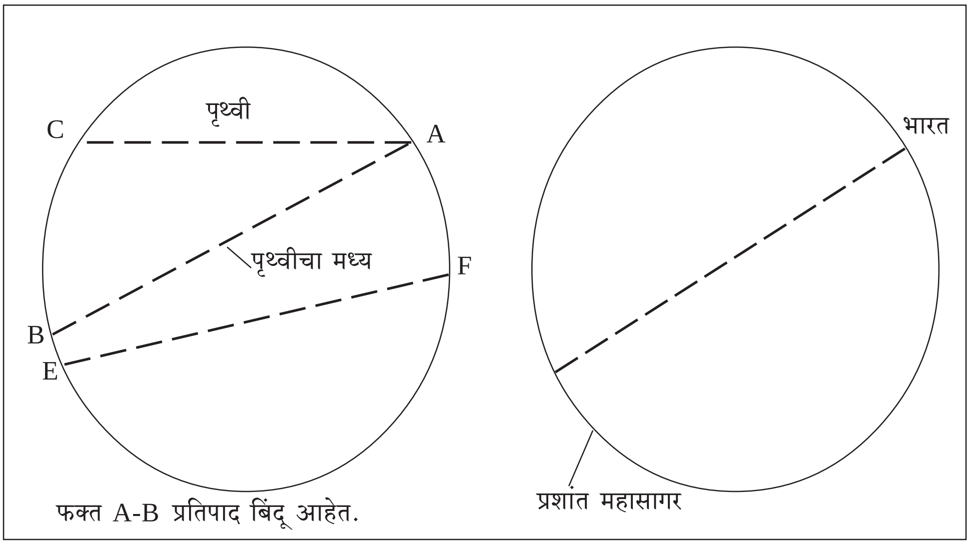
१) पृथ्वीवरील जमीन आणि पाणी यांचे वितरण समान नाही. पृथ्वीचा २९% भाग हा खंडांनी (जमिनीने) व्यापला आहे. तर ७१% भागावर पाणी (समुद्र, महासागर इ.) आढळते.



आकृती १.१८ : पृथ्वीवरील जमीन व पाणी यांचे वितरण

२) जमीन व पाणी यांचे वितरण उत्तर गोलार्धांत साधारणतः समसमान आहे पण दक्षिण गोलार्धात मात्र ते अत्यंत विषम आहे. दक्षिण गोलार्धांतील पाण्याचे प्रमाण हे जमिनीपेक्षा १५ पटींनी जास्त आहे.

३) भूखंडांच्या प्रतिपाद (Antipodal) स्थानांवर पाणी -(समुद्र-महासागर) आढळते.



आकृती १.१९ : प्रतिपाद बिंदू स्थान

४) उत्तर गोलार्धात समशीतोष्ण कटिबंधात साधारणतः (२३½ उ. ते ६६½ उ. अक्षवृत्ते) सलग जमीन आढळते.

५) दक्षिण गोलार्धात ५५° द. अक्षवृत्ताच्या दक्षिणेस अंटार्टिका खंडापर्यंत सर्वत्र पाणी (महासागर) आढळते.

६) दक्षिण गोलार्धात भूखंड (जमिनीचे भाग) अरुंद होत गेलेले आढळतात.

७) उत्तर गोलार्धात पूर्व-पश्चिम वाहतूक व व्यापारी मार्ग अधिक महत्त्वाचे आहेत तर दक्षिण गोलार्धात उत्तर-दक्षिण दिशेतील वाहतूकमार्ग अधिक महत्त्वाचे आहेत. उत्तर गोलार्धातील ट्रान्स सैबेरियन रेल्व, उत्तर पॅसिफिक मार्ग, आंतरखंडील अमेरिकन रेल्वे व उत्तर अटलांटिक सागरी मार्ग यामुळे वाहतूक व व्यापाराचे सलग जाळे निर्माण झालेले आढळते.

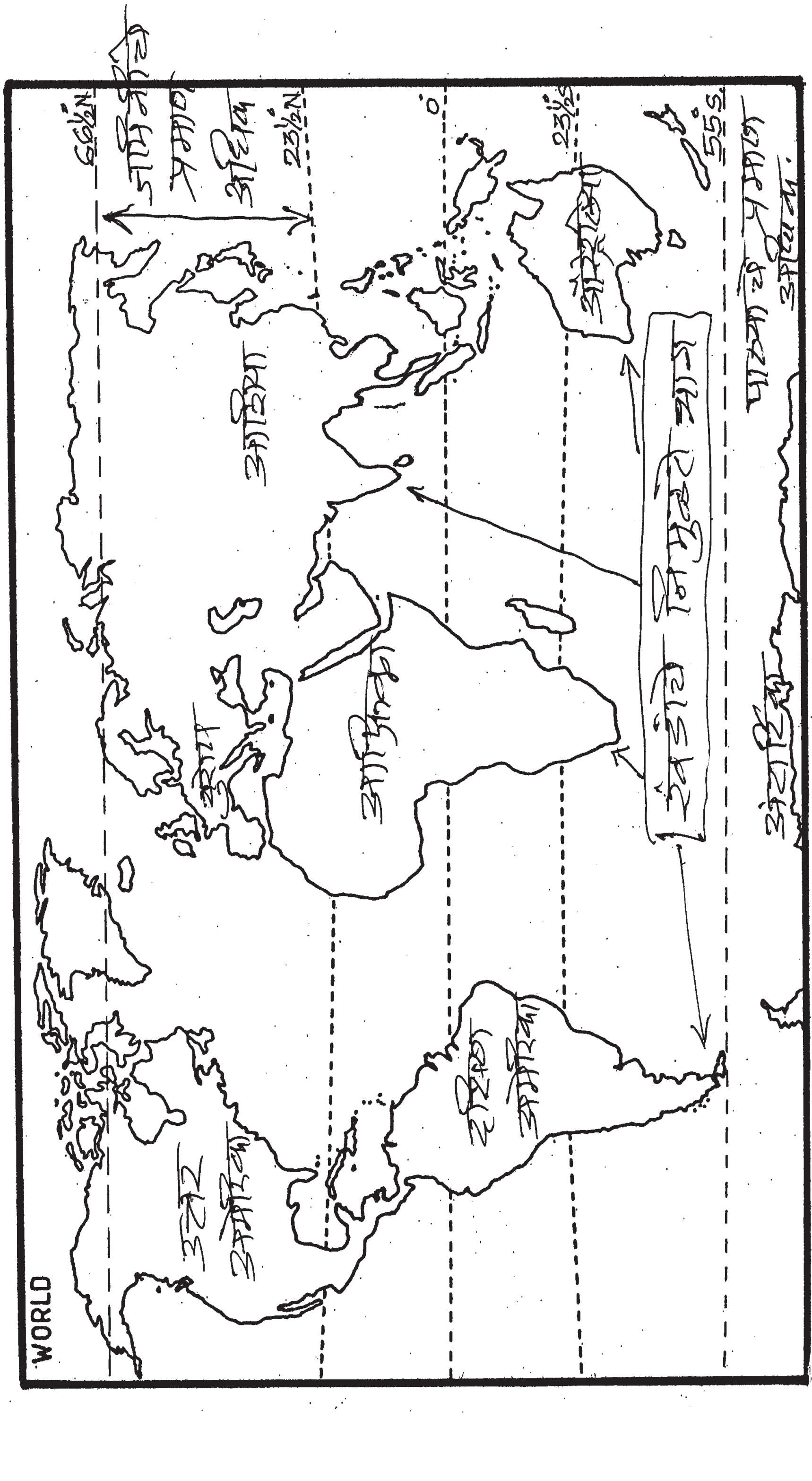
८) दक्षिणेकडील अंटार्टिका खंडाला ऑस्ट्रेलिया, दक्षिण आफ्रिका व दक्षिण अमेरिकेच्या दिशेत तीन टोके (विस्तारित प्रदेश) दिसून येतात.

९) जगातील बरेचसे प्रमुख भू भाग उत्तर गोलार्धात आहेत. ऑस्ट्रेलिया त्यांच्या पासून दूर दक्षिण गोलार्धात आहे.

१०) जगाची सुमारे ९०% लोकसंख्या उत्तर गोलार्धात एकवटली आहे आणि म्हणून वाहतूक व दळणवळण यांचा विकास उत्तर गोलार्धांत अधिक झाला आहे.

११) उत्तर गोलार्धात भूभाग विस्तृत असल्यामुळे खंडांच्या अंतर्गत भागता (उदा. आशिया), उन्हाळ्यातील तापमान व हिवाळ्यातील तापमान यामध्ये खूप फरक आढळतो. समुद्र किनाऱ्याकडून खंडाच्या अंतर्गत भागात जाताना तापमान कक्षा वाढत जाते. (तापमान कक्षा म्हणजे कमाल व किमान तापमानातील फरक.)

१२) दक्षिण गोलार्धातील खंडांचे भाग–द.अमेरिका, द. आफ्रिका व आशियाचे भाग दक्षिणेकडे निमुळते होत गेले आहेत. त्यामुळे हा भूभाग चिंचोळा असून तो महासागरांनी वेढलेल्या आहे. यामुळे या ठिकाणी तापमान कक्षा कमी आढळते.



आकृती १.२०: जमीन व पाणी यांचे वितरण

तुमची प्रगती तपासा :

१३. सुबक आकृत्यांच्या साहाय्याने पृथ्वीवरील जमीन व पाण्याचे वितरण स्पष्ट करा.

१४. दक्षिण गोलार्धात पाण्याचे प्रमाण जमिनीपेक्षा अधिक आहे. विधान स्पष्ट करा.

१५. पृथ्वीवरील जमिनीच्या प्रतिपास स्थानावर समुद्र / महासागर आढळतात. विधान स्पष्ट करा.

❖❖❖❖

२

खडक आणि खनिजे

घटक संरचना :

२.० उद्दिष्टे

२.१ प्रस्तावना

२.२ खडक व खनिजे

खडक चक्र

खडकांचे वर्गीकरण

२.३ वळ्या आणि भ्रंश–त्यांचे प्रकार

२.४ विदारण व विदारणाचे प्रकार

२.५ विस्तृत झीज

२.६ प्रश्न संदर्भ सूची

२.० उद्दिष्टे

→ भूकवचावरील घटकांची खडक व खनिजांची तोंड ओळख

→ खडकांच्या निर्मितीची प्रक्रिया समजून घेणे.

→ खडकांच्या प्रकारांची माहिती घेणे

→ वळ्यांच्या विविध प्रकारांची माहिती घेणे

→ भ्रंशांच विविध प्रकारांची माहिती घेणे

→ विदारण प्रक्रिया व विदारणांचे प्रकार समजून घेणे

→ विस्तृत झीजेची संकल्पना व तिचे प्रकार समजून घेणे

२.१ प्रस्तावना

पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर, भूकवचावर अनेक प्रकारचे खडक व खजिने आढळतात. यांचे वेगवेगळे प्रकार कोणते व त्यामधील घटक काय? खडकांची निर्मिती कशी होते याबद्दलची माहिती या प्रकरणात आपल्याला मिळेल.

पृथ्वीच्या अंतर्गत हालचालीचे परिणाम भूपृष्ठावरही होतात. काही परिमाण 'भूकंप' व 'ज्वालामुखी' सारखे तीव्र असतात तर भूपृष्ठाच्या मंद हालचालीमुळे भूपृष्ठाला वळ्या पडतात. पर्वतांची निर्मिती होते. उदा. हिमालय. काही ठिकाणी भ्रंश निर्माण होतो. जमीन खचते व विविध भूरुपे तयार होतात.

पृथ्वीवरील भूरुपांचे वारा पाणी, उष्णता, इत्यादी अनेक कारणामुळे विदारण होते. खडकाचे तुकडे होतात व विस्तृत झीजेमुळे हे तुकडे डोंगर उतारावरुन खाली गडगडत येतात. याबद्दलचीही माहिती आपल्याला या प्रकरणात मिळेल.

२.२ खडक आणि खनिजे

भूरुपशास्त्राचा अभ्यास करीत असताना पृथ्वीचे कवच व त्यामधील पदार्थांचा अभ्यास महत्त्वाचा ठरतो. सुरुवातीच्या काळात पृथ्वी तप्त वायूरुप होती. सावकाश थंड होत जाताना बाहेरचा भाग प्रथम थंड होऊन घनरुप स्थितीमध्ये आला. या १६ ते ४० कि.मी. जाडीच्या बाहेरच्या कठिण भागाला 'शिलावरण' असे म्हणतात. शिलावरणाचा हा भाग निरनिराळ्या खजिन द्रव्यापासून किंवा खडकापासून बनलेला आहे. शिलावरणांची ही माहिती खडक व खनिजे या संज्ञेमध्ये घेतली जाते.

साधारण भूपृष्ठावरील कठिण स्वरुपातील दगडांचा समावेश खडक या संज्ञेमध्ये केला जाते, मात्र शास्त्रीय दृष्टीकोनातून खडकाची व्याख्या सांगत असताना पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरील अतिशय कठिण अशा दगडापासून ते मृदू अशा बारीक रेती-मातीपर्यंत सर्व पदार्थाचा समावेश खडक या संज्ञेमध्ये केला जातो किंवा भूपृष्ठावरील कोणत्याही भूपदार्थांचा नैसर्गिक संचय म्हणजे 'खडक' होय.

खडक हे विविध खनिजांच्या मिश्रणापासून बनलेले असतात. (खनिजे ही अनेक मूलदव्यांच्या संयुगापासून बनलेली असतात.) काही खडक ग्रॅनाइटसारखे कठिण व हलके असतात. काही रेतीप्रमाणे मृदु असतात. काही चुनखडीसारखे विरघळणारे, काही स्लेटसारखे अछिद्र असतात तर काही संगमरवरासारखे कठिण चमकणारे असतात. वेगवेगळ्या खनिज द्रव्यापासून हे खडक निर्माण होतात. या खडकांचे गुणधर्म त्यामध्ये असणाऱ्या खनिज द्रव्यावर अवलंबून असतात. भूकवचात आढळणाऱ्या खडकामध्ये मोठ्या प्रमाणात ऑक्सिजन, सिलिकॉन, ॲल्युमिनिअम, लोखंड, कॅलशियम यासारखी प्रमुख दहा मूलद्रव्ये आढळून येतात. ऑक्सिजन व सिलिकॉनचे प्रमाण यामध्ये सर्वाधिक असते. तक्ता मध्ये त्यांचे विश्लेषण दिले आहे.

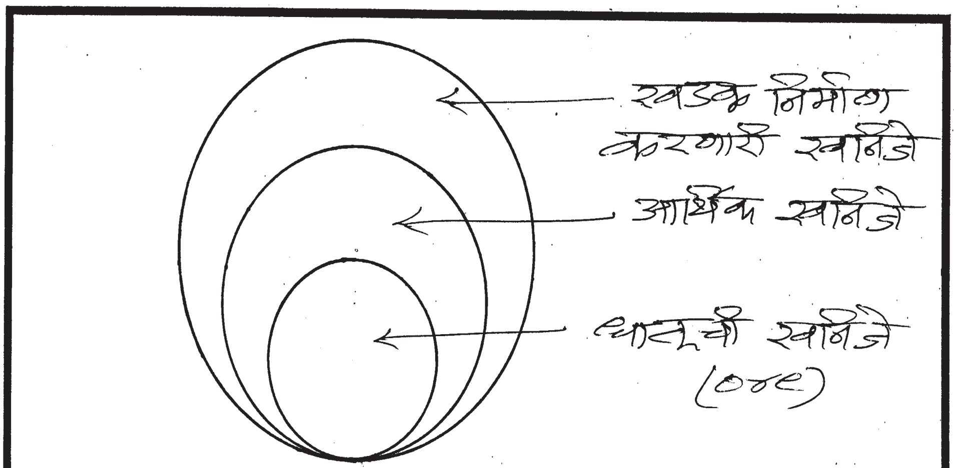
क्र.	मूलद्रव्ये	रासयनिक सूत्रे	% प्रमाण
१.	ऑक्सिजन	O	४६.६०%
२.	सिलिकॉन	Si	२७.७२%
३.	ॲल्युमिनिअम	Al	८.१५%
४.	लोखंड	Fe	५.००%
५.	कॅल्शियम	Ca	३.६३%
६.	सोडियम	Na	२.८३%
७.	पोटॅशियम	K	२.५९%
८.	मॅग्नेशियम	Mg	०.१४%
९.	हायड्रोजन	H	०.४%
१०.	टिटॅनियम	Ti	४%

खनिजे व त्यांचे गुणधर्म :

खडक हे खनिजांचे बनलेले असतात तर खनिजे ही मुलद्रव्यांच्या संयोगाने बनलेली असतात. खनिजे ही निसर्गात आढळणारी असेंद्रीय रासायनिक पदार्थ असतात. मूलद्रव्यांच्या अणूंपासून ती बनलेली असतात. त्यामुळे त्यांनाही विशिष्ट अणुरचना व रासायनिक सूत्र असते. उदा. मूलद्रव्यांच्या एकत्रीकरणातून खनिजे तयार होतात. उदा. सिलिका – (क्वार्टझ) – हे खनिज ($SiO = Si + O_2$) सिलिकॉन व ऑक्सिजन यांच्या एकत्रीकरणापासून तयार झाले आहे. खनिजांची रासायनिक घटना गुंतागुंतीची असते. प्रत्येक खनिजाला त्याचा विशिष्ट रंग, चकाकी, रचना कठिणता इ. गुणधर्म असतात. काही खनिजे स्फटिकांची बनलेली असतात. मूलद्रव्ये विद्युतीकरणामुळे एकत्र जोडली जातात. य मूलद्रव्यापासून खनिज निर्माण होतात. ऑक्सिजन, कार्बन, सिलिकॉन या मूलद्रव्याचे प्रमाण खनिजामध्ये अधिक आढळते. विविध स्वरुपाच्या खनिजांच्या मिश्रणापासून खडकाची निर्मिती होत असते. त्यामध्ये असणाऱ्या खनिजांवरती त्या खडकाचा रंग, स्फटिक रचना, कठिणता अवलंबून असते.

काही खनिजे मुबलक प्रमाण सर्वत्र मिळतात. अशी खनिजे ‘खडक निर्माण करणारी खनिजे’ म्हणून ओळखली जातात. उदा. क्वार्टझ (गारगोटीचा दगड)

काही खनिजे दुर्मिळ असतात व ठराविक ठिकाणीच आढळतात. त्या ठिकाणी खनिजांच्या खाणी असतात. अशी खनिजे ‘आर्थिक खनिजे’ म्हणून ओळखली जातात. त्या आर्थिक खनिजांपासून धातू मिळतो त्या आर्थिक खनिजांना त्या ‘धातूचे खनिज’ असे संबोधले जाते. उदा. बॉक्साईट ह्या खनिजापासून अॅल्युमिनियम मिळते.



आकृती २.१ : खनिजांचे प्रकार

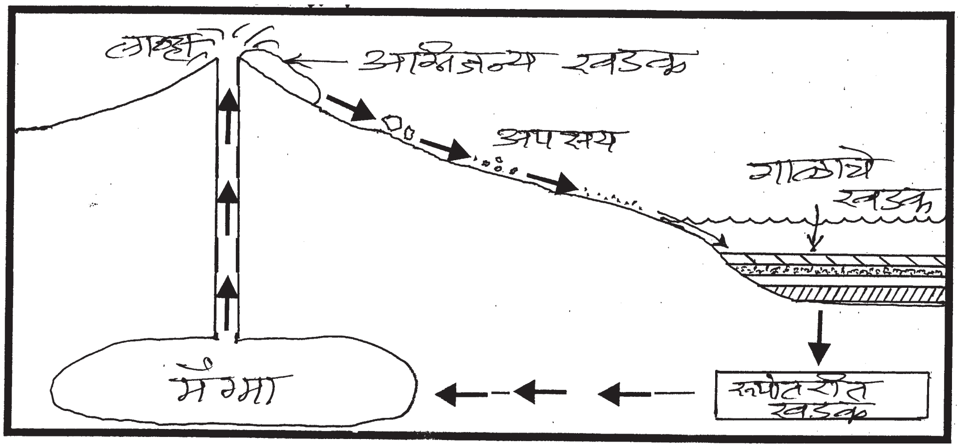
खडकांची वर्गीकरण/प्रकार :

पृथ्वीची उत्पत्ती झाल्यानंतर तप्त वायूगोलात असणारी पृथ्वी थंड होत जाताना बाह्यकण सुरुवातीला घनरुप झाले. ते संपूर्ण बाह्यकवच शिलावरण म्हणून ओळखले जाते. या कवचामध्ये काळानुरूप बदल होऊन वेगवेगळ्या प्रकारचे भिन्न गुणधर्माचे

खडक निर्माण झाले. उत्पत्ती किंवा निर्मितीनुसार खडकाचे पुढील तीन प्रकार सांगितले जातात.

खडकांचे प्रकार :

१) अग्निजन्य खडक - प्राथमिक खडक / मूलभूत खडक (Igneous Rock/Primary Rock)
२) स्तरीत खडक - जलजन्य खडक (Sedimentary Rock)
३) रुपांतरीत खडक - Metamorphic Rock



आकृती २.२ : खडक चक्र

खडक चक्र (Rock Cycle) :

भूपृष्ठाखालील मॅग्मा ज्वालामुखीच्या उद्रेकात भूपृष्ठावर येतो. त्याला 'लाव्हा' असे संबोधले जाते. लाव्हा थंड होऊन तयार होणारे खडक अग्निजन्य (अग्नि + जन्य - आगीपासून तयार होणारे) - खडक म्हणून ओळखले जातात.

अग्निजन्य खडकांचे विदारण होते. विदारीत खडकांचे तुकडे नदी वाहून नेते. या तुकड्यांचा चुरा होऊन नदीचा गाळ तयार होतो. नदी समुद्रात मिळते. समुद्राच्या तळावर नदीने आणलेला गाळ साठत जातो. थरावर थर साठतात. थरांचा व समुद्राच्या पाण्याचा दाब पडून गाळाचे कण एकमेकांना चिकटतात व गाळाच्या किंवा स्तरित खडकांची निर्मिती होते. भूकवचाच्या हालचालीमुळे गाळाचे खडक खोलवर जातात. तेथील प्रचंड उष्णता व दाब यामुळे गाळाच्या खडकांचे स्वरुप बदलते व त्यांचे रुपांतरीत खडकांत रुपांतर होते.

रुपांतरीत खडक भूकवचाच्या हालचालींमुळे भूपृष्ठावर येतात किंवा खोलवर जाऊन वितळतात. मॅग्माचा भाग बनतात, अशाप्रकारे खडक चक्र चालू रहाते.

१) अग्निजन्य खडक (Igneous Rock)

अंतर्गत भागातील तप्त पदार्थांपासून हे खडक निर्माण झालेले असतात. त्यामुळे

त्यांना अग्निजन्य खडक म्हटले जाते. पृथ्वीची उत्पत्ती झाली तेव्हा पृथ्वी तप्त वायूगोलाच्या स्वरुपात होती. पृथ्वीचे बाह्यकवच थंड होऊन घनरुप बनले. हा संपूर्ण बाह्यकवचाचा घनरुप भाग अग्निजन्य खडकामध्ये समाविष्ट होतो. अग्निजन्य खडक निर्मितीची प्रक्रिया आजही सुरु असून अंतरंगातील तप्त पदार्थ भूपृष्ठावरती येऊन किंवा भूकवचाखाली थंड होऊन त्यापासून अग्निजन्य खडक निर्माण होतो. त्या खडकाच्या स्थानावरुन त्याचे दोन प्रकार केले जातात. पुढील तक्त्यामध्ये मध्ये अर्निर्मित अग्निजन्य खडकाचे प्रकार दिले आहेत.

अग्निजन्य खडकाचे प्रकार

↓ **अंतनिर्मित अग्निजन्य खडक** ↓

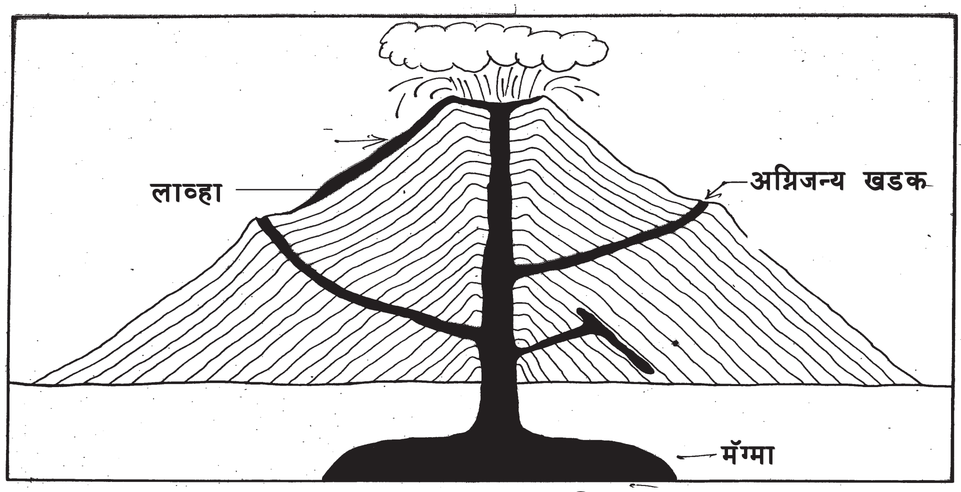
१. बॅथोलिथ
२. लॅकोलिथ
३. डाईक
४. स्टॉक
५. सील/शिटह

↓ **बाह्यनिर्मित अग्निजन्य खडक** ↓

ज्वालामुखीय खडक

अ) अंतर्निर्मित अग्निजन्य खडक :

काही वेळा भूगर्भातील तप्त 'लाव्हारस' वरती येत असताना भूकवच कठिण असल्यास तो भूपृष्ठावरती तो येतो अंतर्गत भागाता निर्माण झालेल्या पोकळी मध्ये थंड होऊन त्यापासून विविध आकाराच्या खडकांची निर्मिती होते. भूकवचाखाली हे खडक निर्माण होत असल्याने यांना अंतर्निर्मित 'अग्निजन्य खडक' म्हटले जाते किंवा हे खोलीवर निर्माण होत असल्याने यांना 'पातालिक खडक' असे म्हटले जाते. अंतर्गत भागात हे खडक सावकाश थंड होत असल्याने यांचे स्फटिक आकारचे मोठे असतात. या खडकाच्या वेगवेगळ्या आकारानुसार/रचनेनुसार त्यांना विविध नावे दिली जातात.

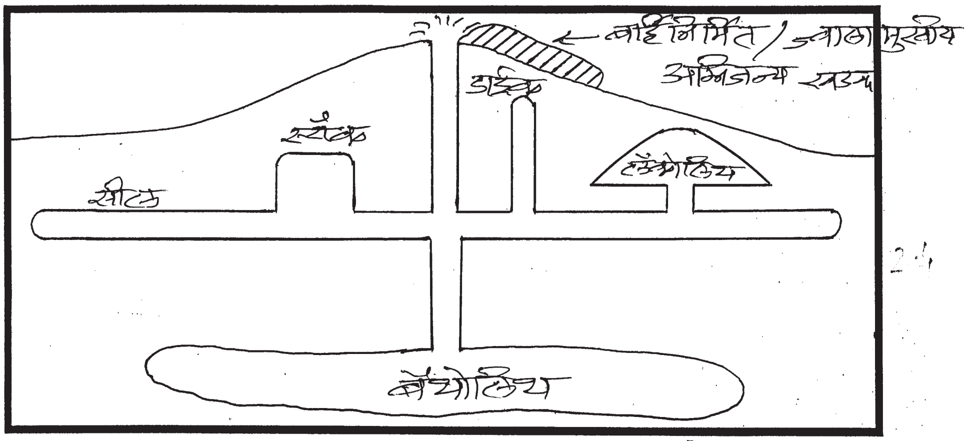


आकृती २.३ :ज्वालामुखी व अग्निजन्य खडक

१. **बॅथोलिथ अग्निजन्य खडक :** भूकवचाखाली अधिक खोलीवर लाव्हारसापासून अवाढव्य आकाराच्या अग्निजन्य खडकांची निर्मिती होते. ओबडधोबड स्वरुपाच्या अशा खडकांना **बॅथालिथ** म्हटले जाते. काही वेळा वरती बाजूच्या भूपृष्ठाची झीज झाल्यास ते दिसू शकतात. पर्वतीय प्रदेशात अधिक खोली वरती हे मोठ्या प्रमाणात आढळून येतात.

२. **लॅकोलिथ :** भूपृष्ठाखाली मात्र कमी खोलीवर बॅथॉलिथ सारखी रचना असणाऱ्या मात्र आकाराने लहान अशा भूछत्रासारख्या खडकाची निर्मिती होते त्यालाच लॉकोलिथ म्हटले जाते. वरील भाग घुमटाकार व तळभाग साधारण सपाट अशा स्वरुपाची रचना असून भूपृष्ठाची झीज झाल्यास काही वेळा हे दृष्टीस पडतात.

३. **डाईक :** ज्यावेळी अंतर्गत भागातील तप्त लाव्हारस भूपृष्ठाखाली निर्माण झालेल्या उभ्या पोकळी मध्ये थंड होऊन भिंतीसारखे अग्निजन्य खडक निर्माण होतात त्यांना ‘डाईक’ म्हटले जाते. अनियमित रुंदचे व उंचीचे असे डाईक पृथ्वी अंतरंगामध्ये मोठ्या प्रमाणात निर्माण झालेले आढळून येतात. बदलापूरजवळ नदीच्या पात्रात डाईक आढळतो.



आकृती २.४ : अग्निजन्य खडकांचे प्रकार (रचनानुसार)

४. **स्टॉक :** भूगर्भातील लाव्हारस वरती येत असताना खडकांमध्ये निर्माण झालेल्या उभ्या पोकळीमध्ये थंड होतो त्याचा वरील भाग फुगीर गोलाकार स्वरुपात निर्माण होतो ही रचना ‘स्टॉक’ म्हणून ओळखली जाते. पर्वतीय प्रदेशात अशी रचना मोठ्या प्रमाणात आढळून येते.

५. **सील :** अंतर्गत भागातील तप्त लाव्हारस वरती येत असताना भूपृष्ठाला आडव्या पातळीत निर्माण झालेल्या पोकळीत अग्निजन्य खडकाची निर्मिती होते. त्याला ‘सील’ म्हणून ओळखले जाते.

ब) बर्हिर्निर्मित अग्निजन्य खडक :

अंतर्गत भागातील तप्त लाव्हारस ज्वालामुखी उद्रेकाद्वारे भूपृष्ठावर येऊन थंड होतो व त्यापासून खडकांची निर्मिती होते. हे खडक बाह्य पृष्ठ भागावर निर्माण होत

असल्याने त्यांना बर्हिनिर्मित अग्निजन्य खडक म्हटले जाते.

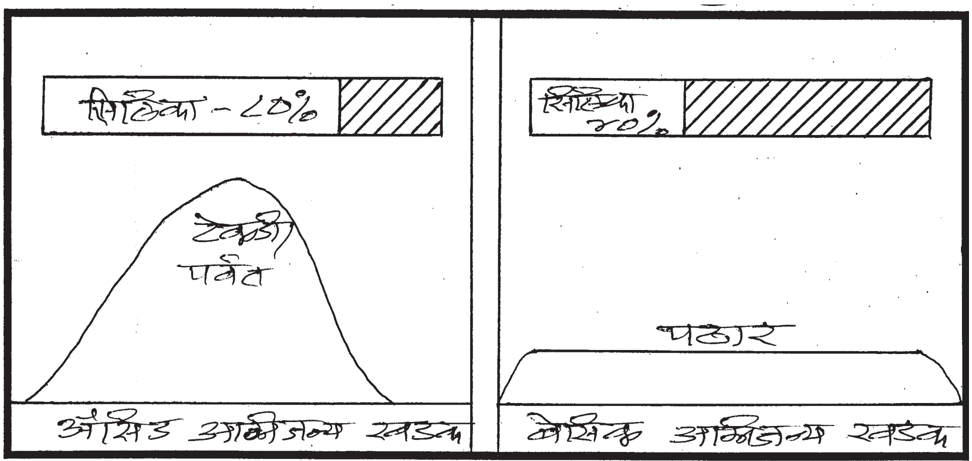
या खडकांतील स्फटिक अत्यंत सूक्ष्म असतात कारण भूपृष्ठावरील लाव्हा जलद गतीने थंड होतो.

रासायनिक गुणधर्मानुसार अग्निजन्य खडक प्रकार :

१) ॲसिड अग्निजन्य खडक - आम्लधर्मी - घट्ट

२) बेसिक अग्निजन्य खडक - अल्कधर्मी - पातळ

लाव्हारसामध्ये विविध प्रकारची खनिजे असतात. सिलिका, ॲल्युमिनिअम, निकेल, मॅग्नेशिअम या सारख्या खनिज द्रव्यामध्ये त्याच्य प्रमाणानुसार रासायनिक गुणमर्धानुसार अग्निजन्य खडकांचे दोन प्रकारात वर्गीकरण केले जाते.



आकृती २.५ : अग्निजन्य खडकांचे प्रकार (घटकांनुसार)

१) **ॲसिड अग्निजन्य खडक :** ज्या लाव्हारसामध्ये सिलिका या घटकद्रव्याचे प्रमाण जास्त असते त्याला 'ॲसिड लाव्हा' म्हटले जाते व त्यापासून बनलेला खडक ॲसिड अग्निजन्य खडक म्हणून ओळखला जातो. यामध्ये ८०% पर्यंत सिलिकाचे प्रमाण असते. यामुळे हा लाव्हा घट्ट स्वरुपाचा असतो. भूपृष्ठावरीत आल्यानंतर याच्यापासून जास्त उंचीचे व कमी विस्ताराचे लाव्हा शंकू निर्माण होतात. टेकड्या तयार होतात.

२) **बेसिक अग्निजन्य खडक :** या लाव्हारसामध्ये ४०% सिलिका व बाकीची इतर खनिजद्रव्ये असतात. सिलिका कमी असल्याने हा लाव्हा पातळ स्वरुपाचा असतो. याला 'बेसिक लाव्हा' म्हटले जाते. भूपृष्ठावर आल्यानंतर सर्व दूर पसरल्याने यापासून कमी उंचीचे व जास्त विस्ताराचे खडक निर्माण होतात. बेसाल्ट हे याचे चांगले उदाहरण आहे. यामुळे पठारांची निर्मिती होते.

अग्निजन्य खडकाचे गुणधर्म :

१) अग्निजन्य खडक हे प्राथमिक व मूलभूत खडक म्हणून ओळखले जातात.

२) हे खडक लाव्हारसाच्या थंड होण्याच्या प्रक्रियेने निर्माण होतात.

३) या खडकातील स्फटिकांची रचना व्यवस्थित नसते यामधील काही स्फटिक आकाराने मोठे असतात.

४) अग्निजन्य खडकात स्तर/थर नसतात मात्र त्यांना जोड निर्माण होतात.

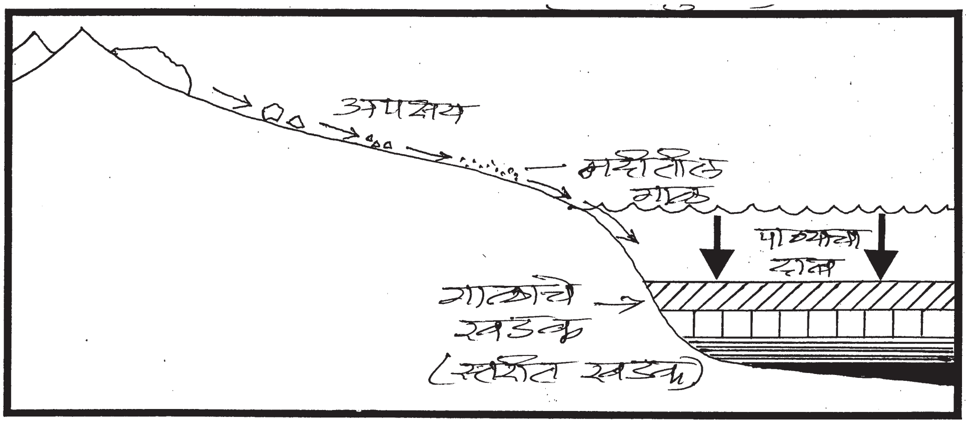
५) या खडकांमध्ये खनिजद्रव्ये मोठ्या प्रमाणात आढळतात.

६) या खडकांमध्ये वनस्पती व प्राण्यांचे अवशेष आढळता नाहीत.

७) या खडकांची अतिशय सावकाश झीज होते.

२) स्तरीत खडक/गाळाचे खडक/जलजन्य खडक (Sedimentary Rock) :

अग्निजन्य खडकाची निर्मिती झाल्यानंतर उष्णता, वारा, पाऊस, नदी, हिमनदी, सागरी लाटा, वनस्पती, प्राणी किंवा काही मानवी क्रियेमुळे कायिक किंवा रासायनिक स्वरुपाच्या विदारणाच्या प्रक्रिया होऊन मूळ खडकांची झीज होते. ते विखंडीत होऊन त्यापासून रेती-मातीची निर्मिती होते. हे पदार्थ बाह्य कारकांच्या वहन क्रियेमुळे सखल भागाकडे वाहून नेले जातात. नदी, सरोवरे, सागर येथे याचे थर साचले जातात. ही क्रिया सतत सुरु असते. गाळाच्या वरच्या थराचा व पाण्याचा दाब खालच्या स्तरावरती पडल्यामुळे ते कठिण होतात व त्यापासून थराच्या रचनेचे खडक निर्माण होतात. थरांची रचना असल्यामुळे यांना **'स्तरीत खडक'** म्हटले जाते.



आकृती २.६ : गाळाचे खडक

वाहून आणलेले पदार्थ गाळाच्या स्वरुपातील असतात. गाळापासून तयार झाल्याने यांना गाळाचे खडक म्हटले जाते व सामान्यतः हे खडक पाण्यामध्ये अधिक प्रमाणात तयार होतात म्हणून त्यांना जलजन्य खडक म्हटले जाते. हे खडक निर्मण होण्याची प्रक्रिया आजही सुरु आहे. पृथ्वीच्या बाह्यकवचामध्ये अशा प्रकारचे खडक मोठ्या प्रमाणात आढळतात. त्यांच्या निर्मिती वरुन त्यांचे दोन उपप्रकार केले जातात ते पुढीलप्रमाणे आहेत.

अ) असेंद्रीय स्तरीत खडक

ब) सेंद्रीय स्तरीत खडक

अ) असेंद्रीय स्तरीत खडक : कायिक व रासायनिक प्रक्रियेमुळे मूळ प्रकारची झीज होऊन त्यापासून बारीक रेती–माती व खडकाचे तुकडे निर्माण होतात. या खडकांमध्ये खनिजद्रव्ये अधिक प्रमाणात आढळतात. या रेती–मातीपासून स्तरीत खडकाची निर्मिती होते. या खडकांमध्ये मूळ खडकाचे गुणधर्म काही वेळ तसेच राहतात तर काही वेळी बदलतात त्यामुळे विदारणाच्या प्रक्रियेमधून निर्माण होणाऱ्या अशा खडकांना असेंद्रिय खडक असे संबोधले जाते याचे उपप्रकार पुढीलप्रमाणे आहेत.

स्तरीत खडक/गाळाचे/जलजन्य खडकाचे प्रकार

- असेंद्रीय स्तरीत खडक
  - कायिक प्रक्रियेने तयार होणारे
    - १) रेतीपासून (सॅण्डस्टोन)
    - २) मातीपासून (पंकाश्म)
  - रासायनिक प्रक्रियेने तयार होणारे
    - १) जिप्सम
    - २) रॉक सॉल्ट
- सेंद्रीय स्तरीत खडक
  - वनस्पतीजन्य सेंद्रीय खडक
    - १) कोळसा
    - २) दगडी कोळसा
  - प्राणीजन्य सेंद्रीय खडक
    - १) डोलोमाईट
    - २) चुनखडक (कॅलियम कार्बोनेट)

१) **कायिक प्रक्रियेने तयार होणारे :** ऊन, वारा, पाऊस, वाहते पाणी किंवा काही मानवी प्रक्रियेमुळे मूळ खडकाची झीज होऊन तयार होणाऱ्या पदार्थापासून परत स्तरीत खडकाची निर्मिती होते. यामध्ये मूळ खडकाचे गुणधर्म तसेच राहतात. यामधील काही खडक रेतीपून तयार होतात. तर काही खडक माती किंवा चिखलापासून तयार होतात.

२) **रासायनिक प्रक्रियेने तयार होणारे असेंद्रिय स्तरीत खडक :** मूळ खडकावरती विविध प्रकारची वायु. वायुमिश्रित पाणी, आम्ल यांची रासायनिक प्रक्रिया होऊन वेगळ्या गुणमर्धाचे पदार्थ तयार होतात व या पदार्थांच्या संचयनापासून जे खडक तयार होतात त्यांचा समावेश या प्रकारामध्ये केला जातो. जिप्सम, रॉक सॉल्ळ ही याची उदाहरणे आहेत.

ब) सेंद्रीय स्तरीत खडक

पृथ्वीवरील वनस्पती, पाणी किंवा सजीवांच्या अवशेषापासून तयार होणाऱ्या खडकांना सेंद्रीय खडक म्हटले जाते. प्राचीनकाळी हालचालीमुळे भूपृष्ठावरील वनस्पती,

प्राणी अंतर्गत भागात गाडले गेले. त्यांच्यावरती अंतरंगातील प्रचंड उष्णता व दाबाचा परिणाम होऊन कालांतराने त्याचे खडकामध्ये रुपांतर झाले त्यांनाच **सेंद्रीय खडक** म्हटले जाते. त्याचे दोन उपप्रकार केले जातात.

१) **वनस्पतीजन्य सेंद्रीय खडक :** वनस्पतीमध्ये कार्बनचे प्रमाण अधिक असते. प्राचीन काळी भूगर्भातील हालचालीमुळे भूपृष्ठावरील विस्तृत स्वरुपाची जंगले भूगर्भात गाडली गेली. अंतरंगातील प्रचंड उष्णता व भूकवचाचा दाब यामुळे वनस्पतीमधील कार्बनचे कोळशामध्ये रुपांतर झाले. हा कोळसा वनस्पतीजन्य खडक म्हणून ओळखला जातो. यामधील कार्बनच्या प्रमाणानुसार विविध प्रकार केले जातात. आज आढळणारे बहुतेक दगडी कोळशाचे साठे सुमारे तीस कोटी वर्षापूर्वी निर्माण झाले असावेत असे मानले जाते.

२) **प्राणीजन्य सेंद्रीय खडक :** अंतर्गत हालचालीमुळे भूपृष्ठावरील प्राणी अंतर्गत भागात गाडले गेले. दाब व उष्णतेचा परिणाम होऊन रासायनिक प्रक्रियेने प्राण्यांच्या अविशिष्ट भागाचे खडकामध्ये रुपांतर झाले. यामध्ये डोलोमाईट, चुनखडक (कॅल्शियम कार्बोनेट)हे प्रकार आढळतात.

वरील प्रकारा व्यतिरिक्त बाह्य कारकांच्या संचयन कारकामुळे काही स्तरित खडक निर्माण होतात त्याआधारे त्यांचे काही प्रकार सांगितले जातात.

१) जलजन्य स्तरीत खडक

२) वायुजन्य स्तरीत खडक

३) हिमानी स्तरीत खडक

१) **जलजन्य स्तरीत खडक :** नदी किंवा वाहत्या पाण्यामुळे वाहत आलेल्या गाळाचे नदी सरोवरे किंवा सागरतळावरती सतत संचयन होऊन स्तरित स्वरुपाचे खडक निर्माण होतात. पाण्यात हे खडक निर्माण होत असल्याने यांना **जलजन्य स्तरीत** खडक म्हटले जाते.

२) **वायुजन्य स्तरीत खडक :** वाऱ्याच्या खनन कार्यामुळे खडकांची झीज होऊन झीज झालेले पदार्थ वाऱ्याबरोबर वाहत जातात, ज्यामध्ये वाळू, रेतीचे प्रमाण अधिक असते. जेथे वाऱ्याचा वेग कमी होतो किंवा मार्गात अडथळे येतात तेथे यांचे संचयन होते. ही क्रिया सतत होत राहिल्यास तेथे स्तरित खडकाची निर्मिती होते. वाऱ्याच्या कार्यामुळे हे खडक निर्माण झाल्याने त्यांना **वायुजन्य खडक** असे म्हटले जाते.

३) **हिमानी स्तरीत खडक :** उंच पर्वतीय प्रदेश किंवा ध्रुवीय प्रदेशात हिमनदी बरोबर मोठ्या प्रमाणात गाळ वाहत येतो. या गाळाचे संचयन हिमनदीच्या पात्रात, कडेवरती किंवा हिमनदीच्या मुखाजवळ सतत होत राहते. त्यामुळे थरावरती थर साचून स्तरित खडकाची निर्मिती होते. हिमनदीमुळे हे खडक निर्माण झाल्यामुळे यांना **हिमानी स्तरित खडक** म्हटले जाते.

स्तरित खडकाचे गुणधर्म :

१) स्तरित खडकांचा सर्वात महत्त्वाचा गुणधर्म म्हणजे यामध्ये थराची रचना असते.

२ मूळ खडकाची झीज होऊल बाह्यकारकाच्या संचयन कार्यामुळे हे खडक निर्माण होतात.

३) या खडकांमध्ये स्फटिकांची रचना आढळते मात्र ते व्यवस्थित रचनेत नसते.

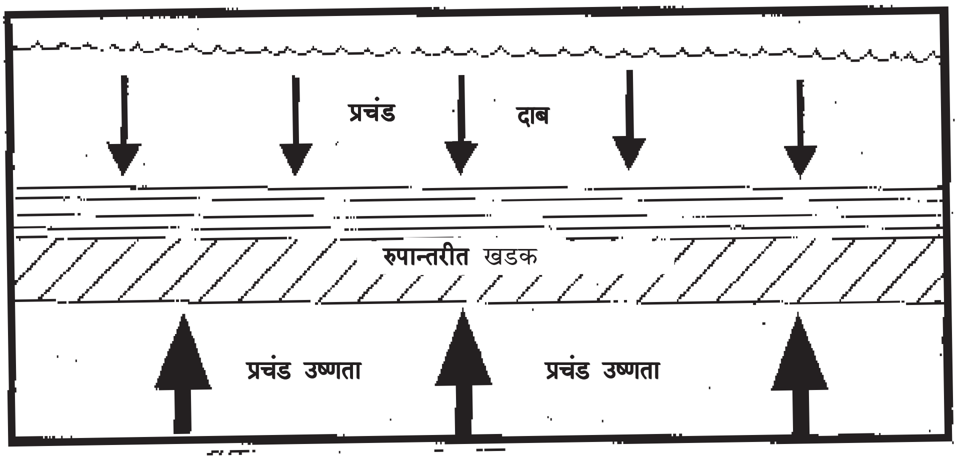
४) इतर खडकापेक्षा हे खडक मृदु / मऊ असतात.

५) हे खडक सछिद्र असल्यामुळे यामधून पाणी पाझरण्याची प्रक्रिया होते.

६) या खडकामध्ये अनेक प्रकारची खनिजे आढळतात. त्यामुळे त्यांना वेगवेगळा रंग प्राप्त होतो.

७) या खडकाचे आणखी एक वैशिष्ट्ये म्हणजे त्यात वनस्पती व प्राणीजन्य अवशेष्ट आढळतात व त्या आधारे खडक निर्मितीचा कालखंड समजू शकतो.

८) या खडकाची मोठ्या प्रमाणात झीज होते.



आकृती २.७ : रुपांतरीत खडक

३) रुपांतरीत खडक – (Metamorphic Rock) :

अग्निजन्य किंवा स्तरीत खडकावरती अंतर्गत किंवा बर्हिर्गत शक्तीचा परिणाम होऊन मूळ खडकांची मोडतोड न होता त्याच्या रचनेत व गुणधर्मात बदल होऊन वेगवेगळ्याच गुणधर्माचे खडक निर्माण होतात त्यांना रुपांतरित खडक म्हटले जाते. प्रामुख्याने उष्णता, दाब यामुळे खडकाच्या गुणधर्मात रासायनिक प्रक्रियेने बदल होतात. हे रुपांतर प्रामुख्याने अग्निजन्य – रुपांतरित तसे स्तरित–रुपांतरित किंवा काही वेळा रुपांतरीत खडकाचेही पुन्हा रुपांतर होते. आजही या प्रकारच्या खडक निर्मितीची प्रक्रिया सुरु असलेली आढळते. निर्मितीनुसार याचे दोन प्रकार केले जातात.

१) स्पर्शजन्य रुपांतरित खडक २) प्रादेशिक रुपांतरित खडक

१) **स्पर्शजन्य रुपांतरित खडक** : ज्वालामुखीचे उद्रेक होत असताना. ज्वालामुखीमधून तप्त लाव्हारस, राख, वायू मोठ्या प्रमाणात बाहेर पडत असते. हे तप्त पदार्थ ज्वालामुखीच्या नलिकेमधून बाहेर पडत असताना नलिकेच्या सभोवतालच्या खडकावरती उष्णतेचा परिणाम होऊने तेथील मूळ खडकाच्या रचनमध्ये, गुणधर्मामध्ये

बदल होऊन वेगळ्या गुणधर्माचे खडक निर्माण होतात. तप्त पदार्थांच्या संपर्कामुळे हे खडक निर्माण होत असल्याने यांना स्पर्शजन्य रुपांतरित खडक म्हटले जाते. या खडकांचा विस्तार मात्र मर्यादित आढळतो.

२) **प्रादेशिक रुपांतरित खडक** : पर्वत निर्माणकारी हालचालीमुळे किंवा भूकवचातील उलथा-पालथीमुळे भूपृष्ठाचा विस्तृत भाग अंतरंगात गाडला जातो. अंतर्गत भागातील प्रचंड उष्णता व बाह्य कवचाचा दाब यामुळे रासायनिक प्रक्रिया होऊन विस्तृत स्वरुपाचा मूळ खडकाचे गुणधर्म बदलले जातात. त्यामुळे त्यांना प्रादेशिक रुपांतरित खडक म्हटले जाते. या खडकांचा विस्तार विस्तृत स्वरुपाचा असून दगडी कोळसा, गारगोटी, संगमरवर यासारखे खडक या प्रक्रियेने तयार झालेले आढळतात.

१) औष्णिक रुपांतरित खडक
२) शक्तीजन्य रुपांतरित खडक
३) शक्ती व तापजन्य रुपांतरित खडक

मूळ खडक	रुपांतरित खडक
ग्राफाईट	नीस
वालुकामय स्तरित	गारगोटी
पंकाश्म	स्लेट (पाटीचा)
चुनखडक	संगरवर/मार्बल
कोळसा	ग्राफाईट

रुपांतरीत खडकाचे गुणधर्म :

१) मूळ खडकांची मोडतोड न होता त्या खडकांमध्ये विकृती निर्माण होऊन रुपांतरित खडक निर्माण होतात.
२) मूळ खडकाच्या रचना व गुणधर्मामध्ये बदल होतो.
३) हे खडक कठिण, उष्ण व चमकदार असतात.
४) या खडकामध्ये थरांची रचना आढळत नाही.
५) या खडकामध्ये जोड आढळतात.
६) या खडकामध्ये जीवाश्म आढळत नाही, मात्र विविध खनिजे मोठ्या प्रमाणात आढळतात.
७) या खडकाची कायिक व रासायनिक प्रक्रियेने अतिशय सावकाय झीज होते.

तुमची प्रगती तपासा :

१) सुबक आकृतीच्या साहाय्याने खडक-चक्राची माहिती द्या.
२) अग्निजन्य खडकांची निर्मिती कशी होते?
३) खडकांचे तीन उपयोग सांगा.

४) अग्निजन्य खडकांची दोन उदाहरणे द्या.
५) गाळाच्या खडकांची दोन उदाहरणे द्या.
६) रुपांतरीत खडकांची दोन उदाहरणे द्या.
७) खनिजांची उपयुक्तता स्पष्ट करा.
८) गाळाचे खडक कोठे तयार होतात? तीन स्थाने सांगा.
९) अग्निजन्य खडकांचे गुणधर्म सांगा.
१०)गाळाच्या खडकांचे गुणधर्म सांगा.
११)रुपांतरित खडकांचे गुणधर्म सांगा.
१२)अग्निजन्य खडकांच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.
१३)गाळाच्या खडकांच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.

टीपा लिहा :

१) खडक व खनिजे	२) अग्निजन्य खडक
३) गाळाचे खडक	४) रुपांतरित खडक
५) स्तरित खडक	६) अग्निजन्य खडकांचे गुणधर्म
७) गाळाच्या खडकांचे गुणधर्म	८) रुपांतरीत खडकांचे गुणधर्म
९) सेंद्रीय स्तरीत खडक	१०) असेंद्रीय स्तरित खडक

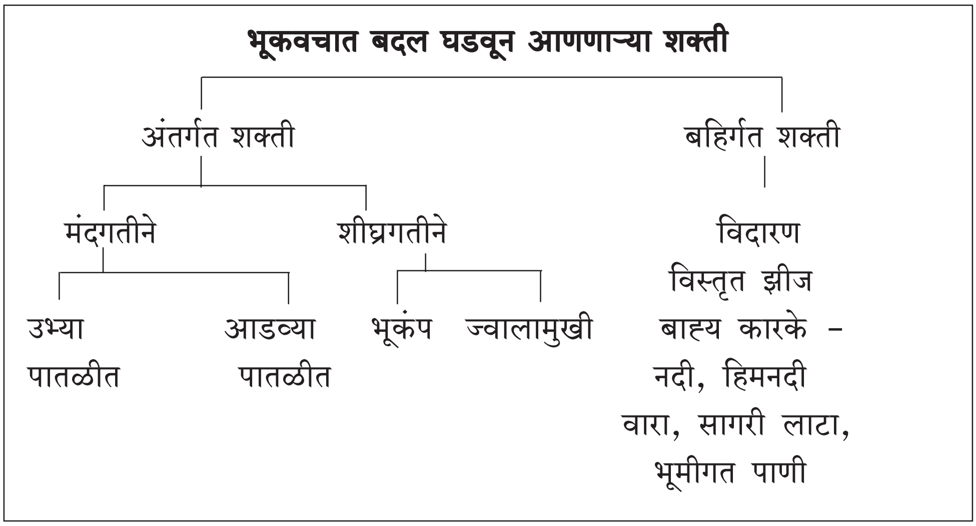
सुबक आकृत्या काढून भागांना नावे द्या.

१) खडक चक्र   २) अग्निजन्य खडकांचे प्रकार

२.३ वळ्या आणि भ्रंश

पृथ्वीची उत्पत्ती झाल्यापासून भूकवचात अनेक बदल घडून आलेले आहेत. भूखंडाच्या किंवा समुद्राच्या पातळीमध्ये बदल होऊन विविध भूरूपे निर्माण होताना आढळतात. पूर्वी समुद्र असलेल्या भागात पर्वताची निर्मिती झालेली आढळते. उदा. हिमालय पर्वत, पर्वताचे, मैदानाचे भाग खचून किनाऱ्यांचे भाग खचून बेटाची निर्मिती तर किनारे उंचावून मैदानाची, पठाराची निर्मिती झालेली आढळते. भूपृष्ठामध्ये आजही हे बदल होताना आढळून येतात. हे बदल काही अंतर्गत शक्तीमुळे, बाह्य शक्तीमुळे, काही वेळा शीघ्र स्वरूपात तर काही वेळा मंद स्वरूपात होताना आढळतात. त्या आधारे भूकवचात बदल घडवून आणणाऱ्या शक्तीचे दोन प्रकार केले जातात.

१) अंतर्गत शक्ती २) बहिर्गत शक्ती



भूकवचात बदल घडविणाऱ्या शक्ती

१) अंतर्गत शक्ती

भूगर्भात निर्माण होणाऱ्या शक्तींना अंतर्गत शक्ती म्हटले जाते. अंतरगातील प्रचंड उष्णतेमुळे ह्या निर्माण होतात. त्यामुळे अंतर्गत भागात हालचाल होऊन भूपृष्ठावरती दाब-ताण पडतो. त्यामुळे भूकवचावरती बदल घडून येतात. या शक्त काही वेळा शीघ्र स्वरूपात तर काही वेळा मंद स्वरूपात कार्य करतात. त्याआधारे दोन प्रकार केले जातात.

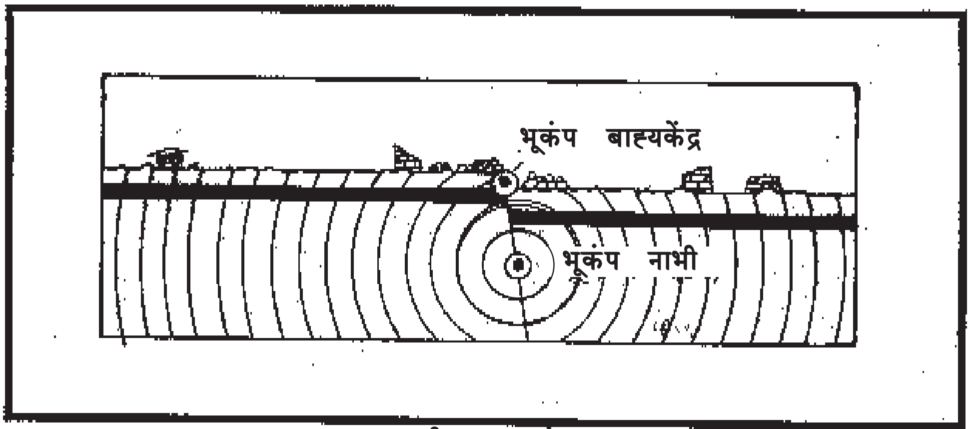
१) शीघ्र गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती; २) मंदगतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती

१. शीघ्र गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती-पृथ्वीच्या अंतरगातील हालचालीः

१) **भूकंप :** भू-पृष्ठाच्या अंतर्गत भागातील शीघ्र स्वरूपाच्या हालचालीत भूपृष्ठाला हादरे बसतात. भूपृष्ठा खालच्या खडकांच्या संतुलनात अडथळा आल्यास भूकवच कंपायमान होते. यालाच भूकंप म्हटले जाते किंवा काही कारणामुळे भूकवच कंप पावणे, हादरणे किंवा थरथरणे म्हणजे भूकंप होय. भूकवचामध्ये बदल घडवून आणणारी ही शीघ्र स्वरूपाची हालचाल असून या हालचालूमुळे भूकवचात झालेले बदल ताबडतोब जाणवून येतात. या हालचालींमुळे भूकवचात मोठाले बदल घडून येात. ही शक्ती पृथ्वीच्या अंतरंगातून कार्य करीत असल्याने तिला **अंतर्गत शक्ती** असे म्हटले जाते.

२) **भूकंप नाभी :** भूकवचात ज्या ठिकाणी खडकामध्ये हालचाल होते. त्याला भूकंपाची नाभी म्हटले जाते. भूपृष्ठापासून २५ ते ३० कि.नी. खोलीवरती भूकंपाचे हे अंतर्गत केंद्र असते.

३) **भूकंप बाह्यकेंद्र (Epicenter)** : भूकंप नाभीच्या वरच्या बाजूचा भूपृष्ठावरील सर्वात जवळचा बिंदु भूकंपाचे बाह्य केंद्र म्हणून ओळखला जातो. भूकंप मापक यंत्राच्या सहाय्याने हे बाह्यकेंद्र ठरवले जाते. भूकंप नाभीपासून निघणाऱ्या लहरी भूपृष्ठावरील काटकोनात असणाऱ्या भुपृष्ठाच्या भागात सर्वात आधी पोह्चतात. तेच भूकंप बाह्यकेंद्र म्हणून ओळखले जाते.



आकृती २.८ : भूकंप

४) **भूकंप लहरी** : भूकंप निर्माण झाल्यानंतर भूकंप केद्रापासून भूकंपाचे हादरे विशिष्ट लहरींच्या स्वरूपात सर्वदूर पसरतात. त्यांना भूकंप लहरी म्हटले जाते. भूकंप नाभीपासून निर्माण झालेल्या लहरी भूपृष्ठाकडे सर्वदूर प्रवास करतात. त्याचे प्रकार पुढीलप्रमाणे आहेत.

(अ) **प्राथमिक लहरी (P waves)** : भूकंप झाल्यानंतर भूकंप केंद्रापासून एका सरळ रेषेत भूपृष्ठाकडे या लहरी प्रवास करतात. ध्वनी लहरीसारखी याची रचना असते. सेकंदाला ८ ते १२ कि.मी. वेगाने या लहरी प्रवास करतात. भूकंप झाल्यावर भूकंपामापन यंत्रावर याची प्रथम नोंद होते म्हणून या लहरींना प्राथमिक लहरी असे संबोधले जाते.

(ब) **दुय्यम लहरी (S waves)**: भूकंप केंद्रापासून या लहरी निर्माण होत असून सेकंदाला ४ ते ८ कि.मी. वेगाने प्रवास करणाऱ्या या लहरींची रचना पाण्यावरील तरंगाप्रमाणे असते. त्यामुळे त्या अधिक विध्वंसक ठरतात. या लहरी द्रवरूप भागामधून प्रवास करू शकत नाही.

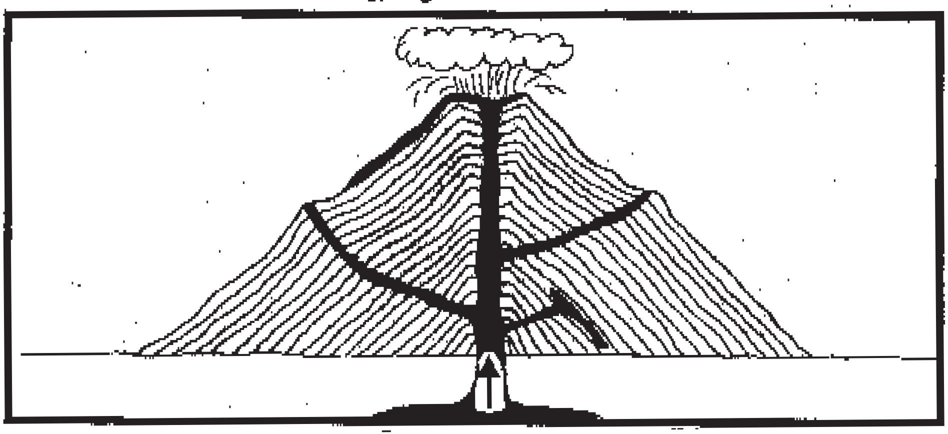
(क) **पृष्ठीय लहरी (L waves)**: यांनाच लव्ह लहरी असे संबोधले जाते. लब्ह नावाच्या शास्रज्ञाने याचा शोध लावला. या सर्वात जास्त विध्वंसक असात. भूकंप बाह्यकेंद्रालगत या लहरी आढळतात.

२) ज्वालामुखी :

पृथ्वीच्या अंतर्भागात तप्त मॅग्मा भूकवचाच्या हालचालींमुळे भूपृष्ठावर येतो त्याला ज्वालामुखीचा उद्रेक असे संबोधले जाते. मॅग्मा भूपृष्ठावर आल्यावर त्याला 'लाव्हा' म्हणतात. ज्वालामुखीय उद्रेक दोन प्रकारचे असतात.

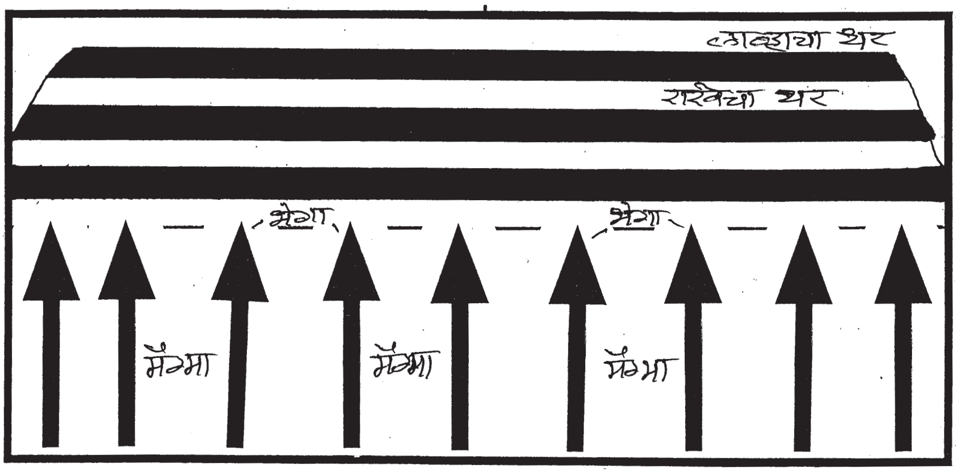
१) केंद्रीय उद्रेक (स्फोटक प्रकार)   २) भेगी उद्रेक (शांत प्रकार)

१) **केंद्रीय उद्रेक (स्फोटक प्रकार)** : अंतर्गत भागातील तत्प पदार्थ लहानमोट्या खडकांचे तुकडे, वायू, पाणी चिखल प्रचंड स्फोटाद्वारे बाहेर टाकले जातात व त्यांच्या संचनापासून भूपृष्ठावरती अग्निजन्य खडकाची निर्मिती होते त्यांना स्फोटक प्रक्रियेने निर्माण झालेले अग्निजन्य खडक म्हटले जाते. उदा. व्हॅलकॅनिक बॉम्ब, टफ, ब्रेसिस इत्यादी.



आकृती २.९ : ज्वालामुखी – केंद्रीय उद्रेक

२) **भेगी उद्रेक (शांत प्रकार)**: पृथ्वीच्या पृष्ठभागाला भेगा पडतात व त्यातून अंतर्गत भागातील तप्त लाव्हारस ज्वालामुखी उद्रेकातून शांत स्वरूपात बाहेर पडतो. त्याच्या संचयनापासून भूपृष्ठावरती विस्तृत स्वरूपाचे खडक, पठारे, मैदाने निर्माण होतात. भारताचे 'दख्खनचे पठार' अशा स्वरूपाच्या उद्रेकामधूनच निर्माण झालेले आहे.



आकृती २.१० : ज्वालामुखी – भेगी उद्रेक

२) मंदगतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती :

अंतर्गत भागातील शक्ती भूकवचावरती अतिशय मंद गतीने कार्य करतात. अंतर्गत हालचालीमुळे भूकवचावरी दाब व ताण पडून भूपृष्ठाचा भाग उंचावला जातो किंवा

खचून आडव्या स्वरूपात दाब पडल्याने भूपृष्ठाला वळ्या पडतात. प्रस्तर भंग होतो. हे बदल अतिशय सावकाश घडून येतात. या मंद गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती काही वेळा उभ्या दिशेने तर काही वेळा आडव्या दिशेने कार्य करतात. त्या आधारे दोन प्रकार केले जातात.

१) **उभ्या दिशेने कार्य करणाऱ्या शक्ती**–(भूखंड निर्मानकारी हालचाली) : अंतर्गत भागात मंद गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती काही वेळा भूकवचात त्रिज्येच्या दिशेने कार्य करतात. त्यामुळे पृथ्वीचा विस्तृत भाग उंचावला जातो किंवा विस्तृत भाग खचतो. त्यामुळे भूमीखंडे, पठारे, मैदाने, समुद्र तळाची निर्मिती होते. त्यामुळे यांना भूखंड निर्माणकारी हालचाली म्हटले जाते. उ. अमेरिका, सैबेरियाचा किनारा या प्रक्रियेने तयार झालेला आहे.

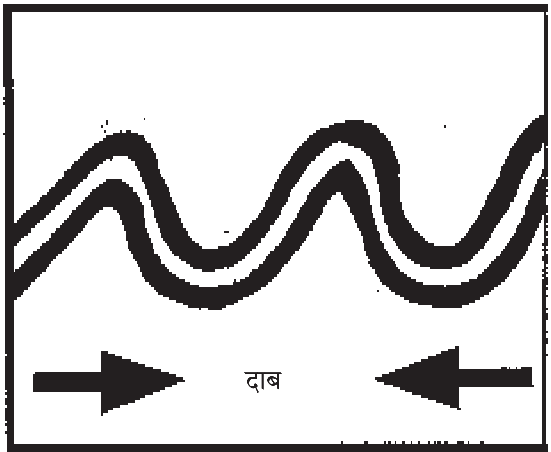
२) **आडव्या दिशेने कार्य करणाऱ्या शक्ती –** पर्वत निर्माणकारी हालचाली) : काही वेळा अंतर्गत भागातील मंद गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती भूकवचात भूपृष्ठाला समांतर दिशेने कार्य करतात. त्यामुळे भूपृषठावरती दाब किंवा दाब पडून काही वेळा वळ्या निर्माण होतात. तर काही वेळा जोड प्रस्तर भंग होते. या प्रक्रियेमुळे पर्वताची निर्मिती होते. म्हणून त्या पर्वत निर्माणकारी हालचाली म्हणून ओळखल्या जातात. हिमालय, रॉकी, अँडीज हे घडी पर्वत तसेच तापी नदीची खचदरी या प्रक्रियेनेच निर्माण झालेली आहे.

आडव्या किंवा क्षितीज समांतर हालचालीचे परिणाम :

काही वेळा अंतर्गत भागातील मंद गतीने कार्य करणाऱ्या शक्ती भूकवचाला समांतर/ आडव्या दिशेने कार्य करतात. त्यामुळे भूपृष्ठावरती दाब किंवा ताण निर्माण होतो. खडक नरम असेल व त्यावरती दाब पडल्यास त्या खडकाला वळ्या निर्माण होतात. या वळ्यांची उंची वाढत जावून त्यापासून वळी किंवा घडी पर्वताची निर्मिती होते. खडक कठीण स्वरूपाचे असतील तर त्यावरती दाब, ताण निर्माण झाल्यास त्यांना तडे जातात. भेगा पडतात. काही वेळा भेगांवरती खडकाच्या तुकड्याचे स्थानांतर होऊन खडकाचे थर खालीवर सरकतात त्यामुळे गट, पर्वत, खचदरी, धबधबे यांची निर्मिती होते. ाशअ आडव्या हालचालींमुळे प्रामुख्याने पर्वताची निर्मिती होत असल्याने याला पर्वत निर्माणकारी हालचाली म्हटले जाते. स्तरीत खडकावरती आडव्या दिशेने दाब निर्माण झाल्यास त्यामुळे वळ्या निर्माण होतात. दाब सतत वाढत गेल्यास वळ्याची उंची वाढत जावून कालांतराने तेथे घडी पर्वताची निर्मिती होते.

ब) वळ्या /घड्या पडणे (Folding)

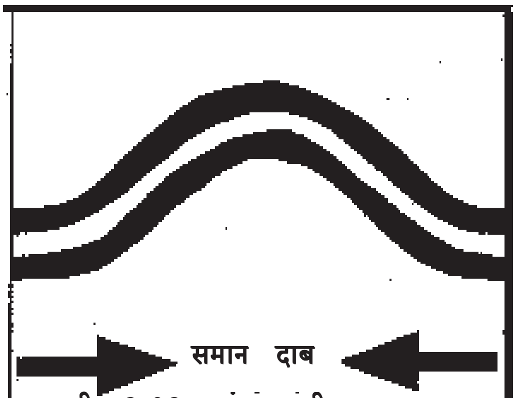
आडव्या हालचाली जेव्हा भूकवचात कार्य करतात तेव्हा भूपृष्ठाच्या मृदू भागास घड्या किंवा वळ्या पडतात. या क्रियेत भूपृष्ठावर दाब पडून भुपृष्ठाला घड्या पडतात. अर्थात ही क्रिया अतिशय सावकाशपणे होते. दाबाचे प्रमाण कमी असेल तर एकाच समांतदिशेने भूपृष्ठ अनेक ठिकाणी उंचावले जाते. आणि या घड्यांच्या दरम्यान खोलगट भाग तयार होतात. ज्या ठिकाणी अशा घडया पडतात. त्या ठिकाणी भूपृष्ठाचे दृष्य प्रमाणे दिसते.



आकृती २.११ : वळ्या /घड्या

घडयांचे प्रकार :

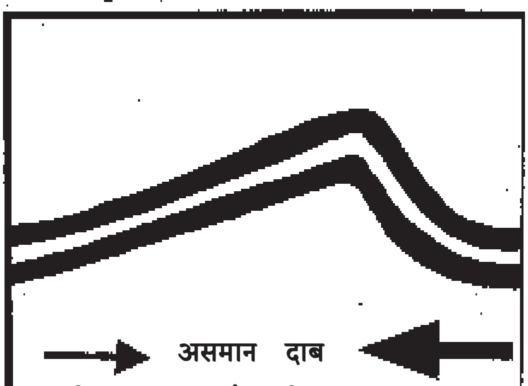
प्रत्येक घडीस दोन बाजू असतात. पण त्या बाजूस रोख प्रत्येक ठिकाणी सारखा असेलच असे नाही. या आधारावर घड्यांचे पुढील सहा प्रकार पडतात.



आकृती २.१२:समांग घडी

१)**समांग घडी (Rock)** : ज्या घडीत दोन्ही अंगाच्या आसांकडील बाक आणि त्यांची लांबी सारखी असते अशा घडीला **समांग घडी** म्हणतात. दोन्ही दिशेने सारखा दाब पडल्यास अशी घडी तयार होते. या घडीच्या दोन्ही बाजूस समान उतार असतो.

२)**असमांग घडी (Asymmetrical Fold)** : ज्या घडीची एक बाजू लांब व सौम्य उताराची आणि दुसरी बाजू छोटी व तीव्र उताराची असते त्या घडीस **असमांग घडी** म्हणतात. एका बाजूने जास्त व दुसऱ्या बाजूने कमी दब पडल्यास अशी घडी तयार होते.



आकृती २.१३ : असमांग घडी

३) **समवाक घडी (Isoclinal Fold)** : सारख्या बाक असलेल्या घडीची पुनरावृत्ती झाल्यास ती घडी एका बाजूस झुकते. या घडीलाच समवाक घडी किंवा झुकलेली घडी म्हणतात. या घडीची एक बाजू सौम्य उताराची व दुसरी बाजू अतिशय तीव्र उताराची असते.

आकृती २.१४ समवाक घडी

४)**आडवी घडी (Recumbent Fold)** : कधी जास्त दाबामुळे समवाक घडी भूपृष्ठावर पडते त्यास आडवी घडी म्हणतात. या घडीच्या दोन्ही बाजू क्षितिज समांतर असतात.

आकृती २.१५: आडवी घडी

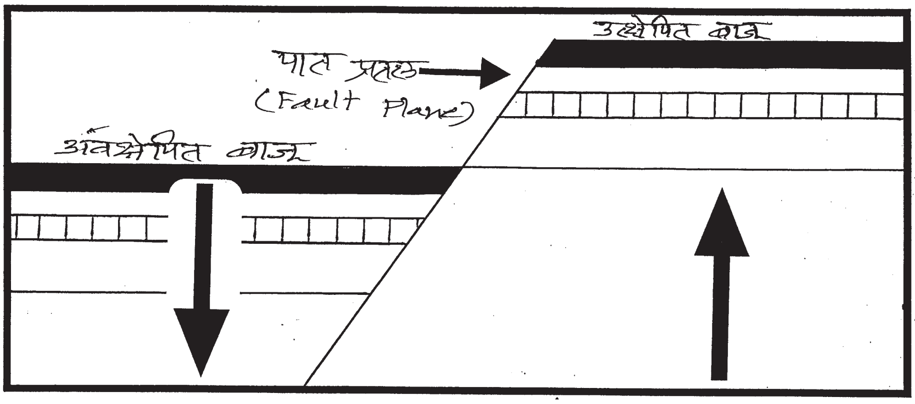
५) **विखंडीत घडी (Thrust Fold)** : बऱ्याच वेळा जास्त दाबामुळे आडवी घडी तुटते व ती थोडी पुढे सरकते. या वेळी वरच्या घडतीतील खडक खालच्या घडतील खडकावर येतात. यालाच विखंडीत घडी किंवा नेप (Nappe) म्हणतात. आल्पस पर्वतात अशा घड्या निर्माण झालेल्या आहेत.

आकृती २.१६: विखंडीत घडी

६) **पंखाकृती घडी (Fan Shaped Fold)** : भूकवच अधिक मऊ असल्यास आणि दाबाचे प्रमाण जास्त असल्यास त्या ठिकाणी घड्या निर्माण होतात. घड्या पडल्यावर दाब चालू राहिल्यास तेथे लहान मोठ्या घड्या वर उचलल्या जाऊन त्यांना पंख्याचा आकार प्राप्त होतो.

क) भूकवचातील जोड :

आडव्या स्वरूपाच्या हालचालीमुळे खडकावरती दाब-ताण पडून खडकाला तडे जातात. मात्र खडकांचे थर खालवर न सरकता आहेत तेथेच राहतात. अशी रचना भूकवचातील जोड म्हणून ओळखली जाते. उभे, आडवर, तिरपे कसेही जोड निर्माण होतात. जोडामुळे भूरूपाची निर्मिती होत नसली तरी विदारण क्रियेसाठी हे जोड उपयुक्त ठरतात. जोडामध्ये पाणी पाझरल्यामुळे किंवा रासायनिक प्रक्रियेमुळे खडकांची मोठ्या प्रमाणात झीज होते.

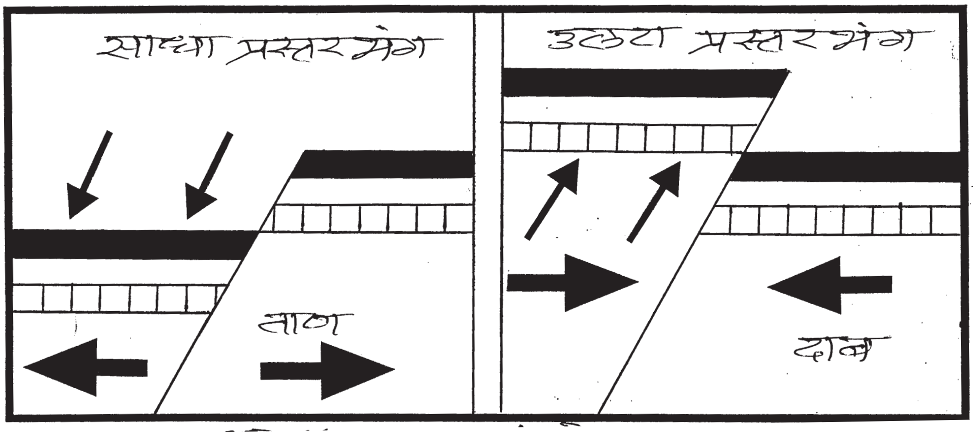


आकृती २.१७ : प्रस्तरभंग

अ) प्रस्तरभंग होणे (Faulting)

भूकवचातील आडव्या हालचालींमुळे प्रस्तरभंग होतात. विशेषतः कठीण खडक असलेल्या भागात प्रस्तभंगाच्या क्रिया घडून येतात. आडव्या हालचाली जेव्हा भूकवचात कार्य करतात तेव्हा भूपृष्ठाच्या एका बाजूस दाब व दुसऱ्या बाजूस ताण पडतो. भूपृह्ठावर पडणारा हा ताण स्थानिक किंवा प्रादेशिक स्वरूपाचा असतो. या हालचाली मंदपणे घडून आल्यास त्यांचा प्रभाव एकदम जाणवत नाही. पण दाब व ताण वाढल्यास खडकाचे थर वाकलेले दिसतात. ही क्रिया अशीच सुरू राहिल्यास खडकाचे थर आहेत त्या स्थितीत राहू शकत नाहीत. भूकवचातील दाब वाढल्यास भूपृष्ठाचा काही भाग वर सरकतो किंवा काही भाग खाली दबतो. यालाच प्रस्तरभंग म्हणतात.

प्रस्तरभंग ज्या पृष्ठभागाच्या अनुषंगाने खडकाचे थर खाली घसरतात त्यास पात पतल (Fault Plane) म्हणतात. प्रस्तरभंगात दोन बाजू असतात. जी बाजू खाली फेकली जाते त्या बाजूस अवक्षेपित (Down Thrown Side) बाजू म्हणतात व जी बाजू वर फेकली जाते तिला उत्क्षपित बाजू (Up Thrown Side) म्हणतात. प्रस्तरभंगाची उंची काही सें.मी. पासून काही मीटर्सपर्यंत असते. कधी कधी एकाच भागात अनेक प्रस्तरभंग होतात. अशा अनेक प्रस्तरभंग झालेल्या भागास प्रस्तरभंग विभाग (Fault Zone) म्हणतात.

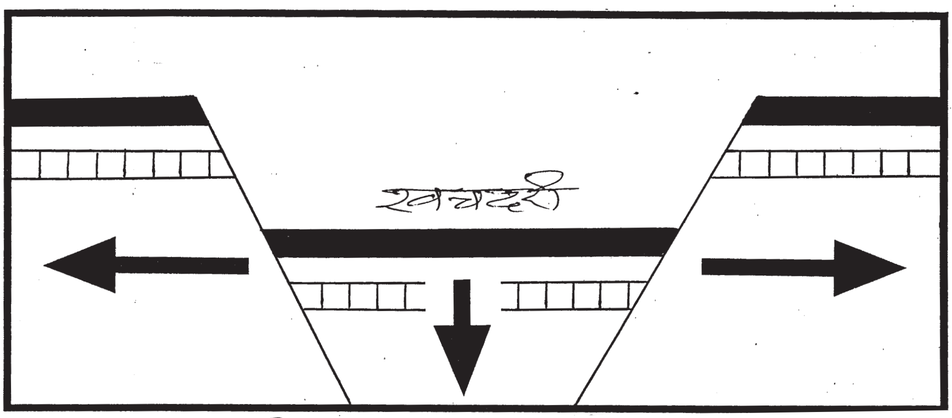


आकृती २.१८ : प्रस्तरभंगाचे प्रकार

प्रस्तरभंगाचे प्रकार :

प्रस्तरभंगाचे पुढील प्रकार पडतात.

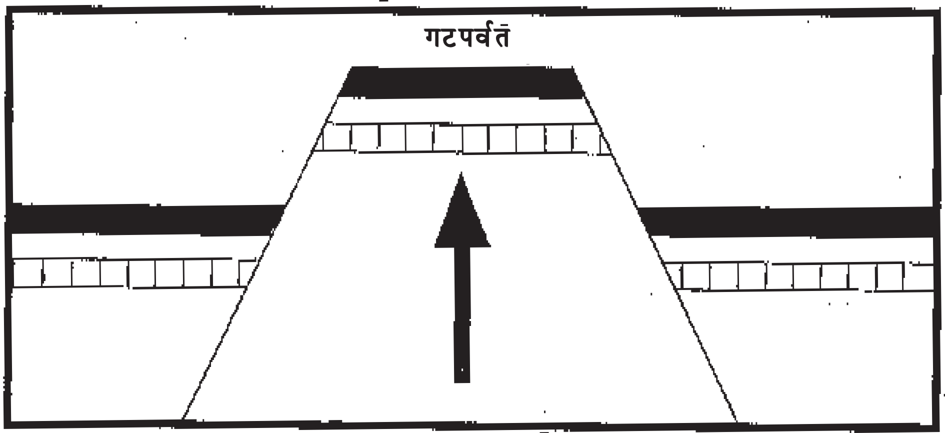
१) **साधा प्रस्तरभंग (Normal Fault) :** अंतर्गत हालचालीमुळे भूपृष्ठावर ताण पडल्याने भूपृष्ठाला तडे जातात. त्यामुळे भूपृष्ठाची एक बाजू गुरुत्वाकर्षनामुळे खाली सरकते. याला साधा प्रस्तरभंग म्हणतात. खचदरीची निर्मिती साध्या प्रस्तर भंगामुळे होते.



आकृती २.१९ : खचदरी

२) **उलटा प्रस्तरभंग (Reverse Fault) :** कधी कथी ंतर्गत शक्तीमुळे भूपृष्ठावर दाब पडून भूपृष्ठास तडे जातात. त्यामुळे भूपृष्ठाची एक बाजू वर सरकते. ही

क्रिया गुरुत्वाकर्षनाच्या विरुद्ध दिशेने असल्यामुळे याला उलटा प्रस्तरभंग म्हणतात. गटपर्वताची निर्मिती उलट्या प्रस्तभंगामुळे होते.



आकृती २.२० गटपर्वत

तुमची प्रगती तपासा :

प्रश्न १.खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

१) वळ्यांच्या निर्मितीची कारणे सांगून वळ्यांच्या विविध प्रकारांचे वर्णन करा.

२) भ्रशांच्या निर्मितीची कारणे सांगून भ्रशांच्या विविध प्रकारांचे वर्णन करा.

३) वळ्या व भ्रंश यांची निर्मिती कशी होते ते स्पष्ट करा.

४) सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने वळ्यांच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.

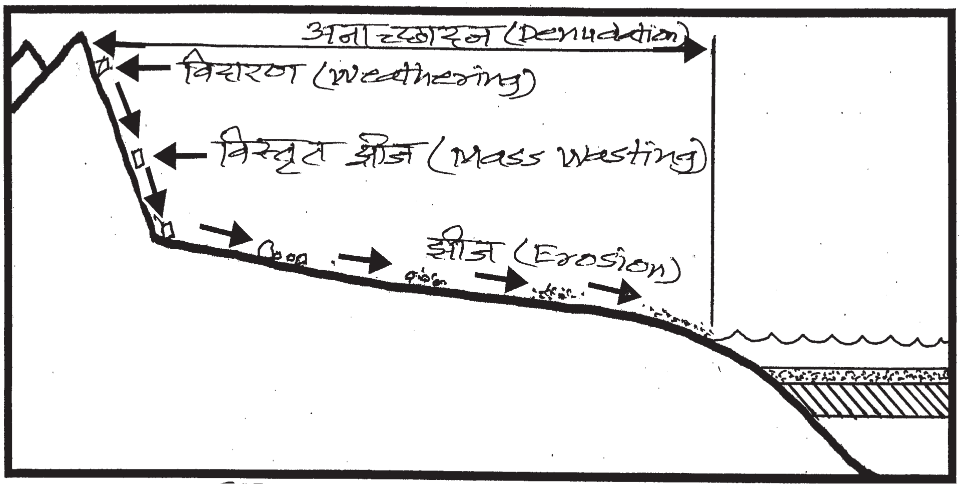
५) सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने भ्रशांच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.

प्रश्न २.टीपा लिहा.

१) वळ्यांचे प्रकार २) भ्रशांचे प्रकार ३) खचदरी ४) गटपर्वत

२.४ विदारण व विस्तृत झीज

अंतर्गत शक्तीमुळे विविध भुरूपांची निर्मिती होते. काही भाग उंचावला जातो काही खाली खचतो त्या अंतर्गत हालचालीमुळे विषमता निर्माण होते. ही विषमता नष्ट करण्याचे कार्य भूपृष्ठावरून वातावरामधून कार्य करणाऱ्या बाह्यशक्ती करीत असतात. बाहेरून या शक्ती कार्य करतीत असल्याने त्यांना बाह्यशक्ती म्हटले जाते. ऊन, वारा, पाऊस, नदी, हिमनदी, सागरी लाटा, भूमीगत पाणी, वनस्पती, प्राणी हे सर्व घटक महत्वाचे :रतात. खनन, वहन संचयन यामुळे अंतर्गत भूकवचामध्ये बदल घडवून आणला जातो हे कार्य अतिशय मंदगतीने होते. विदारणाच्या प्रक्रियेमधून विविध कार्यामार्फत भूपृष्ठामद्ये बदल होऊन विविध आकाराची भूरूपे निर्माण होतात. बाह्यशक्तीच्या कारकाद्वारे घडून येणाऱ्या कार्यात विदारण, झीज, खनन, वहन, संचयन या क्रिया महत्वाच्या ठरतात. बाह्यशक्तीची ती साधने म्हणून (हत्यारे) कार्य करतात.



आकृती २.२१ अनाच्छादन

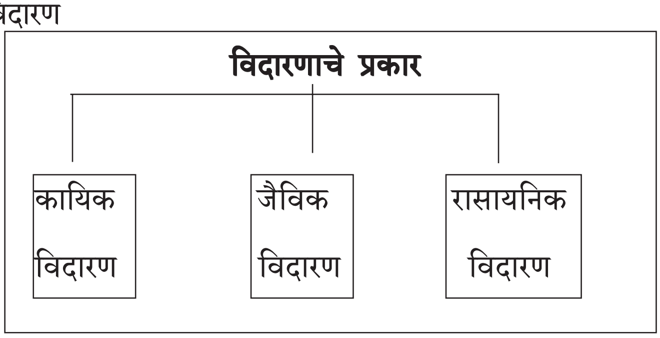
विदारण/अनाच्छादन :

बाह्यशक्तीच्या कारकांमुळे भूपृष्ठावरील खडकाची मोडतोड होऊन तो खडक विखंडीत होऊन तुटतो. फुटतो त्याचे लहान तुकड्यांमध्ये रेती, मातीमध्ये रूपांतर होते. या प्रक्रियेला विदारण म्हटले जाते. सूर्याची उष्णता, पाऊस, वारा, पाणी, पाणी गोठण्याची प्रक्रिया, वनस्पती, प्राणी, तसेच काही रासायनिक व मानवी क्रियेमुळे खडकावरती दाब, ताण निर्माण होऊन त्याचे रासायनिक संघटन बदलून मूळ खडक विखंडीत होऊन त्याचे रेती, मातीमध्ये रूपांतर होते ही विदारणाची प्रक्रिया भूकवचामध्ये बदल घडवून आणणाऱ्या प्रक्रियेमध्ये अत्यंत महत्वाचे ठरते. विदारणामुळे ह्न-

१) बहिर्गत शक्तीच्या खनन कार्यात मदत होते.
२) विदारणामुळे भूपृष्ठाची झीज घडून येते.
३) भूह्न-आकारामध्ये बदल घडून येतात.
४) जमिन-मृदेच्या निर्मितीस ही प्रक्रिया मदत करते.

विदारणाचे प्रकार :

१) कायकि/यांत्रिक विदारण
२) रासायनिक विदारण
३) जैविक विदारण

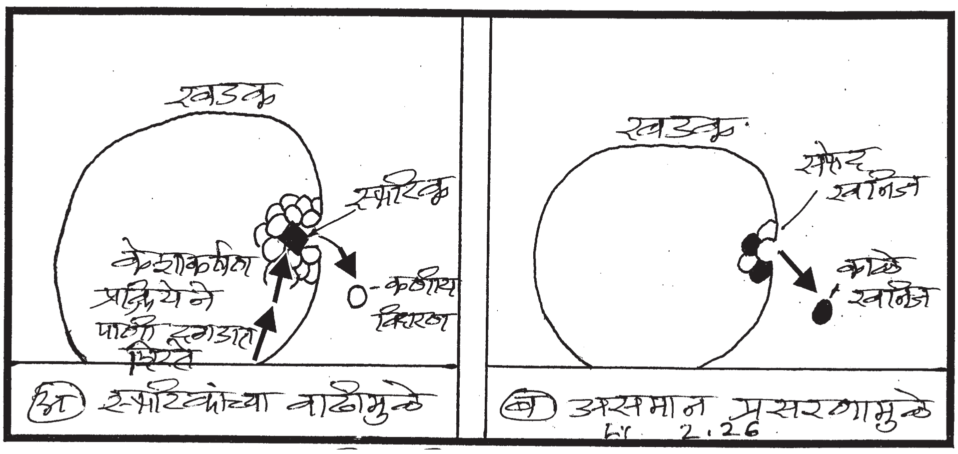


१) कायिक विदारण/यांत्रिक विदारणः

निरनिराळ्या भौतिक क्रियांचा मूळ खडकावरती परिणाम होऊन ती खडक विखंडीत होतो. तुटतो, फुटतो व त्याचे बारीक रेती–मातीमध्ये रूपांतर होते. या प्रक्रियेमध्ये मात्र मूळ खडकातील गुणधर्म बदलले जात नाहीत. विदारण झालेल्या पदार्थांमधील या मूळ खडकाचे गुणधर्म ही तसेत राहतात. या स्वरूपाच्या विदारणाला **कायिक/यांत्रिक विदारण** म्हटले जाते. या प्रकारचे विदारण सूर्य प्रकाश, सूर्याची उष्णता, पाऊस, वाहते पाणी. पाणी गोठणे, प्रक्रिया, बाष्पीभवन, वारा, सागरी लाटा, वनस्पती, प्राणी व काही मानवी क्रियेमुळे घडून येते. हिमाच्छादित प्रदेशात पावसामुळे, नद्यांच्या खोऱ्यात वाहत्या पाण्यामुळे, वनस्पतीची मुळे, उंदीर, घुशीसारखे प्राणी, मानवाच्या खाणकाम, खडीकरण, स्फोट, अणु चाचण्या या क्रियामुळे कायिक स्वरूपाचे विदारण घडून येते या स्वरूपामध्ये किंवा ज्या पध्दतीने खडकाचे विदारण होते. त्या आधारे त्यांचे वेगवेगळे प्रकार सांगितले जातात.

४) **कणीय विदारण (Grannular disintegration)**: विदारणाच्या प्रक्रियेमुळे मूळ खडकाचे बारीक कणामध्ये रेती, मातीमध्ये रूपांतर होते. या प्रक्रियेला कणीय विदारण म्हटले जाते. बाह्य कारकामुळे खडकाचे विदारण होत असते. खडकातील बारीक कण एकमेकांपासून अलग होतात व कालांतराने मूळ खडक नाहीसा तोगो.

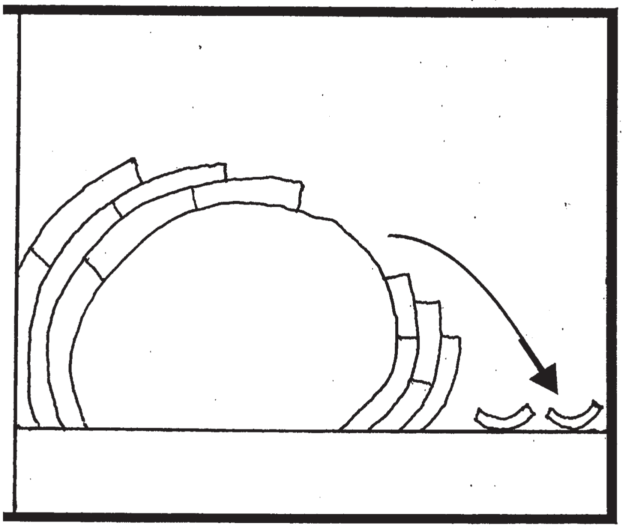
अ) **स्फटिकांच्या वाढीमुळे विविध** क्षार पाण्यात विरघळतात. सच्छिद्र खडकांत केषाकर्षणाने हे पाणी खडकांत शिरते. पाण्याचे बाष्पीभवन होते व क्षाराचा स्फटिक तयार होतो. ही क्रिया सतत होत राहिल्यामुळे स्फटिक मोठा होतो व त्याचा दाब बाजूच्या कणांवर पडून ते कण मूळ खडकापासून वेगळे होतात.



आकृती २.२२ः कायिक विदारण

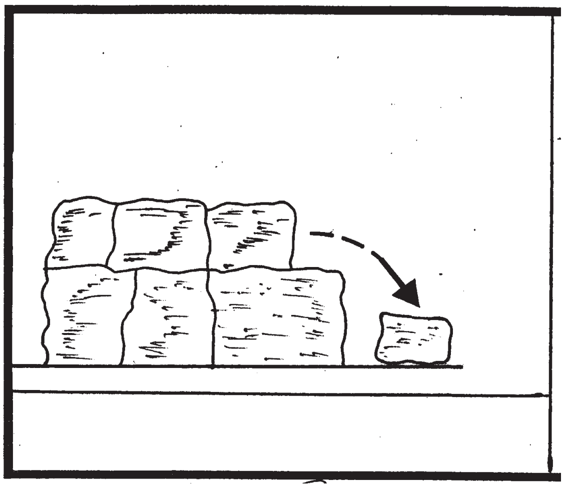
ब) **असमान प्रसरणामुळे** : खडकांत विविध रंगांची खनिजे असतात. काळ्या रंगाची खनिजे पांढऱ्या रंगाच्या खनिजापेक्षा अधिक उष्णता शोषून घेतात व जास्त प्रसरण पावतात. या असमान प्रसरणामुळे खडकांचे कण वेगळे होतात.

२) **अपर्णन (Extoliation) पापुद्रे अलग होणे/विलगीकरण** : विदारणामुळे मूळ खडकापासून वेगवेगळ्या आकाराचे पापुद्रे होऊन खडकांचे विदारण होते. कालांतराने तो संपूर्ण खडक नाहीसा होतो. या प्रक्रियेला अपर्णन म्हटले जाते.



आकृती २.२३

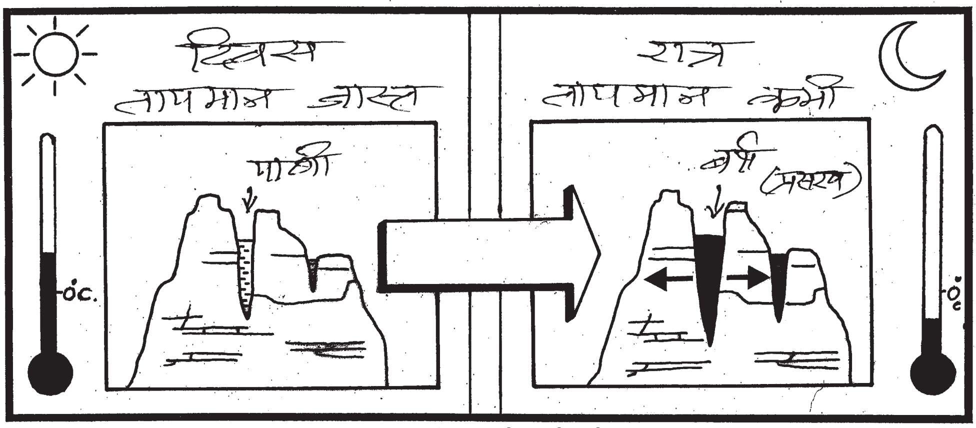
३) **खंडविदारण गटविभंजन (Block disntigration)** : मूळ खडकावरती दाब व ताण पडल्याने खडकाला उभ्या आडव्या स्वरूपाच्या भेगा निर्माण होतात. पाणी गोठण्याची प्रक्रिया यामुळे या भेगा रुंदावत जातात. शेवटी मूळ खडकापासून लहान मोठ्या आकाराच्या ठोकळ्या सारखे तुकडे वेगळे होतात. या प्रक्रियेला खंडविदारण प्रक्रिया म्हटले जाते. मूळ खडकातील गुणधर्म विदारित खडकामध्ये तसेच राहतात.



आकृती २.२४

४) **हिमामुळे होणारे तुकडीकरण (Frost Shattering)** : समशीतोष्ण कटिबंधात दिवसा तापमान गोठणबिंदूपेक्षा (0ºC) जास्त असते त्यावेळी पार्णा खडकांच्या भेगांमध्ये शिरते. रात्री तापमान गोठणबिंदूपेक्षा (0ºC) कमी होते त्यावेळी खडकांतील भेगेमध्ये असलेल्या पाण्याचे बर्फ होते. पाण्याचे बर्फ झाल्यावर त्याचे आकारमान

वाढते व त्यामुळे खडकांवर दाब पडून भेग रुंदावते. ही क्रिया सतत होत राहिल्यामुळे खडकाचे तुकडे मूळ खडकापासून वेगळे होतात.

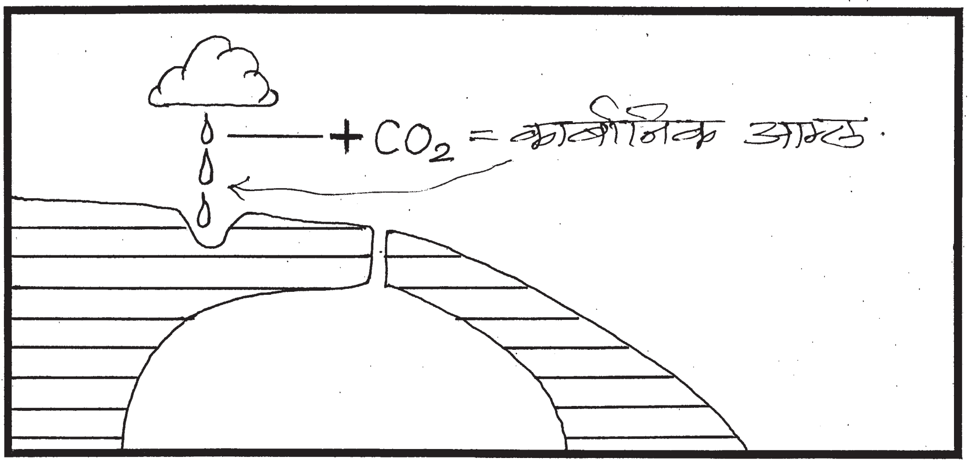


आकृती २.२५ : हिमामुळे होणारे तुकडीकरण

२) रासायनिक विदारण (Chemical Weathring)

मूळ खडकावरती बाह्यशक्तीच्या कारणामुळे काही रासायनिक प्रक्रिया होऊन होऊन त्या खडकांमधील खनिज द्रव्यावरती परिणाम होऊन त्यापासून वेगळे गुणधर्म असणारे पदार्थ, रेती-माती तयार होते. रासायनिक प्रक्रियेने हे विदारण होत असल्याने ते रासायनिक विदारण म्हणून ओळखले जाते. पावसाचे पाणी, वातावरणातील वायू, जमिनीतील खनिज द्रव्ये, बाष्प यामुळे या रासायनिक प्रक्रिया घडून येतात. ज्या कारणामुळे किंवा ज्या स्वरूपात खडकाचे विदारण होते. त्या आधारे रासायनिक विदारणाचे प्रकार पुढील प्रमाणे :

१) **कार्बोनेशन (Carbonation) :** मूळ खडकावरती कार्बन आम्लाची प्रक्रिया होऊन तो खडक विखंडीत होतो व त्यापासून वेगळ्या गुणधर्माचे पदार्थ निर्माण होतात याला कार्बोनेशन म्हटले जाते. अग्निजन्य खडकावरतीकार्बन आम्लाची प्रक्रिया होऊन त्या खडकापासून कॅल्शियम, सिलीका, मॅग्नेशिअम ही घटक द्रव्ये अलग होतात व कालांतराने तो खडक नाहीसा होतो.



आकृती २.२६: कार्बोनेशन

२) **ऑक्सिडेशन (Oxidation)** : पावसाच्या पाण्यात वातावरणातील आक्सिजन मिसळला जातो. वातावरणातील ऑक्सिजन मिश्रीत बाषप किंवा वातावरणातील ऑक्सिजनची लोहयुक्त खडकावरती रासायनिक प्रक्रिया होते. त्यामुळे गंजण्याच्या प्रक्रियेमधून त्या खडकाचे विदारण होते. व वेगळ्या गुणधर्माच्या पदार्थांमध्ये त्याचे रूपांतर होते. ही प्रक्रिया ऑक्सिडेशन म्हणून ओळखली जाते.

३) **हायड्रोजन (Hydration):** पावसाचे पाणी खडकांमध्ये पाझरल्यास त्या पाण्याचा खडकावरती, खनिज द्रव्यवरती परिणाम होऊन तेथे स्फटिकीकरणाची प्रक्रिया होते. त्यामुळे खडकाचे आकारमान लहान-मोठे होत असताना खडकावरती दाब-ताण पडून त्याचे विखंडन होते. या प्रक्रियेला हायड्रेशन म्हटले जाते.

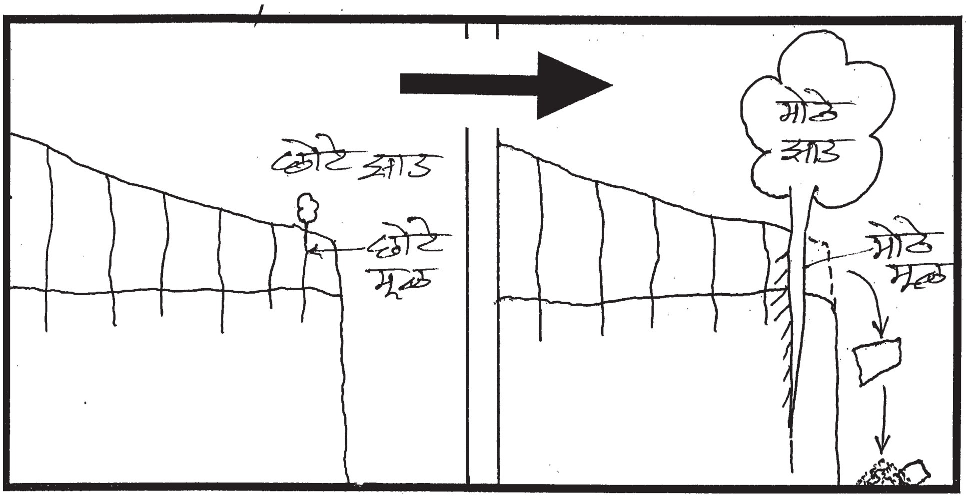
४) **सोल्युशन (Solution)** : काही खडक किंवा खनिजद्रव्ये पाण्यामध्ये विरघळतात. काहींचे संघटन बदलून मूळ खडक किंवा खनिजद्रव्ये विरघळून नाहीशी होतात. या प्रक्रियेला सोल्यूशन म्हटले जाते. चुनखडक क्षाराचे खडक किंवा मीठ यांचे विदारण याच प्रक्रियेने होते.

काही वेळा वनस्पतींच्या मुळाच्या टोकाजवळ जास्त तयार होते. या आम्लामुळे रासायनिक प्रक्रिया होऊन त्या खडकामधून वनस्पतीची मुळे आरपार जावू शकतात. ही वाढत असताना कालांतराने खडकाचे विदारण होते. रासायनिक स्वरूपाचे विदारण प्रामुख्याने तापमान, पावसाचे पाणी, पाण्यामध्ये विरघळलेले वायू खडकामधील खनिज द्रव्ये त्यांची रचना यावर अवलंबून असते.

३) जैविक विदारण :

पृथ्वीवरील जैविक घटकांच्या क्रियेमुळे जे खडकांचे विखंडन होते त्यास जैविक विदारण म्हणतात. वनस्पती आणि प्राणी हे पृथ्वीवरील प्रमुख जैविक घटक आहेत. वनस्पती जीव-जंतू, प्राणी व मानव यांच्यामुळे जैविक अपक्षय क्रिया घडून येते. जैविक अपक्षय कायिक किंवा रासायनिक प्रकारचे असू शकते.

पाण्याच्या शोधार्थ वनस्पतींची मूळे खडकांच्या भेगांतून खोलीपर्यंत शिरतात. वनस्पतींच्या वाढीबरोबर त्या मुळांचाही वाढ होते. ही मुळे मोठी झाल्याने खडकांच्या भेगांवर दाब पडून भेगा रुंदावतात. या क्रियेमुळे खडक फुटतात व अपक्षय घडून येते. वनस्पतींच्या मुळाशी असणारे पाणी काही अंशी आम्लधर्मी असल्याने अशा पाण्याजवळील खडक रासायनिक खडक अपक्षयास बळी पडतात. वनस्पती आपले अन्न तयार करताना अनेक रसायने निर्माण करीत असतात. याचा परिणाम खडकावर होऊन खडकांचे विखंहन होते किंवा खडकांचे काही भाग विरघळतात. वनस्पतींमुळे जमिनीतील ओलावा टिकून राहतो व पाण्याचा खडकांशी जास्त काळ संबंध आल्याने अपक्षय क्रियेस मदतच होते.



आकृती २.२७: जैविक विदारण

उंदीर, घुशी, खेकडे, गोगलगायी, मुंग्या यांसारखे प्राणी व काही जीवजंतू जमीन पोखरून बिळे तयार करतात. या क्रियेतही अपक्षय होते. काही प्राण्यांचे मूत्र अतिशय तीव्र असते व असे मूत्र खडकांवर पडून खडकाचे रासायनिक विदारण होते.

वनस्पती व प्राण्याच्या विनासानंतर त्यांचे अवशिष्ट भाग मृदेत मिसळतात व ते कुजतात. यामुळे देखील खडकांच्या अपक्षयाला मदतच होते.

वाढत्या लोकसंख्येमुळे व औद्योगिकीकरणामुळे मोठ्या प्रमाणात कारखान्यातून औद्योगिक जल व रसायने भूमीवर व पाण्यात मिसळत असल्याने रासायनिक अपक्षयाची क्रिया वेगाने होत आहे.

१) **विदारणाचे परिणाम :** विदारणावरती विविध स्वरूपाचे भौगोलिक रासायनिक घटक परिणाम करतात. या घटकाला अनुसरून विदारणाच्या वेगवेगळ्या प्रक्रिया घडत असतात. प्रदेशानुसार घटकामध्ये भिन्नता असल्याने विदारणामध्येही विविधता आढळून येते. पुढील काही घटकांचा विदारणावर परिणाम होतो.

१) भूरचना - पर्वत, पठार, मैदान

२) जमिनीचा उतार

३) खडकाचा प्रकार, रचना

४) हवामान - तापमान, पर्जन्य, आर्द्रता, वायू

५) खडकामधील खनिज द्रव्ये

६) वनस्पतीचे आच्छादन

७) बाह्यकारके - नदी, हिमनदी, वारा, सागरी लाटा

८) मानवी क्रिया - स्फोट

विदारणाचे परिणाम :

अ) भूपृष्ठरचनेमध्ये बदल – भूमिस्वरूपामध्ये बदल

ब) अपक्षयक्रियेमध्ये विदारण उपयुक्त

क) खनिज निर्मितीसाठी

ड) जमिनीच्या निर्मिसाठी विदारण उपयुक्त

इ) विदारणामुळे विविध स्वरूपाच्या भूरुपाची निर्मिती

२) **वहन :** बहिर्गत शक्तीच्या कार्यामध्ये खनन व संचयनाइतकेच महत्व वहन क्रियेला आहे. या प्रक्रियेमध्ये कोणतेही भुरूप निर्माण होत नाही. मात्र भूमिस्वरूपाच्या निर्मितीसाठी ही प्रक्रिया मदत करते. विदारणामध्ये निर्माण झालेले पदार्थ बाह्यकारकाकडून एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी वाहून नेले जातात. ही प्रक्रिया वहन–म्हणून ओळखली जाते. नदी, हिमनदी, वारा, सागरी लाटा, या बाह्यकारकांच्या वहन क्रियेमुळे पदार्थ एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी वाहून नेले जातात. त्यामुळे विदारणासाठी इथला भाग परत उघडा पडतो. हे पदार्थ वाहत जाताना मार्गातील भूपृष्ठावरती घासले जातात. त्यामुळे खनन कार्याला आणखी मदत होते. प्रक्रिया प्रामुख्याने प्रदेशाचा उतार, बाह्यकारकाची गती, वाहत जाणाऱ्या पदार्थांचे प्रमाण व स्वरुप, प्रदेशाची रचना, मार्गात येणारे अडथळे यावरती अवलंबून असते.

३) **संचयन :** बाह्यकारकाच्या त्रिमिती कार्यामधील हे अंतिम कार्य विधायक स्वरूपाचे असते. विदारित झालेले पदार्थ वहन कार्य सखल भागाकडे वाहून नेले जातात. तेथे त्यांचे सातत्याने संचलन होत जाते. त्यामुळे विविध स्वरूपाची भूरूपे निर्माण होऊन भूकवचामध्ये बदल घडून येतो. संचायनाचे कार्य प्रामुख्याने प्रदेशाची रचना, मार्गात येणारे अडथळे, वाहत जाणाऱ्या पदार्थाचे प्रमाण, स्वरूप, यावरती अवलंबून असते.

वातावरणातून कार्य करणारी बाह्यकारके भूपृष्ठावरती खनन, वहन, संचयन या त्रिविद स्वरूपाचे कार्य करून विशिष्ट टप्यामधून भूकवचामध्ये निर्माण झालेली विषमता नष्ट करण्याचे कार्य करतात. वेगवेगळ्या व्यवस्थेमधूनही कार्य करताना भूकवचात मोठ्या प्रमाणात बदल होतो. त्यामधून अनेक भूमि स्वरूपाची निर्मिती होते. मात्रा हा बदल होण्यासाठी, भूरुपे निर्माण होण्यासाठी दीर्घ कालावधी लागतो. अंतर्गत हालचाली मधून उंचावलेले प्रदेश या बाह्यकारकाच्या त्रिमित कार्यामधचन परत मूळच्या पातळीला आण्याचे कार्य या कारकाकडून होते. त्यालाच अपक्षय चक्र म्हटले जाते.

तुमची प्रगती तपासा :

प्रश्न १. खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

१) विदारणाच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.

२) विस्तृत झीजेच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.

३) सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने कचिक विदारणाच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.

४) रासायनिक विदारणाच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.

प्रश्न २. टीपा लिहा.

१) कणीय विदारण

२) जैविक विदारण

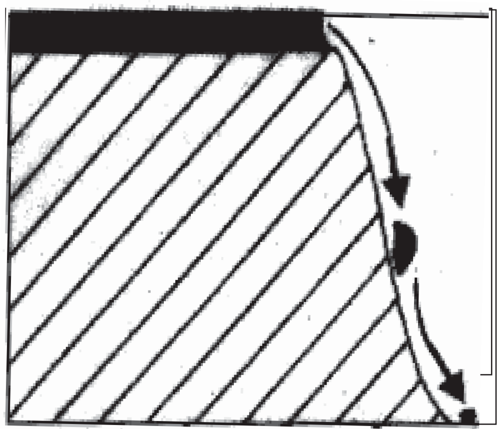
३) रासायनिक विदारण

४) कार्बोनेशन व ऑक्सीडेशन

५) दरड कोसळणे.

२.५ विस्तृत झीज

झीज वहनाने किंवा संचयाने उपलब्ध झालेली माती, खडकांचा भुगा, लहान तुकडे इ. पदार्थांचे उतारानुसार होत असलेल्या घसरणीस विस्तृत झीज म्हणतात. वाहते पाणी, वारा, हिमनदी इ. मुळे पदार्थांचे वहन होत असेल तर त्याचा समावेश मात्र विस्तृत झीज या संकल्पनेत केला जात नाही. तथापि स्तर धुलाईचा समावेश विस्तृत झीज या संकल्पनेत केला जात नाही. तथापि स्तर धुलाईचा समावेश विस्तृत झिजेत होतो. विस्तृत झीज व स्तर धुलाई यामुळे धुलाई यामुळे भूमीच उंची घटते तसेच प्रदेशाचा आकार बदलतो. जलप्रवाहाच्या क्षरण कार्याचा प्रभाव एकूण भूपृष्ठाच्या फार कमी क्षेत्रावर होत असतो. परंतू जलप्रवाहाच्य दरम्यानाच भूभाग सावकाश परंतु अखंडपणे कोरला जात असतो. भूपृष्ठाला आकार प्राप्त करून देणाऱ्या विविध प्रक्रियांमध्ये विस्तृत झीज व स्तर धुलाईचे कार्य लक्षणीय असते. विदारण व झीज यांच्या दरम्यानची विस्तृत झीज ही संक्रमण प्रक्रिया आहे. अर्थात अपक्षय व क्षरण या प्रक्रियांचा घटकांच्या एकत्रित प्रभावामुळे विस्तृत झीज होते.



आकृती २.२८

उतार निर्मिती कारणीभूत प्रमुख प्रक्रियांचे दोन गट आहे. १) अपक्षय व २) पृष्ठीय वहन. अपक्षयामुळे खडकाचे तुकडे किंवा भूगा उतारावरती पडलेला असतो. तो उताराला अनुसरून त्याचे गुरुत्वाकर्षण प्रेरणेमुळे कठीण अशा खडक तळावर विस्कळीत अशा डबराचे आच्छादन असते. अशा डबराचे व मृदेचे वहन किंवा हालचाल उताराखाली होत असते. हे वेगवेगळ्या प्रक्रियेतून घडते. त्यातील प्रक्रिया सावकाश पण सतत सुरु असतात. तर काही प्रक्रिया व्यापक व विस्तृत असतात. त्यांचे वर्ग किंवा गट केले जातात.

१) पृष्ठीय विस्तृत झीज खोल विस्तृत झीजेचा परिणाम मूळ खडक पृष्ठावर होतो.

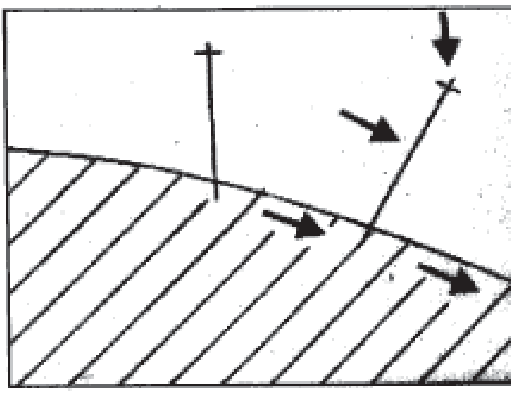
२) विस्तृत पदार्थांची हालचाल किंवा द्रव्यांची हालचार – यास ढीगचलन असे म्हणणे उचित राहील यास राशी हालचाल ही म्हणता येईल. अनेकदा पदार्थ अवशेष किंवा द्रव्ये अपशेष या संकल्पनेची अंर्तप्रर्वतनीय संज्ञा म्हणून उपयोगात आणली जाते. काही तज्ञांच्या मते मोठ्या वस्तूंच्या ढिगांच्या हालचालीस द्रव हालचाली ही संज्ञा वापरली जाते.

द्रव्य हालचालींचे वर्गीकरण :

भूउतारावरून खडक पदार्थांच्या चलनाचे दोन प्रमुख गट डबरात असलेल्या पाण्याच्या प्रमाणावरून पाडले जातात. ते म्हणजे प्रवाहीत हालचाल भूमी घसरण होय.

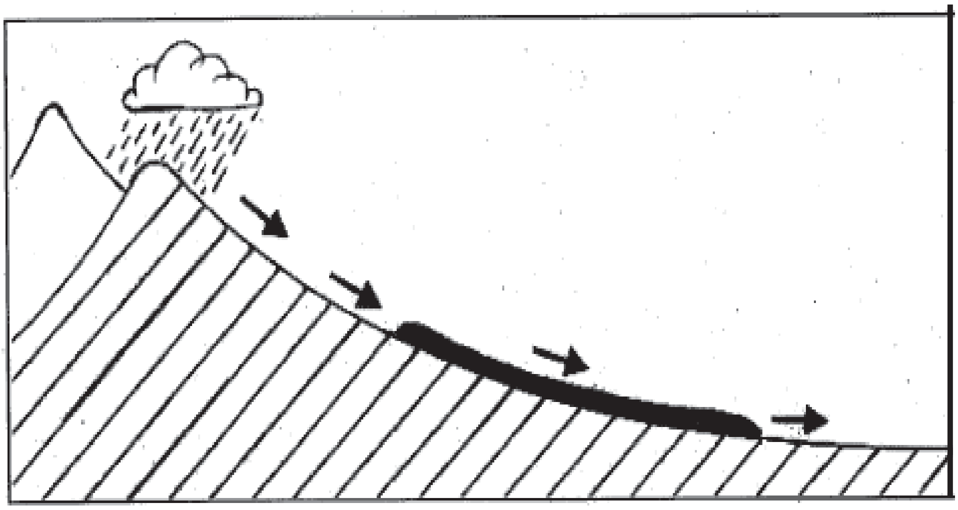
१) **प्रवाहीत हालचाल :** डबरामध्ये पाणी असल्यास पाण्याबरोबर डबर खाली वाहू लागतो. जर पाण्याचे प्रमाण कमी असेल तर डबराची हालचाल कमी होते आणि पाण्याचे प्रमाण जास्त असेल तर डबराची हालचाल जलद होते. यावरून पुन्हा दोन उपप्रकार पाडले जातात ते म्हणजे मंद प्रवाह हालचाल व शिघ्र प्रवाह हालचाल होय.

अ) **मंद प्रवाह हालचार :** यात मृदा सरपटण, डबर सरपटण, हिमानी खडकांचे सरपटण इत्यादींचा समावेश होतो. त्यात मृदा सरपटण (Soil Creep) जास्त महत्वाचे असते. मृदेच्या द्रव्याची मंदगतीने हालचाल उताराला अनुसरून प्रक्रिया उष्ण व समशितोष्ण हवामान प्रदेशात आढळते. मृदा सरपटणाऱ्या प्रभावामुळेच अनेकदा टेलिफोनचे खांब, झाडे उताराकडे झुकलेले आढळतात. मृदा सरपटण हे अनेक प्रक्रियांच्या एकत्रित प्रभावामुळे घडून येत असते. सुक्ष्मकण उताराला अनुसरून वहातात. पावसाचे थेंब किंवा पर्जन्यधुलाई यामुळे सुक्ष्म कण हलविले जातात. खडक तापल्यामुळे किंवा अनेकदा खडक गोठल्यामुळे सुद्धा खडकांच्या ढिगांचे तुकडे होतात. त्याची मृदा सरपटण्यास मदत होते.



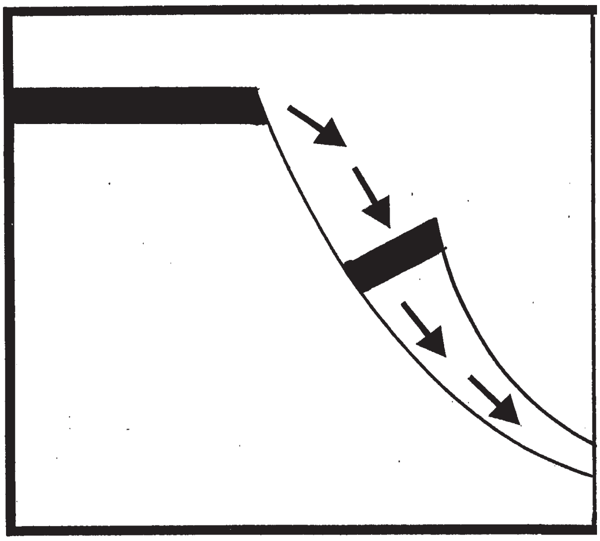
आकृती २.२९ – भूमी घसरण

ब) **शिघ्र प्रवाह हालचाल :** खडक भूभागाच्या डबरामध्ये पाण्याचे प्रमाण जास्त असल्यास शीघ्र हालचाल होते. माती प्रवाह व चिखल प्रवाह (Mud Flow) हे याची प्रमुख उदाहरणे होत. दोन्ही प्रकारामध्ये ओल्या डबराची हालचाल आढळून येते. चिखल प्रवाह तीव्र उतार असलेल्या व वेगळ्या वनस्पती असलेल्या अनुकूल परिस्थिती आढळून येतो. निमशुष्क व शुष्क प्रदेशातील पर्वतावर चिखल प्रवाहास अनुकूल परीस्थिती आढळून येते. कारण या भागात नैसर्गिक वनस्पतींचा अभाव असतो तसेच अल्पकालावधीसाठी अति पर्जन्य होत असतो. तीव्र उतार असलेल्या दमट हवामान प्रदेशात जलसंपृक्त माती किंवा तळखडक उताराला अनुसरून खाली घसरतो त्यास माती प्रवाह म्हणतात. पर्वतीय प्रदेश जलप्रवाहातून खोल भागाकडे गाळ वाहतो त्यास चिखल प्रवाह म्हणतात.



आकृती २.३०: शिघ्र प्रवाह हालचाल

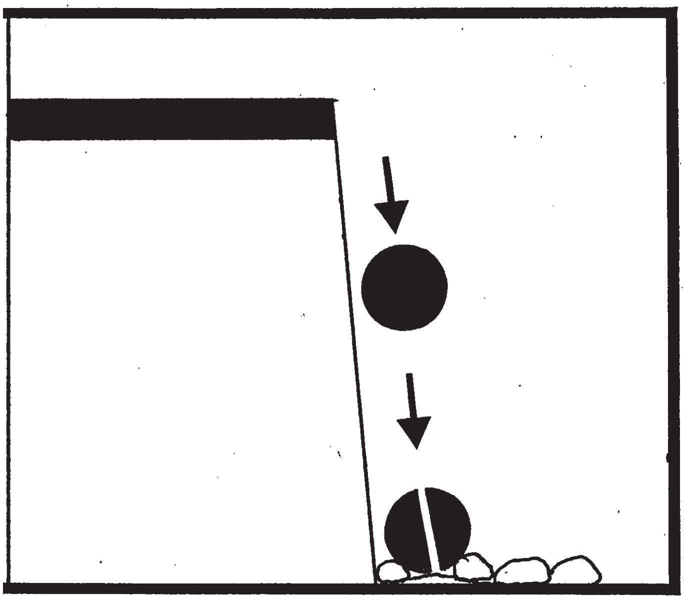
२) **घसरण किंवा भूमी घसरण हालचाल :** माती, डबर व खडक याची राशी गुरुत्वाकर्षणामुळे तीव्र उतारावरून खाली पडण्याची, घसरण्याची अथवा वाहत जाण्याची क्रिया म्हणजे भूमीपात होय. ही राशी १ धन मी. पासून १ अब्ज घन मीटर पर्यंत असू शकते. भरपूर पाऊस, भूकंप यामुळे भूमिपात अधिक होतात. भूमिपाताचे भू-कोसळ (Land Slide) भूसर्पण असे प्रकार केले जातात.



आकृती २.३१ : भूमी घसरण

भूपृष्ठ कोसळणे :

खडक व माती यांची राशी हवेतून मुक्तपणे पडण्याच्या क्रियेस भूह्वकोसळ म्हणतात. नदी, सागरी लाटा यांच्या कार्यामुळे कपे निर्माण होतात. ते अधांतरी दिसतात. कालांतराने कडे कोसळतात. अपक्षयामुळे दुभंगलेले उंच कड्यांचे भाग किंवा दरडी खाली कोसळतात.



आकृती २.३२ः भू-कोसळ

भूसर्पण :

खडकांची राशी अंतर्गोल अथवा सपाट पृष्ठावरून घसरते या क्रियेस भूसर्पण म्हणतात. काही वेळा लक्षावधी घन चौ.मी. खडक राशी घसरतात. जगातील सर्वात अधिक विध्वंसक भूमिपात म्हणून या भूसर्पणास ओळखले जाते.

भूप्रवहन :

मृदा व भूसभूशीत ओलसर झालेले खडक प्रवाहाप्रमाणे घसरतात त्यांना भूप्रवहन असे म्हणतात.

संमीश्र भूमिपात :

वरीलपैकी दोन्ही किंवा तिन्ही प्रकाराने भूमिपात होतो. त्यांना समीश्र भूमिपात म्हणतात. शुष्क घसरण प्रक्रियेत प्रामुख्याने कोरड्या पदार्थांचा खाली शीघ्र हालचाल अढळून येते. भूमिपाताचे पदार्थनुसार प्रकार केले जातात. खडक घसरण, डबर घसरण आणि भूमी घसरण असे विविध प्रकार पडतात. त्यात भूमी घसरण महत्वाची मानली जाते. भुमी घसरणामध्ये एखादा विशाल खडक व डबर त्याखाली असलेल्या खडकापासून अलग होतो आणि उताराला अनुसरून शीघ्रपणे खाली घसरायला लागतो.

भूमी घसरण्याची कारणे :

जमीन किंवा माती घसरण्याची विविध कारणे आहेत. त्यातील प्रमुख कारणे पुढीलप्रमाणे होत.

अ) **खडकाची रचना** : काही खडकांचे थर हे विस्कळीत झालेले असतात. आणि अस्थिर असतात. विशेषतः स्थरित खडकात अशी परीस्थिती आढळून येते. अशी संरचना असलेला खडक भूमी घसरण्यास कारणीभूत ठरतो.

ब) **तीव्र उतार** : जमीन किंवा माती घसरण्यासाठी एखादा कडा असणे किंवा जमिनीला तीव्र उतार असणे आवश्यक आहे असे असल्यास भूमी घसरण सुरू होते.

क) **जलस्थिती** : तीव्र उतारावर सुक्ष्म पाण्याचे अल्प अस्तित्व सुद्धा डबर किंवा भूमी घसरणास पुरेसे असते. पाणी पृष्ठावर किंवा उतार पृष्ठावर जमा झाल्या भूमी घसरणास कारणीभूत ठरते. थंड प्रदेशात खडकातील भेगामध्ये गेलेले पाणी गोठते, जेव्हा हे गोठलेले पाणी वितळते तेव्हा भूमी घसरण्यास त्याची मदत होते.

ड) **अति पर्जन्य** : ज्या ठिकाणी अति पर्जन्य असते. अशा भागामध्ये भूमी घसरणाचे प्रमाण अधिक असते. विशेषतः ज्या ठिकाणी वृक्षतोड झालेली असते. आणि पाऊस जास्त असतो अशी वादळी वृष्टी असलेले हवामान भूमी घसरणास अनुकूल असते.

२.६ प्रश्न संदर्भ सूची

प्रश्न १ खालील प्रश्नांची उत्तरे लिहा.

१) विदारणाच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.
२) विस्तृत झीजेच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.
३) सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने कचिक विदारणाच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.
४) रासायनिक विदारणाच्या विविध प्रकारांचे स्पष्टीकरण द्या.

प्रश्न २. टीपा लिहा.

१) कणीय विदारण
२) जैविक विदारण
३) रासायनिक विदारण
४) कार्बोनेशन व ऑक्सीडेशन
५) दरड कोसळणे.

❖❖❖❖

३

नदीचे कार्य

घटक संरचना :

३.० उद्दिष्टे

३.१ प्रस्तावना

३.२ नदीचे कार्यह्लखननह्लवहन व संचयन

३.३ नदीच्या वरच्या टप्यातील खननाची भूरूपे

३.४ नदीच्या मधल्या व खालच्या टप्यातील संचयनाची भूरूपे

३.५ सारंश/समारोप

३.६ प्रश्न

३.० उद्दिष्टे

→ नदीची कार्ये - खनन - वहन व संचयन समजून घेणे.

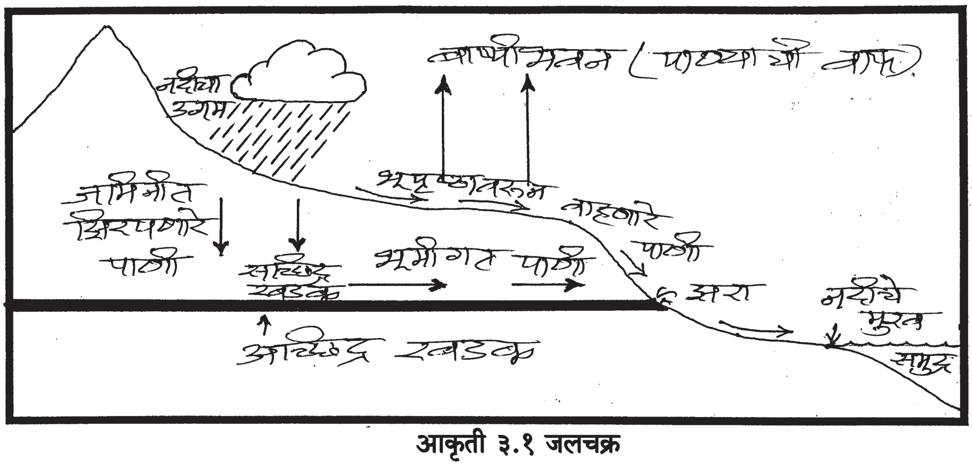
→ नदीच्या खनन कार्यामुळे तयार झालेली नदीच्या वरच्या टप्यातील भूरूपे समजून घेणे.

→ नदीच्या मधल्या टप्यातील भूरूपे समजून घेणे.

→ नदीच्या खालच्या/शेवटच्या टप्यातील भूरूपांची ओळख करून घेणे.

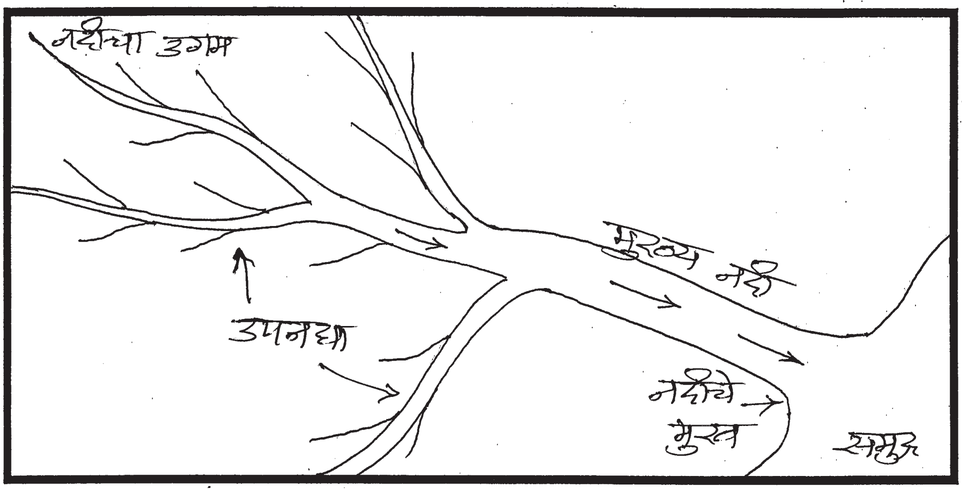
३.१ प्रास्तावना

(अ) नदीचे कार्य : पर्जन्यरूपाने भूपृष्ठावर जे पाणी पडते त्यातील अनुसरून प्रवाह रूपाने वाहू लागते व नंतर ते मोठया जलप्रवाहाला किंवा उपनदीला जाऊन मिळते. काही पाणी हे ज्या प्रदेशातून वाहते त्या प्रदेशामध्ये जर सच्छिद्र खडकांची रचना असेल तर त्या खडकामधून भूपृष्ठाखाली जाऊन त्या पाण्याचा अच्छिद्र खडकामध्ये साठा होतो.



आकृती ३.१ जलचक्र

त्यालाच आपण भूमिगत पाणी या नावाने संबोधतो. काही पाणी हे वाहत असतानाच वातावरणातील उष्णतेमुळे त्याचे बाष्पीभवन होते व ते परत बाष्परूपाने पुन्हा वातावरणामध्ये फेकले जाते. जे पाणी उताराच्या दिशेला अनुसरून प्रवाह रूपाने वाहू लागते त्यालाच भूपृष्ठावरून वाहणारे पाणी असे म्हटले जाते. सुरूवातीला जो एक लहानसा जलप्रवाह असतो तो हळूहळू भूपृष्ठाची झीज घडवून आणतो. या प्रवाहाच्याद्वारे उभे आणि आडवे (प्रवाहाला लंबरूप) असे दोन्ही प्रकारचे खननाचे कार्य घडून येते. त्याचा परिणाम म्हणून तो जलप्रवाह हा अधिकाधिक खोल जातो व पार्श्ववर्ती खनन किंवा घर्षण घडून येते. त्यामुळे तो जलप्रवाह अधिकाधिक रुंद होत जातो. या स्वरूपाची प्रक्रिया ही सातत्याने सुरू राहिल्यानंतर त्या लहानशा जलप्रवाहाला एखाद्या नदीचे स्वरूप प्राप्त होते आणि ही नदी आपल्या खोऱ्याचा हळूहळू विकास करू लागते. ही नदी वाहत जाताना वाटेत त्या नदीला इतर प्रदेशामधून वाहात येणाऱ्या अनेक उपनदया येऊन मिळतात आणि याचा परिणाम म्हणून त्या प्रदेशामध्ये हळूहळू प्रवाह प्रणाली विकसित होते.



आकृती ३.२ : नदीचा प्रवाह

३.२ नदीचे कार्यद्धखननद्धवहन व संचयन

नदीचे कार्य (Work of River) बहिर्गत शक्तीच्या कारकांपैकी नदी हा एक अतिशय प्रभावी कारक समजला जातो. नदीच्या द्वारे प्रत्यक्ष भूपृष्ठावर जे कार्य घडून येते ते कार्य त्रिविध स्वरूपाचे (Three fold work) असते ते खालीलप्रमाणे आहे. (१) खनन/घर्षण/अपक्षय/झीज(Erosion)(२) वहनाचे कार्य(Transportaion) (३) संचयन/निक्षेप(Deposition)

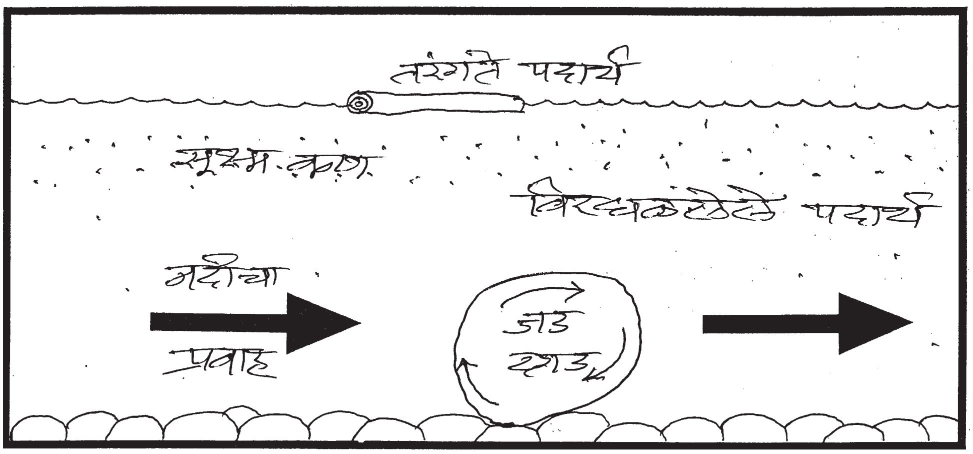
हे तीनही प्रकारचे कार्य पूर्णपणे स्वतंत्र स्वरुपाचे असत नाही, तर ते परस्परावर अवलंबून असते याचाच अर्थ असा की ज्या नदीची वहन करण्याची क्षमता मोठी असते तीच नदी खनन कार्य सुध्दा मोठया प्रमाणावर करू शकते आणि अशाच प्रकारच्या नदीच्याद्वारे संचयन कार्य सुध्दा मोठया प्रमाणात घडून येते.

नदीच्या प्रवाहाबरोबर एकूण तीन प्रकारचे पदार्थ वाहत जात असतात. त्यामध्ये खडकांचे तुकडे, वाळू, बारीक रेती, वनस्पती व प्राण्याचे अवशिष्ठ भाग यातील जे वजनाने जड पदार्थ असतात ते नदीच्या तळभागाला घर्षण करून पुढे-पुढे वाहत जातात. या उलट कॅल्शियम कार्बोनेटसारखे क्षार पदार्थ नदीच्या पाण्यामध्ये विरघळून प्रवाहाबरोबर पुढे पुढे वाहत जातात या तीन प्रकारच्या पदार्थांना अनुक्रमे (१) धन पदार्थ(Solid Material), (२) तरंगते पदार्थ (Flowting Material) (३) विरघळलेले पदार्थ (Dissolved Material) असे म्हटले जाते. या सर्व पदार्थांचा मिळून जो एक प्रकारचा गाळ निर्माण होतो, त्याला (Alluvium) नदीचा गाळ असे म्हटले जाते. नदी प्रवाहाची वहन करण्याची क्षमता ही प्रामुख्याने प्रमुख दोन घटकांवर अवलंबून असते ते घटक खालील प्रमाणे असतात.

नदी प्रवाहाच्या द्वारे जे खनन अपक्षय, घर्षण कार्य घडून येते ते एकूण दोन प्रकारचे असते.

(i) **रासायनिक खनन (Chemical Erosion):** नदीचा प्रवाह वाहत असताना त्या पाण्यामध्ये वातावरणातील विविध वायुरूप पदार्थ मिसळलेले असतात त्यांची रासायनिक प्रक्रिया ही नदीच्या प्रवाह मार्गातील खडकांच्यावर घडून येते. त्यामुळे खडकांचे रासायनिक विदारण होऊन खडक/खनिजे विरघळतात.

(ii) **यांत्रिक खनन(Mechanical Erosion):** नदीचा प्रवाह वाहत असताना वाहत्या पाण्याचा आघात हा प्रवाह मार्गातील खडकांच्यावर होतो व या आघाताचा परिणाम म्हणून भूपृष्ठावरील खडकांची मोडतोड होते आणि नदीला प्राप्त झालेले पदार्थ/घटक वाहत्या पाण्याबरोबर वाहून नेले जातात यालाच यांत्रिक खनन असे म्हटले जाते. खनन कार्यामध्ये जे विविध पदार्थ नदीप्रवाहाला प्राप्त होतात त्यालाच (Alluvium) नदीचा गाळ असे म्हटले जाते. त्यापैकी अधिकांश पदार्थ खननानेच प्राप्त होतात आणि म्हणून नदीच्या द्वारे जी भुरूप निर्मिती होते त्यामध्ये रासायनिक खननापेक्षा यांत्रिक खनन हेच महत्त्वाचे असते हे खनन दोन प्रकारचे होत असते.



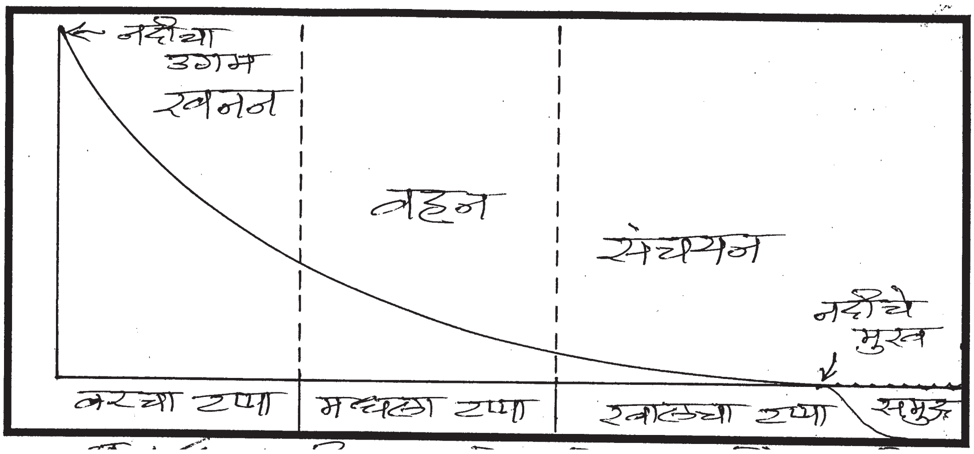
आकृती ३.३ नदीच्या प्रवाहातील वहन

(अ) **लंबवर्ती किंवा उभे खनन (Vertical Erosion)**: नदीच्या पात्रातील पाण्याचा आघात हा नदीच्या तळभागातील खडकांवर घडून येऊन नदीचे पात्र हे हळूह्न-हळू खोल होत जाते यालाच लंबवर्ती किंवा उभे खनन असे म्हटले जाते.

(ब) **पार्श्ववर्ती किंवा आडवे खनन (Lateral Ersion)**: नदीच्या प्रवाहातील पाण्याचा प्रवाह हा नदीच्या दोन्ही तीरावरील प्रदेशात खनन होऊन नदीचे पात्र हे हळू-हळू रुंद बनत जाते यालाच पार्श्ववर्ती किंवा आडवे खनन असे म्हटले जाते.

नदी प्रवाहाचा वेग कमी झाल्यानंतर त्या नदीची वहन करण्याची क्षमताही कमी होत जाते आणि त्याचा परिणाम म्हणून नदी प्रवाहाबरोबर वाहून आलेल्या गाळाचे संचयन घडून येते व त्या संचनापासून काही भूरूपांची निर्मिती होते. आकृती मध्ये नदी प्रवाहाचे टप्पे कसे असतात ते दाखवलेले आहेत.

नदी प्रवाहाचे टप्पे व नदीचे कार्य (१) नदी प्रवाहाचा वरचा टप्पा (Upper course) (२) नदी प्रवाहाचा मधला टप्पा (Middle course) (३) नदी प्रवाहाचा खालचा टप्पा (Lower course)



आकृती ३.४ : नदी प्रवाहाचे टप्पे व नदीचे कार्य

सर्व सामान्यपणे नदीचा उगम हा उंच अशा पर्वतीय प्रदेशामध्ये होतो आणि या उगमस्थानापासून नदी ज्या ठिकाणी महासागराला येऊन मिळते त्या नदी मुखापर्यंत जो संपूर्ण नदी प्रवाह असतो त्यालाच असे म्हटले जाते. या प्रत्येक भागामध्ये नदीचे कार्य भिन्न-भिन्न स्वरूपाचे असलेले दिसून येते.

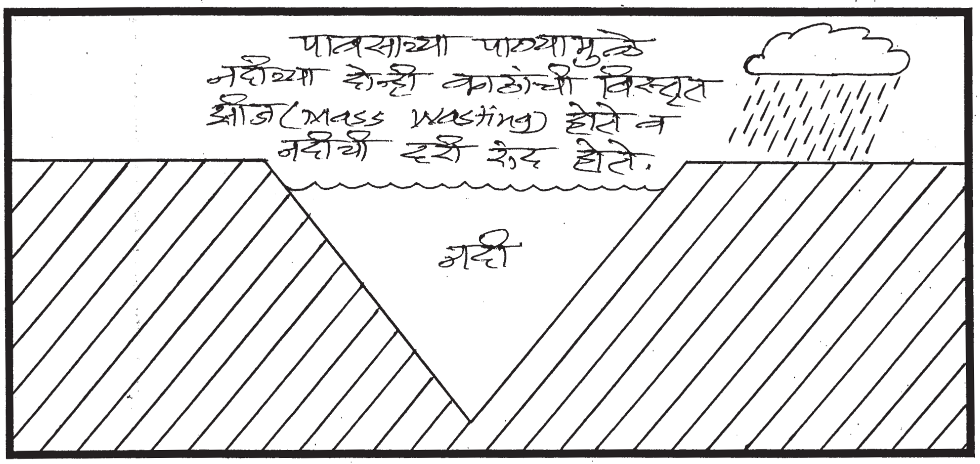
३.३ नदीच्या वरच्या टप्यातील खननाची भूरूपे

(१) नदी प्रवाहाचा वरचा टप्पा (Upper course):

नदीचा उगम पर्वतीय प्रदेशामध्ये झाल्यानंतर उगमस्थानापासून ते पर्वतीय प्रदेश संपेपर्यंत जो नदीचा प्रवाह मार्ग असतो त्याचा समावेश हा नदीप्रवाहाच्या पहिल्या टप्प्यामध्ये केला जातो. या विभागात प्रदेशाचा उतार हा अतिशय तीव्र स्वरूपाचा

असल्याकारणाने नदी प्रवाह अतिशय जलद गतीने वाहत असतो. शिवाय या विभागात नदीला येऊन मिळणाऱ्या उपनदयांची संख्याही अतिशय कमी असते. पाण्याच्या प्रवाहाचा वेग हा मात्र जास्त असतो. त्यामुळे नदी प्रवाहाची वहन शक्ती ही अधिक असते. याचा परिणाम म्हणून या टप्प्यात नदीच्या प्रवाहाबरोबर मोठे-मोठे खडकांचे तुकडे, वनस्पती आणि प्राणी यांचे अवशिष्ट भाग या सारख्या जड पदार्थाचेही वहन सहजरितीने घडून येते. वहन शक्ती प्रचंड असल्याने नदी प्रवाहाच्या द्वारे विध्वंसक कार्य (Destructive work) हेच मोठया प्रमाणावर घडून येते आणि रचनात्मक कार्य (Constructive work) मात्र घडून येत नाही. त्यामुळे नदीप्रवाहाच्या या टप्प्यात पुढील भूरूपांची निर्मिती होते.

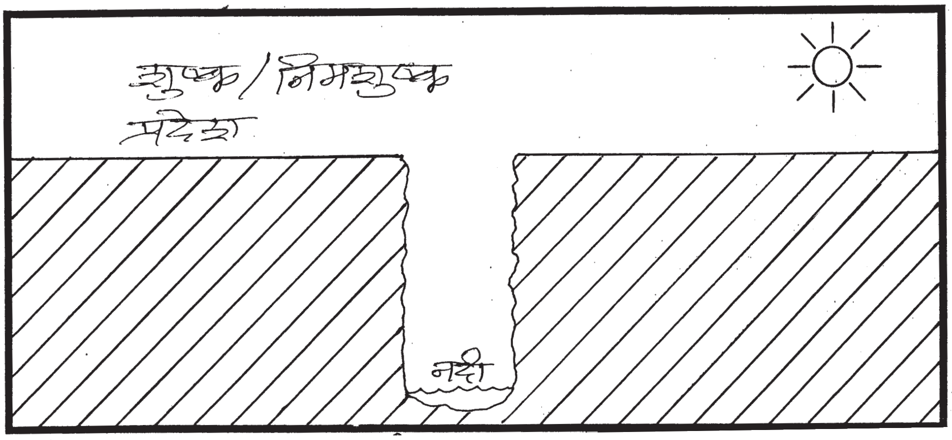
(i) **V आकाराची दरी (V Shaped Valley):** नदी प्रवाहाच्या वरच्या टप्प्यामध्ये नदीचा प्रवाह मार्ग जर मृदू खडकांनी युक्त असेल तर नदी प्रवाहाच्या लंबवर्ती व उभ्या खननाचा परिणाम म्हणून नदीला आकृतीमध्ये दर्शविल्याप्रमाणे अरूंद आकार प्राप्त होतो त्याला V आकाराची दरी असे म्हणतात. या दरीचा आकार इंग्रजीधील V आकारासारखा असतो. या दरीची खोली रूंदीपेक्षा कमी असते. उदा. विशालगडजवळ मचकुंदी नदीची दरी व खंडाळ्याजवळील उल्हास नदीची दरी साधारतः जास्त पावसाच्या प्रदेशात नदीची V आकाराची नदी आढळते.



आकृती ३.५ : V आकाराची दरी

(२) **घळई (River Gorge):**नदीच्या प्रवाहमार्गात कठीण खडक आल्यास नदीच्या काठापेक्षा तळभागाची झीज अधिक होते. उभे खनन मोठया प्रमाणावर होते.

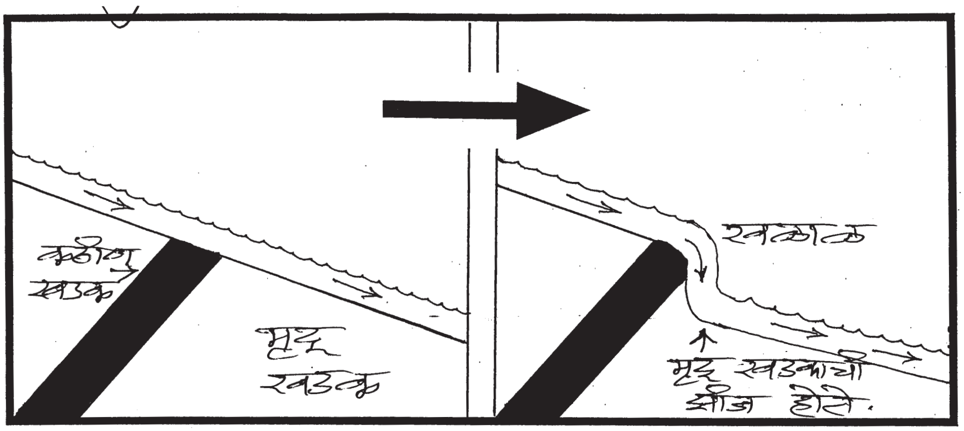
नदीचा प्रवाह मार्ग जर कठिण खडकांनी बनलेला असेल तर नदीची घळई हा भूआकार प्राप्त होतो. उदा. संयुक्त संस्थाना मधील कोलोरॅडो नदी ज्या प्रदेशातून वाहते त्या ठिकाणी नदीने उभ्या स्वरूपाचे खनन कार्य करून एक प्रचंड स्वरूपाची घळई निर्माण केलेली आहे, त्यालाच ''Grand Canyon'' असे म्हटले जाते. घळईचे उतार तीव्र असतात. उदा. सिंधू, सतलज, नर्मदा आणि ब्रह्मपुत्रा नदीने घळई तयार केल्या आहेत.



आकृती ३.६ : घळई

(३) **एकमेकांत गुंतलेले डोंगराचे बाहू (Interlocking Spurs):** नदी उंचावरील डोंगराळ प्रदेशात उगम पावते. सुरुवातीला-नदीच्या उगमाजवळील प्रदेशात नदीच्या पात्रातील पाण्याचे प्रमाण कमी असते. वाटेत आलेल्या डोंगराच्या बाहूंना(Spurs) वळसा घालून ती पुढे सरकते. यामुळे तिचा प्रवाह वळणा-वळणाचा होतो व डोंगराचे बाहू एकमेकांमध्ये गुंतल्यासारखे दिसतात.

(४) **खळाळ (Rapids):** नदीच्या तटावर कठीण व मृदू खडक असल्यास नदीच्या प्रवाहामुळे मृदू खडकांची कठीण खडकांपेक्षा जास्त झीज होते. त्यामुळे नदीच्या मार्गात तीव्र उतार तयार होतो. त्यावरून नदीचे पाणी अधिक वेगाने-खळखळत वाहते यामुळे त्यास खळाळ (Rapids) असे संबोधले जाते.

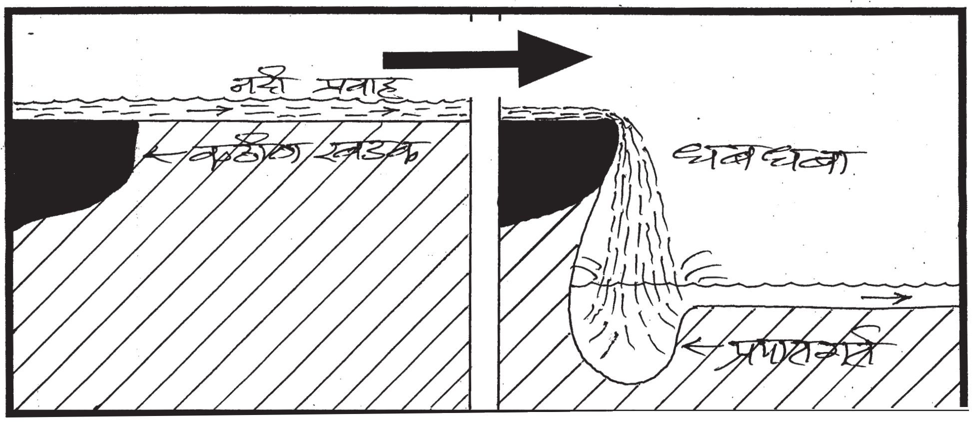


आकृती ३.७ : खळाळ

(५) **जलप्रपात (Water Falls):** जलप्रपातांची निर्मिती नदीप्रवाहाच्या वरच्या

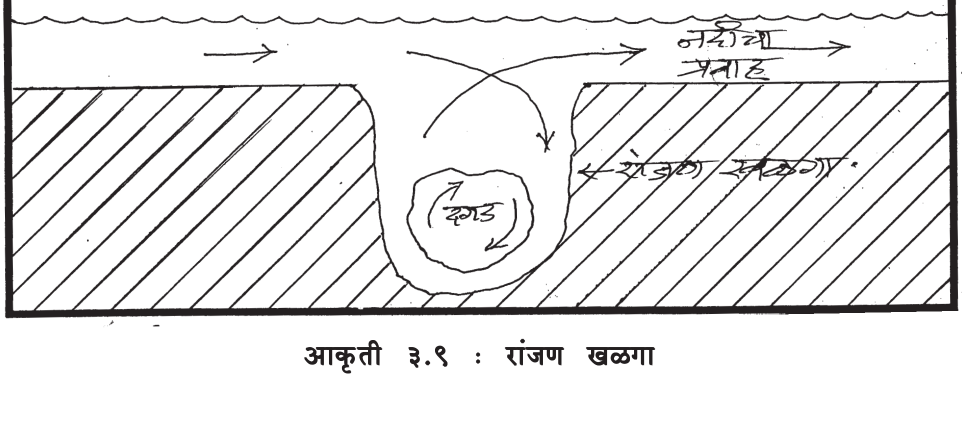
टप्प्यामध्ये प्रवाहाच्या द्वारे जे असमान खनन कार्य घडून येते त्याचा परिणाम म्हणून घडून येते. जर नदीचा प्रवाह मार्ग एकाच प्रकारच्या आणि एकच प्रकारच्या आणि एकच घनता असणाऱ्या खडकांनी बनलेला असेल तर त्यावेळी नदीचे खनन कार्य समान स्वरूपामध्ये घडून येईल. नदीप्रवाहाचा उतार सुध्दा समान राहील आणि अशा वेळी जलप्रपात निर्माण होणार नाहीत. परंतु नदीचा प्रवाह कठिण आणि मृदु खडकांचा असेल तर

मात्र नदी प्रवाहाच्या द्वारे असमान खनन घडून येईल. मृदू खडकांची झीज अधिक प्रमाणात होईल. तर कठिण खडकांची झीज कमी प्रमाणात होईल. कठिण खडकांचे भाग नदी प्रवाहाला अडथळा निर्माण करतील त्यामुळे नदीप्रवाहातील पाणी कठिण खडकाच्या भागा वरून जलप्रपाताच्या स्वरूपात वेगाने खाली कोसळेल कठिण खडकांची झुकण्याची दिशा नदी प्रवाहाच्या दिशेच्या जर विरूध्द असेल तर अशावेळी मात्र निर्माण होणारे जलप्रपात अल्पकाळ टिकणारे असतील. अशा जलप्रपातांना अस्थयी जलप्रपात असे म्हटले जाते. नदीच्या प्रवाह मार्गामध्ये जर कठिण खडक लंबरूप स्वरुपामध्ये असेल तर अशा प्रकारचे जलप्रपात मात्र दिर्घकाळ टिकणारे असतात. कठिण आणि मृदु खडकांचे थर जर क्षितीज समांतर दिशेने पसरलेले असतील तर या परिस्थितही जलप्रपात निर्माण होतात.परंतु याप्रकारचे जलप्रपात स्थिर स्वरूपाचे नसतात. कठिण खडकावरून नदी प्रवाहातील पाणी वेगाने कोसळून त्या पाण्याच्या आघाताने मृदु खडकाची तळाची सतत झीज होत राहते आणि त्या ठिकाणी खड्डे निर्माण होतात त्यांनाच **प्रपातगर्त** असे म्हटले जाते.



आकृती ३.८ : धबधबा

(६) **रांजण खळगे(Pot Holes)**: नदीच्या पात्रात असलेला अणकुचीदार खडक दुसऱ्या दगडामुळे पुढे जाऊ शकत नाही. नदीच्या जोरदार प्रवाहामुळे तो जागच्या जागी गोलाकार फिरतो. त्याच्या अणकुचीदार कोपऱ्यांमुळे बाजूच्या खडकांची झीज होऊन गोलाकार खोलगट खड्डा नदीच्या पात्रात तयार होतो. त्याला **रांजणखळगा** (Pot hole)असे संबोधले जाते.

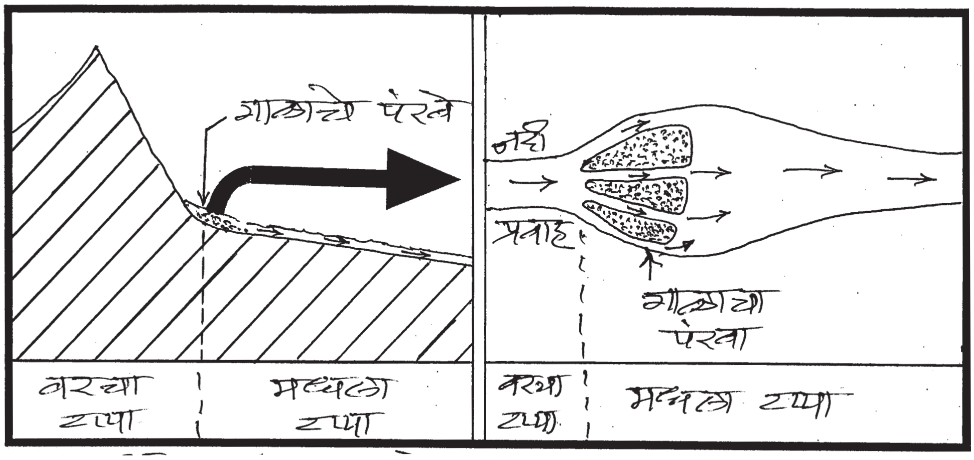


आकृती ३.९ : रांजण खळगा

३.४ नदीच्या मधल्या व खालच्या टप्प्यातील संचयनाची भूरूपे

नदी प्रवाहाचा मधला टप्पा (Middle Course):

डोंगराळ प्रदेश संपून ज्यावेळी नदीचा प्रवाह काहीसा सखल प्रदेशामध्ये प्रवेश करतो त्या प्रदेशापासून ते मैदानी प्रदेशाला सुरुवात होईपर्यंत जो नदीचा मार्ग असतो तो भाग हा नदीप्रवाहाच्या मधल्या टप्प्यामध्ये येतो. या प्रदेशामध्ये वरच्या टप्प्याच्या तुलनेने प्रदेशाचा उतार कमी झालेला असतो. त्याचा परिणाम म्हणून नदी प्रवाहाचा वेग हा सुध्दा काहीसा मंदावलेला असतो त्याच बरोबर मुख्य नदीला इतर प्रदेशातून अनेक उपनदया येऊन मिळत असतात. त्यामुळे नदीच्या पात्रातील पाण्याचे प्रमाण वाढलेले असते. या सर्व घटकांचा नदीच्या कार्यावर प्रभाव पडतो. मधल्या टप्प्यामध्ये नदीप्रवाहाच्याद्वारे केवळ खनन कार्यच घडून न येता काही प्रमाणामध्ये संचयन कार्य सुध्दा घडून येते. त्याचप्रमाणे जे खननाचे कार्य होते ते उभ्या खननापेक्षा पार्श्ववर्ती खनन हे अधिक महत्त्वपूर्ण असते आणि याचा परिणाम म्हणून नदीचे पात्र हे रुंदावत जाते या टप्प्यामध्ये खालील भूआकार निर्माण झालेले दिसून येतात.

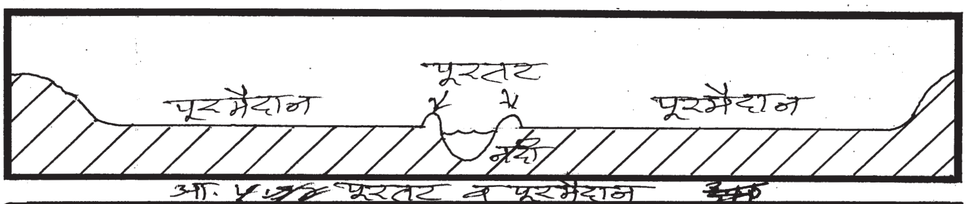


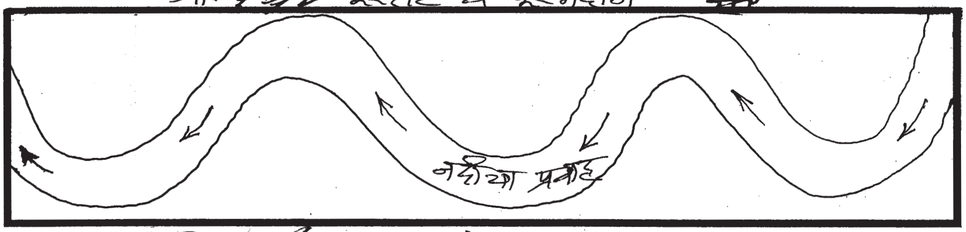
आकृती ३.१०: गाळाचे पंखे

(७) **गाळाचे पंखे (Alluvial Fans):** पर्वतीय प्रदेश संपवून ज्यावेळी नदीचा प्रवाह हा पर्वताच्या पायथ्याशी येतो. त्यावेळी नदी प्रवाहाचा वेग अतिशय मंद झालेला असतो आणि नदीप्रवाहाबरोबर वाहून आलेल्या गाळाचे संचयन हे पर्वताच्या पायथ्याशी सातत्याने होत राहते या स्वरूपाच्या सततच्या संचयनाचा परिणाम म्हणून पर्वताच्या पायथ्याजवळ गाळाचे पंखे(मैदाने) निर्माण होतात. या मैदानांचा आकार हा काहीसा पंख्याप्रमाणे असल्याकारणाने या मैदानी प्रदेशांना पंख्याच्या आकाराची मैदाने असे म्हटले जाते. संयुक्त संस्थानांमध्ये कॅलिफोर्निया या राज्यामध्ये या प्रकारची पंख्याच्या आकाराची मैदाने निर्माण झालेली आहेत. विशेषतः कॅलिफोर्निया या राज्यामध्ये या मैदानी प्रदेशाचा वापर हा फलोदयान आणि कृषी उत्पादनासाठी मोठया प्रमाणात केला जातो.

(३) **नदी प्रवाहाचा खालचा टप्पा (Lower Course)**: नदीच्या प्रवाहाने मैदानी प्रदेशामध्ये प्रवेश केल्यानंतर तो नदीचा प्रवाह महासागराला मिळेपर्यंत म्हणजेच नदीमुखापर्यंत जो संपूर्ण प्रदेश असतो त्याचा समावेश हा नदीप्रवाहाच्या खालच्या टप्प्यामध्ये होतो. या प्रदेशामध्ये भूपृष्ठाचा उतार हा अत्यंत मंद स्वरूपाचा असतो त्यामुळे नदी प्रवाहातील पाण्याचा वेग हा सुध्दा अतिशय कमी असतो नदी प्रवाहातील पाणी हे अतिशय संथगतीने वाहात असते. त्याचबरोबर मुख्य नदीला येऊन मिळणाऱ्या उपनदयांची संख्या ही देखील अधिक असते आणि त्या मोठया विस्ताराच्या असतात. त्यामुळे मुख्य नदीच्या प्रवाहामध्ये पाण्याचे प्रमाण भरपूर असते. मात्र पाण्याचा वेग हा अतिशय कमी असतो. त्यामुळे वहन शक्ती सुध्दा अतिशय कमी झालेली असते. तर खनन कार्याचा जवळ-जवळ अभावच असतो त्यामुळे संचयन किंवा रचनात्मक कार्य हेच महत्त्वपूर्ण असते. या टप्प्यामध्ये नदीमार्गामध्ये पुढील भूआकार निर्माण होतात.

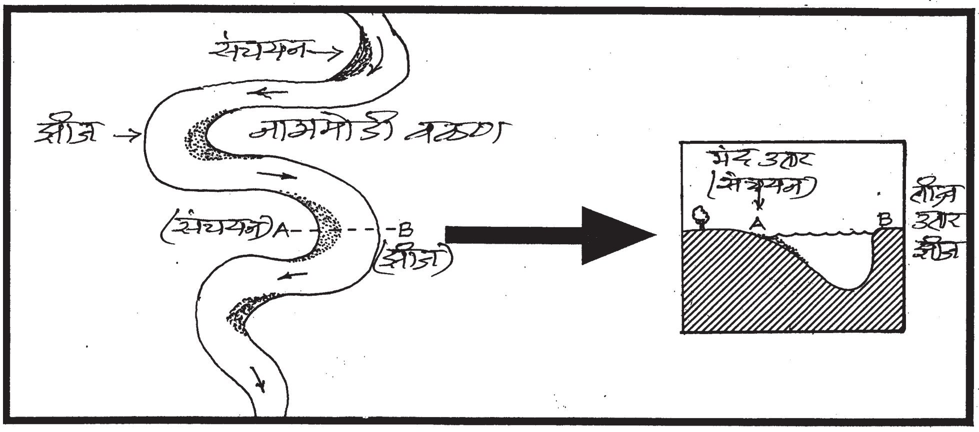
(८) **पूरमैदाने व पूरतट (नैसर्गिक बांध) (Flood plains and Natural levees or embankments)**: मुख्य नदी आणि तिच्या उपनदया यांना ज्यावेळी पूर येतात त्यावेळी पूराचे पाणी मुख्य नदीच्या पात्रामध्ये सामावू शकत नाही.





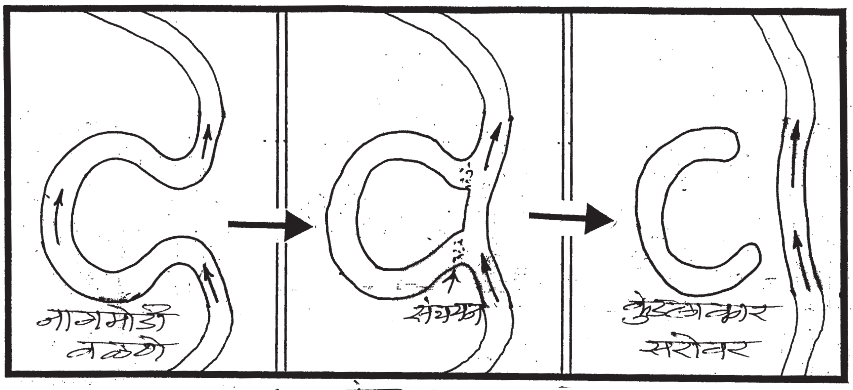
आकृती ३.११ : नागमोडी वळणे

हे पाणी नदीच्या दोन्ही तीरावरील प्रदेशात विस्तृत भूभागावर पसरते या पसरलेल्या पाण्याबरोबर जो गाळ वाहून येतो त्याचे संचयन होऊन विस्तृत आकाराची पूरमैदाने तयार होतात. ही मैदाने कृषी व्यवसायासाठी अतिशय महत्त्वपूर्ण मानली जातात. पुराच्या पाण्याबरोबर पर्वतीय प्रदेशामधून वाहून आलेले खडकांचे तुकडे वाळू, रेती, वनस्पती आणि प्राणी यांचे अवशिष्ठ भाग या सारख्या पदार्थाचे संचयन नदीप्रवाहाजवळील दोन्ही तीरावर घडून येते. या स्वरूपाच्या संचयनामुळे त्या प्रदेशाची उंची वाढते आणि कालांतराने जे बांध निर्माण होतात त्यांनाच पूरतट किंवा **नैसर्गिक बांध** असे म्हटले जाते. पूरतटांच्याद्वारे पूर मैदानांचे संरक्षण केले जाते परंतु जर एखाद्या वर्षी नदी प्रवाहाला प्रचंड स्वरुपाचा पूर आला तर पुराच्या पाण्याच्या तडाख्याने पूरतटाचे काही भाग विखंडीत होतात यावेळी मात्र नदीचे पाणी दोन्ही तीरावरील प्रदेशात दूर अंतरापर्यंत पसरून पूरस्थितीची भयानकता वाढते. पाकिस्तानमधील सिंध प्रांतामध्ये सिंधू नदीने या स्वरूपाचे पूर तट निर्माण केलेले आहेत. चीनमधील होअँग हो नदीला 'चीनचे अश्रू' असे म्हणतात.



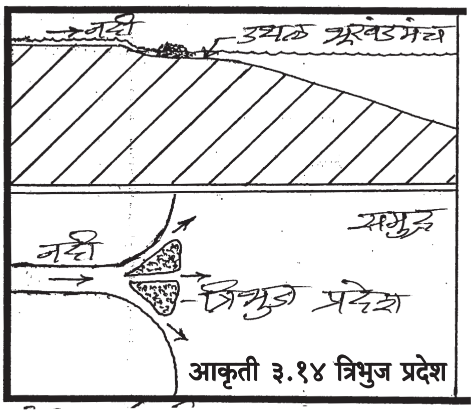
आकृती ३.१२ : नागमोडी वळणाचे छेद

(९) **नागमोडी वळणे व धनुष्याकृती/चंद्राकृती सरोवरे (Meanders and Ox-box lakes) :** जर नदीच्या प्रवाहाच्या मार्गामध्ये एखादा कठिण खडकाचा अडथळा निर्माण झाला तर तो अडथळा दूर करण्याची क्षमता त्या नदीप्रवाहामध्ये नसते अशावेळी तो नदीप्रवाह एखादे लहानसे वळण घेऊन वाहू लागतो या वळणाच्या आंतरवक्र बाजूवर



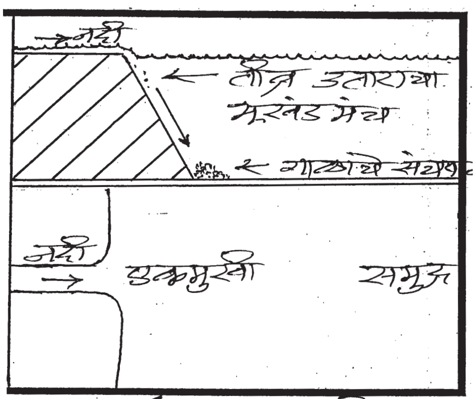
आकृती ३.१३ : कुंडलाकार सरोवराची निर्मिती

हळू हळू झीज घडून येवू लागते आणि बहिवक्र बाजुला काही काही प्रमाणामध्ये संचयन कार्य घडून येते. या स्वरूपाच्या प्रक्रियेचा परिणाम म्हणून वळणाचा विस्तार आकृती मध्ये दर्शविल्याप्रमाणे वाढत जातो आणि तो नदीप्रवाह नागमोडी वळणाने वाहू लागतो. अशा प्रकारच्या प्रवाहालाच नागमोडी वळणे ''Meanders'' असे म्हटले जाते. झीज आणि संचयन या स्वरुपाची प्रक्रिया ही वर्षानुवर्षे सुरु राहिल्यानंतर वळणाचा विस्तार हळू-हळू वाढत जावून त्या वळणाची '**C**' आकाराची दोन्ही टोके एकमेकांना मिळतात आणि नदीचा प्रवाह सरळ मार्गाने वाहू लागतो. नदीच्या तीरावर जो वळणाचा भाग निर्माण झालेला असतो त्यालाच धनुष्याकृती किंवा चंद्राकृती सरोवर किंवा कुंडलाकार सरोवर असे म्हटले जाते.



आकृती ३.१४ त्रिभुज प्रदेश

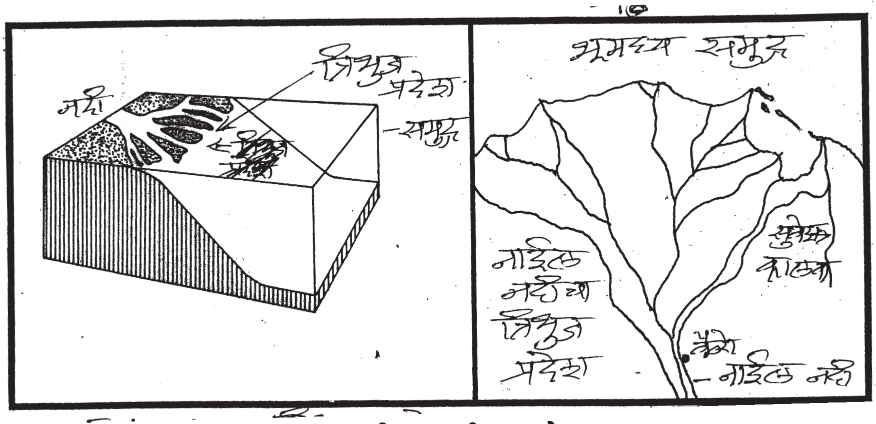
(१०) त्रिभूज प्रदेश(Delta): नदी प्रवाहाच्या तिसऱ्या टप्प्यामध्ये संचयन कार्याचा परिणाम म्हणून त्रिभूज प्रदेशाची निर्मिती होते. नदी प्रवाहाबरोबर जो गाळ वाहून येतो त्या गाळाचे संचयन नदी ज्या ठिकाणी सागराला मिळते त्या ठिकाणी नदीच्या मुखाजवळ मंदगतीने घडून येते. या स्वरूपाची प्रक्रिया ही वर्षानुवर्षे सुरु राहिल्यानंतर नदीच्या मुखाचा भाग गाळाने भरून येतो. मुख्य नदी प्रवाहाला त्यामुळे अडथळा निर्माण होतो. अडथळा दूर करण्याची क्षमता त्या नदी प्रवाहामध्ये असत नाही त्यामुळे संचयन झालेल्या गाळाच्या ठिकाणी ज्या-ज्या ठिकाणी कमकुवत भाग असतो. त्या- त्या ठिकाणाहून जलप्रवाह वाहू लागतो. त्यामुळे नदी अनेक मुखांनी महासागराला जाऊन मिळते.



आकृती ३.१५ एकमुखी

भिन्न स्वरूपाच्या या जलप्रवाहाच्या दरम्यान जे गाळाचे संचयन असते त्याचा आकार काहीसा त्रिकोणाकृती असतो म्हणून त्या प्रदेशाला त्रिभूजप्रदेश असे म्हटले जाते.

त्रिभूज प्रदेशामध्ये गाळाचे संचयन असल्याने अशा प्रकारचे प्रदेश कृषी व्यवसायासाठी अतिशय महत्त्वपूर्ण ठरतात. उदा. गंगानदीचा त्रिभूज प्रदेश, कृष्णा, कावेरी, गोदावरी या नदयांचे त्रिभूज प्रदेश, आफ्रिकेतील नाईल नदीचा त्रिभूज प्रदेश, चीनमधील यांगत्सी नदीचा त्रिभूज प्रदेश, म्यानमार या देशातील इरावती नदीचा त्रिभूज प्रदेश, व्हिएतमान मधील मेकॉग नदीचा त्रिभूज प्रदेश, यांना कृषी व्यवसायाबाबतीत महत्त्व प्राप्त झाले आहे.



आकृती ३.१६ त्रिभुज प्रदेश

३.५ सारांश / समारोप

जमिनीवरील पावसाच्या वाहून जाणाऱ्या पाण्यामुळे भूपृष्ठाची झीज कशा प्रकारे होते हे नदीच्या कार्यातून स्पष्ट होते.

नदीच्या खननाचे कार्य कशा प्रकारे केले जाते ते समजले व संचयन कार्यामुळे विविध प्रकारची भूरूपे कशी तयार होतात ते समजते.

३.६ प्रश्न संदर्भ सूची

प्रश्न १ खालील प्रश्न सोडवा.

१) नदीच्या प्रवाहामुळे गाळाचे खनन व वहन कोणत्या प्रकारे होते ते सांगा.

२) नदीच्या वरच्या टप्यातील भूरूपांचे स्पष्टीकरण द्या.

३) धबधबा व रांजण खळगा कसा निर्माण होतो ते सांगा.

४) गाळाचे पंखे व पूरतर यांची निर्मिती कशी होते.

५) नागमोडी वळणे व कुंडलाकार सरोवरांची निर्मिती स्पष्ट करा.

६) त्रिभुज प्रदेश कसा निर्माण होतो ते सांगा.

७) सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने नदीने तयार केलेल्या संचयनाच्या भूरूपांचे स्पष्टीकरण द्या.

❖❖❖❖

४

हिमनदीचे व भूमीगत पाण्याचे कार्य

घटक संरचना :

४.० प्रस्तावना

४.१ उद्दिष्टे

४.२ हिमनदीचे कार्य

४.३ हिमनदीने तयार केलेली खननाची व संचयनाची भूरुपे

४.४ भूमीगत पाठ्याचे कार्य

४.५ भूमीगत पाठ्यामुळे तयार झालेली खननाची व संचयनाची भूरूपे

४.६ समारोप

४.७ प्रश्न

४.० उद्दिष्टे

→ हिमनदीच्या खननाचे (क्षरबाचे) कार्य समजून घेणे.

→ हिमनदीच्या खनन कार्यामुळे तयार झालेल्या विविध भूरुपांचा अभ्यास करणे.

→ हिमनदीच्या संचयन कार्यामुळे तयार झालेल्या विविध भूरूपांचा अभ्यास करणे.

→ भूमीगत पाण्याचे खनन कार्य कशाप्रकारे होते ते समजून घेणे.

→ भूमीगत पाण्याच्या खनन व संचयन कार्यामुळे तयार झालेल्या भूरूपांचा अभ्यास करणे.

४.१ प्रस्तावना

पृथ्वीवरील समुद्रसपाटीपासुन उंच असलेल्या प्रदेशात, समशीतोष्ण कटिबंधात हिवाळयात तर शीत कटिबंधात सतत हिमवृष्टी होत असते व ती हिमक्षेत्रे हिमनदीची उगमस्थाने असतात. या हिमक्षेत्रात हिम, भूपृष्ठाचा उताराला अनुसरून पुढे पुढे सरकते, यापुढे सरकणाऱ्या हिमाला हिमनदी असे म्हणतात.

''A Glaciar is a mass of snow or ice that moves slowly over the land away from its place of accumulation.''

हिमाच्या थरांचा परस्परांवर असलेला भार, प्रदेशाचा उतार आणि गुरुत्वाकर्षण शक्ती यामुळे हिमक्षेत्रातून बर्फाच्या राशी हिमनदयांच्या रुपाने पुढेपुढे सरकत असते. जास्त उंचीकडून कमी उंचीकडून सरकणारा बर्फाचा समुदाय म्हणजे हिमनदी होय. बर्फाचे पाण्यात रूपांतर होण्याच्या प्रमाणावरही हिमनदीच्या विकास आणि विस्तार अवलंबून असतो. बर्फ वितळण्यापेक्षा हिमवर्षावाचे प्रमाण जास्त असेल तर हिमनदी बऱ्याच दूरपर्यंत वाहत जाऊ शकते. हिमनदी पुढे पुढे जाताना ज्या प्रदेशानुसार ती वाहत जाते त्या प्रदेशाचा आकार धारण करते.

हिमरेषेच्या खाली हिमनदया उतरतात तेव्हा किंवा प्रदेशातील तापमान शून्य अंश सेल्सिअस पेक्षा जास्त असते त्यावेळी हिमनदीतील बर्फ वितळून पाण्यात रूपांतर होते व हिमनदीचा शेवट होतो.

४.२ हिमनदीचे कार्य

हिमनदी ही दुर्गम प्रदेशात असल्याने हिमक्षेत्रातील भूप्रदेश हिमाच्या जाड अशा आवरणाखाली झाकला असल्यामुळे हिमनदीच्या कार्याचे बराच काळापर्यंत अध्ययन करता आले नाही. बाह्यशक्तीच्या इतर कारकांच्या मानाने हिमनदीचे कार्य क्षेत्रच मर्यादित असल्याने त्या संदर्भात पुरेसे संशोधन केले गेले नव्हते. पण इ.स. १८९७ पासून हिमनदीच्या कार्याविषयी काही प्रमाणात माहिती उपलब्ध होऊ लागली. त्यामुळे शास्त्रज्ञांच्या मतानुसार हिमनदी इतर कारकाप्रमाणे क्षरण, वहन व निरपेक्ष संचयन अशी विविध कार्ये करते.

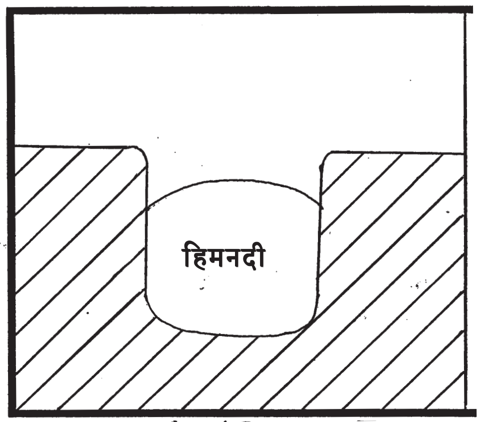
हिमनदीचे क्षरण(Erosional Work of Glaciers): हिमनदी जोपर्यंत हिमराशी गतीशील असतात तोपर्यंत त्या मोठया प्रमाणावर क्षरणाचे कार्य करतात व त्या स्थिर झाल्या की भूपृष्ठाचे संरक्षण करतात. हिमनदीतील हिमराशी भूपृष्ठावरून पुढे पुढे सरकत असताना खडकाचा पृष्ठभाग खरवडून काढतात. कारण क्षरण कार्यात हिमनदीतील फक्त बर्फ अबाधित नसून वितळलेल्या बर्फाचे पाणी व बर्फात रूतून वाहत जाणारे खडकाचे तुकडे, मातचे बारीक कण व रेती इ. पदार्थ या कार्यात मदत करतात.

हिमनदीचे क्षरणकार्य पुढील घटकांवर अवलंबून असते (१) हिमनदीतील हिमाचा वाटाः हिमनदीला बर्फाचा पुरवठा जास्त होत असल्यास क्षरण कार्य वेगाने घडते. **(२) हिमोढाचे प्रमाणः** हिमनदीतील गाळाला हिमोढ म्हणतात. या हिमोढाचे हिमनदीतील प्रमाण जास्त असल्यास क्षरण कार्य वेगाने घडते. **(३) हिमनदीचा वेगः** तीव्र उताराच्या प्रदेशात हिमनदी वेगाने वाहते त्यामुळे क्षरण कार्य देखील वेगाने घडते. **(४) हिमनदी बरोबर वाहत जाणाऱ्या पदार्थाचे प्रमाण व स्वरूपः** हिमनदी बरोबर वाहत जाणारे पदार्थ जास्त प्रमाणात व ओबडधोबड स्वरूपाचे असतील तर क्षरण कार्य वेगाने घडते.

४.३ हिमनदीने तयार केलेली खननाची व संचयनाची भूरूपे

हिमनदीच्या क्षरणकार्यामुळे निर्माण होणारे भूआकार/भूरूपे हिमनदीच्या क्षरणकार्यामुळे खालील प्रकारचे वेगवेगळे भूआकार तयार होतात. (१) यू आकाराच्या दऱ्या (२) लोंबत्या दऱ्या (३) सर्क किंवा हिमगव्हर (४) थूकवूह किंवा फणीकटक (५) गिरीशृंग (६) दैत्य सोपान किंवा भव्य पायऱ्या (७) मेषशीला (८) हिमगर्त मालिका किंवा शृंखला हिमगर्त (९) तळपात्र (रॉक बेसिन्स) (१०) शृंग व पृच्छ (११) हिमखाडी (फियॉर्ड)

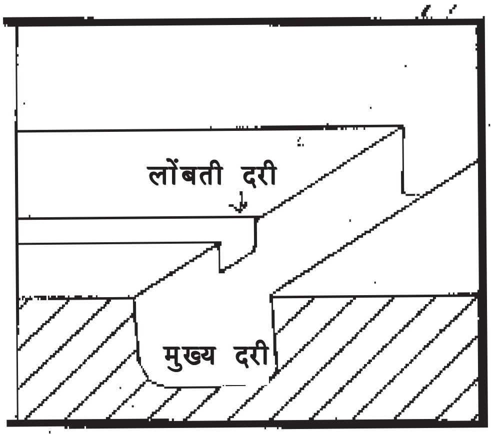
(१) यू आकाराच्या दऱ्या (U Shaped Valley): हिमक्षेत्रातून हिमनदया वाहत असताना पर्वतातील पूर्वीच्या दऱ्यांमधून आपला मार्ग प्रस्थापित करतात. आपल्या प्रभावी क्षरण कार्यामुळे दरीच्या मूळ आकारात परिवर्तन घडवून आणतात.



आकृती ४.१ : यू आकाराच्या दऱ्या

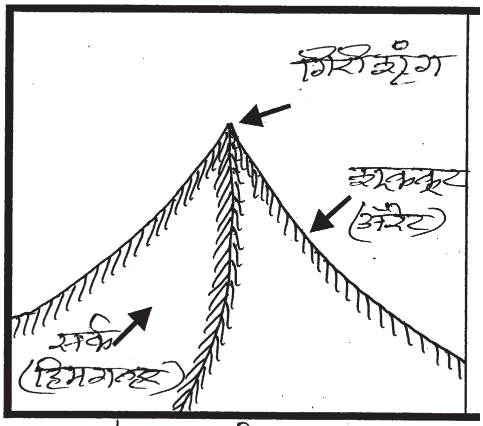
नदयांच्या दऱ्यांमधून हिमनदया वाहू लागल्यावर त्या दऱ्यांच्या पार्श्वभागाची व तळभागाची मोठया प्रमाणात झीज करतात. यामुळे पूर्वीचे अरूंद व्ही आकाराचे पात्र पसरट व खोल बनते व दरीला यू आकार प्राप्त होतो. याचे कारण म्हणजे हिमनदी एकाचवेळी अधोगामी व पार्श्वगामी क्षरण करीत असते. या दऱ्या खोल असून त्यांचा तळभाग रूंद व सपाट असतो व दऱ्यांच्या कडा तीव्र आकाराच्या असतात.

(२) लोंबत्या दऱ्या (Hanging Valley): पर्वतीय प्रदेशातील हिमक्षेत्रात पूर्वीच्या दऱ्यातून हिमनदया त्यांचा मार्ग काढतात.मुख्य/प्रमुख हिमनदीचे पात्र रूंद असते. मुख्य हिमनदीत बर्फाचे प्रमाणही जास्त असते व त्यामुळे मुख्य हिमनदीची खनन क्षमता जास्त असते. तिचे पात्र खोल असते. उपहिमनदीचे पात्र त्यामानाने अरूंद असते. उपहिमनदीत बर्फाचे प्रमाणही कमी असते त्यामुळे खननक्षमता ही कमी असते. ज्याठिकाणी मुख्य हिमनदीला उपहिमनदया येऊन मिळतात ते भाग मुख्य हिमनदीच्या तळभागापेक्षा जास्त उंचीवर असतात. त्यामुळे मुख्य हिमनदीवर उपहिमनदयांच्या दऱ्या लोंबताना दिसतात. यांनाच **लोंबत्या दऱ्या** असे म्हणतात.



आकृती ४.२ : लोंबत्या दऱ्या

(३) सर्क किंवा हिमगव्हर(Cirque): पर्वतीय प्रदेशातून हिमनदी वाहत असताना तिच्या क्षरण कार्यामुळे पर्वताच्या उतारावर अर्धवर्तुळाकार खड्डयाची निर्मिती होते. याचा आकार एखाद्या आरामखुर्चीसारखा किंवा रंगमंचासारखा असतो. हे खोलगट भाग एका बाजूने उघडे असतात. यांना सर्क असे म्हणतात. हे प्रदेश हिमाने आच्छादलेले असल्याने यांना हिमगर्त किंवा हिमसागर असेही म्हणतात. पिरनीज पर्वतातील गेव्हनी नावाचा गर्त जगात सर्वात मोठा आहे. वेगवेगळ्या देशात हे गर्त वेगवेगळ्या नावाने ओळखले जातात. स्कॅटलंडमध्ये कॉरी, जर्मनीत कारेन, वेल्समध्ये स्वीम, स्कँडेनेव्हियामध्ये कॅसेल व फ्रान्समध्ये सर्क या नावाने हिमगर्त ओळखले जातात.



आकृती ४.३ :

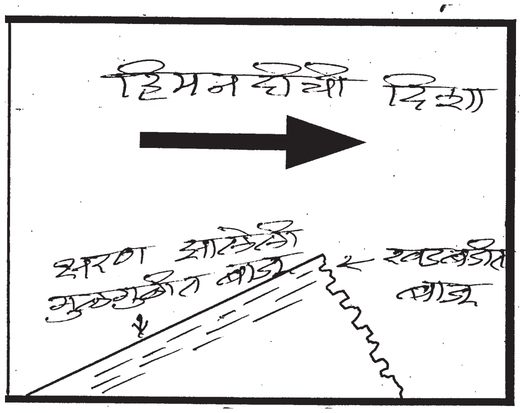
सर्क मधून हिमनदया वाहतात. सर्कमधील बर्फ वितळल्यानंतर त्या ठिकाणी खोल व विशाल आकाराचे सरोवर तयार होते त्यास (Tam Lake) असे म्हणतात.

(४) शूककूट किंवा फणीकटक (Arete or Comb Ridge): दोन विरूध्द बाजूला असलेल्या हिमगर्तांचा विस्तार डोंगराच्या शिखराकडे वाढत जाऊन शिखराचा अरूंद व लांब भाग या हिमगर्तांना परस्परांपासून विभक्त करतो. या भागाला शूककूट असे म्हणतात. या शिखराच्या कडा कंगव्याच्या दातांसारख्या दिसतात. म्हणून त्यांना फणी कटक असेही म्हणतात. हिमगर्ताचा विस्तार असाच वाढत राहिला तर कालांतराने त्या हिमगर्तामधील डोंगराचा अरूंद भाग कोसळून खाली पडतो व तिथे खिंड तयार होते त्या भागाला ग्रीवा असे म्हणतात.

(५) गिरीश्रृंग(Horn): काही पर्वत शिखरांच्या अनेक बाजूना सर्कची निर्मिती होते. हिमाच्या घर्षणामुळे या सर्व सर्कचा विस्तार पर्वताच्या शिखराकडे वाढत जातो. शेवटी अनेक सर्कच्या कडा पर्वत शिखरांजवळ परस्परांना मिळतात व पर्वताच्या शिखराचा भाग शिंगाप्रमाणे उंच व अणकुचीदार तीक्ष्ण अग्राचा दिसू लागतो. याला गिरीश्रृंग असे म्हणतात. स्वित्झर्लंडमधील आल्प्स पर्वतातील मॅटरहॉर्न गिरीश्रृंग जगप्रसिध्द आहे.

(६) दैत्यसोपान किंवा भव्य पायऱ्या(Glacial Stairways): डोंगर उतारावरून सरकणाऱ्या हिमाच्या घर्षण कार्यामुळे उतारावरील मोठमोठे शिलाखंड निखळून काढले जातात आणि उतार भागावर प्रचंड आकाराच्या पायऱ्या निर्माण होतात. त्यांनाच दैत्यसोपान असे म्हणतात. यातील प्रत्येक पायरी दुसऱ्या पायरीपासून पर्वताच्या कडयांनी वेगळी झालेली असते. अशा पायऱ्यांची उंची ३० मीटरपासून ३०० मीटरपर्यंत आढळते. हिमनदीच्या घर्षण कार्यामुळे पायऱ्याच्या पृष्ठभागावर मोठमोठे खड्डे निर्माण होतात. बर्फ वितळल्यावर या खड्डयामध्ये पाणी साचते व मोठमोठी सरोवरे होतात.

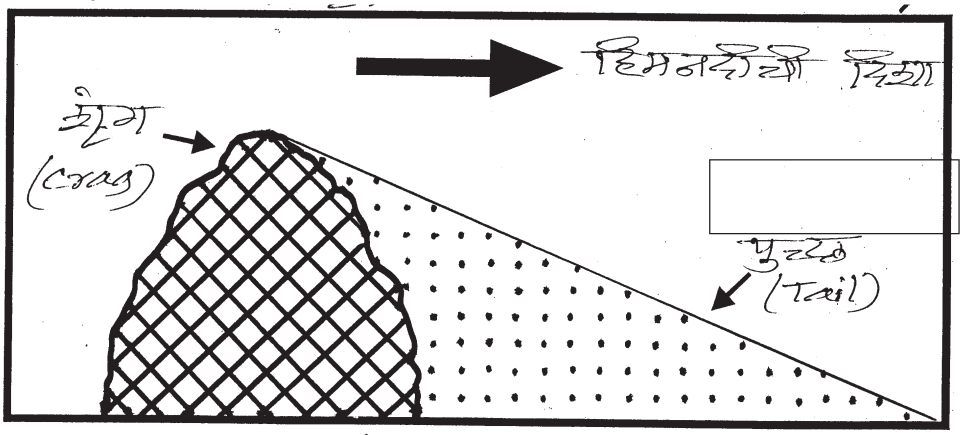
(७) मेषशीला(Roche Moutonee): हिमनदीच्या मार्गात लहान लहान टेकडया किंवा खडक यासारखा अडथळा आल्यास ती आपली दिशा न बदलता त्या अडथळयावरून वाहण्याचा प्रयत्न करते. हिमनदीच्या मार्गात टेकडीसारखा कमी उंचीचा अडथळा आल्यास त्या अडथळयाच्या ज्या भागावरुन हिमनदी वर चढते. त्या बाजूवर जास्त प्रमाणात क्षरण होऊन ती बाजू अधिक गुळगुळीत होते. विरूध्द उताराची बाजू त्यामानाने खडबडीत रहाते. अशा प्रकारे निर्माण झालेल्या टेकडया दूरवरून पाहिल्यास एखाद्या बसलेल्या मेंढयासारख्या दिसत असल्याने त्यांना मेषशीला असे म्हणतात. फ्रेंच भाषेत यांनी रोची मुतोनी असे म्हणतात. आल्प्स पर्वत, द. स्वीडन, उत्तर वेल्स, फिनलंडमधील उप पर्वत क्षेत्रात मेषशीला आढळतात.



आकृती ४.४: मेषशीला

(८) तळपात्र (Crag and Tail): हिमनदीच्या दरीच्या तळभागावर बर्फाच्या क्षरण कार्यामुळे लहान-मोठया आकाराचे खळगे निर्माण होतात. पुढे यात पाणी साचून सरोवराची निर्मिती होते. हिमनदीच्या दरीच्या तळभागावरून खडक झिजून अशा खळग्यांची निर्मिती होते. या खळग्यांनाच रॉक बेसिन्स किंवा तळपात्र असे म्हणतात. भूशास्त्रज्ञांच्या मते उत्तर अमेरिकेतील ग्रेट लेक ची निर्मिती याचप्रकारे झाली असावी.

(९) शृंग व पुच्छ (Crag adn Tail): काही वेळेस हिमनदीच्या मार्गात बेसाल्टसारखा कठीण खडक आल्यास त्याची झीज होऊ शकत नाही. अशा खडकास शृंग असे म्हणतात. परंतु या कठिण खडकाच्या प्रवाहभिमुख बाजूकडील मृदू खडकाची झीज होऊन विस्कळीत झालेला द्रव्याचा समुच्चय श्रृंगाच्या विरुध्द बाजूस प्रवाहाच्या दिशेत संचयीत होऊन मंद उताराचे लांबट भाग तयार होतात. याला पृच्छ असे म्हणतात. स्कॅटलंडमधील कॅसल रॉक ऑफ एडिन बर्ग हे याचे उत्तम उदाहरण आहे. एडिन बर्ग येथील श्रृंगावर किल्ला बांधलेला असुन किल्ल्यापर्यंत जाणारा मार्ग पुच्छावरून तयार केला



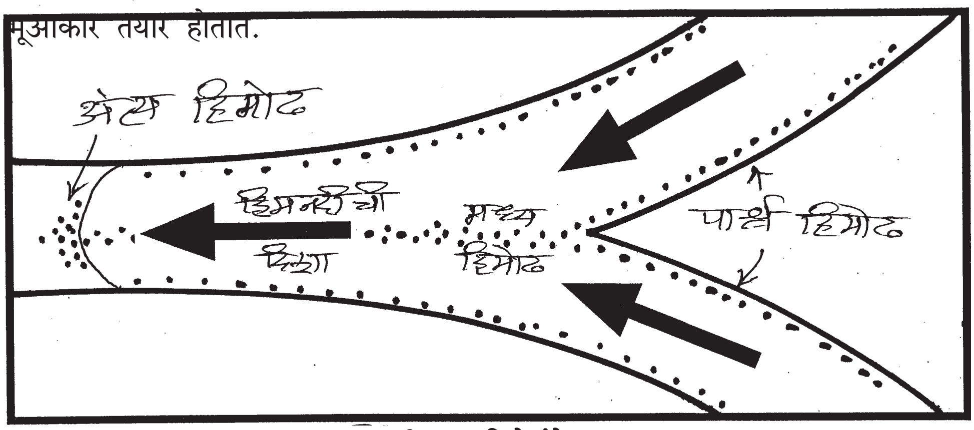
आकृती ४.५: शृंग व पुच्छ

आहे.

(१०) हिमखाडी फियॉर्ड (Fiord): हिमनदी समुद्राला मिळाली तरी देखील तिचे अपक्षय कार्य चालूच असते. हिमनदी समुद्राला मिळाल्यावर तिचे पात्र समुद्राकडील भागात उथळ परंतु जमिमीकडील भागात खोल असते. यामुळे समुद्राचे पाणी हिमनदीच्या प्रवाहातून जमिनीकडील भागात आत शिरलेले आढळते. आत शिरलेल्या या समुद्राच्या भागाला **फियॉर्ड** असे म्हणतात व तयार होणाऱ्या समुद्रकिनाऱ्याला फियॉर्ड समुद्र किनारा असे म्हणतात.

फियॉर्डच्या भिंती किंवा उतार फार तीव्र असतात. फियॉर्डच्या मुखाशी बरीचशी बेटे विखुरलेली असतात. फियॉडच्या मुखाजवळील समुद्र खोल व शांत असल्याने असे समुद्र भाग वाहतूक व मासेमारीसाठी उपयुक्त ठरतात. परंतु त्यांच्या मुखाजवळ बेटे विखुरलेली असल्याने चांगली बंदरे आढळत नाहीत. फियॉर्ड किनारे फारच दंतूर व खचलेले असतात. स्कॉटलंड, नॉर्वे, स्वीडन, अलास्का येथील किनारे या प्रकारचे आहेत.

हिमनदयांचे निक्षेप/संचयन कार्य(Depositional Work of Glacier): ज्यावेळी हिमनदीतील सर्व बर्फ वितळून जाते. त्यावेळी निक्षेपाची क्रिया घडून येते. हिमनदी आपल्या बरोबर जो गाळ वाहून आणते तो हिमनदीच्या वेगवेगळ्या भागात साचतो. यात हिमनदीच्या गाळापासून अतिशय बारीक व मृदू मातीपासून खडकांच्या मोठमोठया तुकडयांचा समावेश होतो. या हिमनदीच्या गाळापासून वेगवेगळया प्रकारचे भूआकार तयार होतात.



आकृती ४.६: हिमोढांचे प्रकार

(१) हिमोढ (Moraines) (२) हिमानी गाळाचे मैदान(टील प्लेन)(Till Plain) (३) हिमोढगिरी(ड्रमलिन)(Drumlins) (४) हिमोढ कटक(एस्कर्स)(Eskers) (५) पाहुणे खडक (Erratic Rocks) (६) कंकतगिरी(केम्स)(Kames) (७) उत्क्षालित मैदान (Out Wash Plain)

(१) हिमोढ (Moraines): हिमनदीने आपल्या बरोबर वाहून आणलेल्या विविध पदार्थाच्या गाळाच्या निक्षेपणापासून जे ढीग तयार होतात. त्यांना हिमोढ असे म्हणतात. हिमनदीच्या पात्रात जेथे गाळाचे निक्षेपण होते त्याच्या स्थितीनुसार हिमोढाचे पुढील प्रकार पडतात. आकृती मध्ये हिमोढचे प्रकार दाखवलेले आहेत.

(अ)पार्श्व हिमोढ (Lateral Moraines):हिमनदीने आपल्याबरोबर वाहून आणलेल्या गाळाचे तिच्या दरीच्या काठावर निक्षेपण होऊन गाळाचे लांबच लांब ढीग तयार होतात. यांना **पार्श्व हिमोढ** असे म्हणतात. हिमनदीची गती पात्राच्या काठावर मंद असल्याने काठावर मोठया प्रमाणात गाळाचे निक्षेपण होते. काठावर हिमोढाची मालिका तयार होते. या हिमोढाची उंची शेकडो मीटर पर्यंत असते.

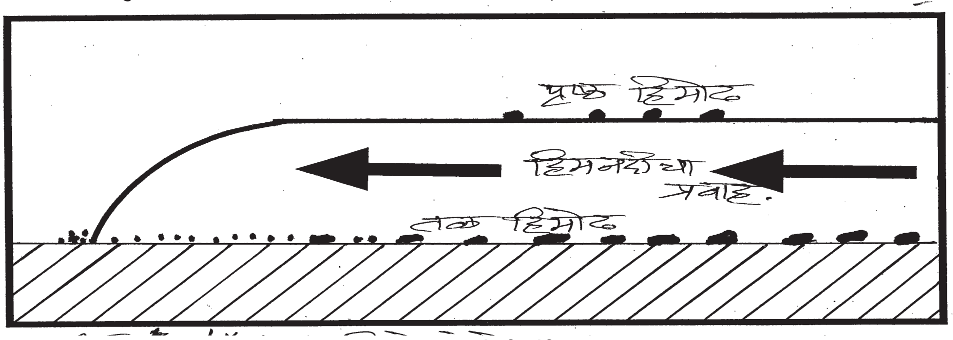
(ब)मध्य हिमोढ (Medical Moraines): ज्या ठिकाणी दोन हिमनदया एकमेकींना येऊन मिळतात. या भागात हिमनदयांचे पार्श्ववर्ती हिमोढ एकत्र येतात. पाश्ववर्ती हिमोढांचे एकत्रीकरण होऊन निर्माण होणाऱ्या द्रव्य समुच्चयास **मध्य हिमोढ** असे म्हणतात. या हिमोढाचे लांबच लांब ढीग तयार होतात. काही ठिकाणी हे हिमोढ बर्फाच्या आवरणाखाली झाकलेले असतात.

(क)पृष्ठ हिमोढ (Ablation Moraines): खडकाचे लहान मोठे तुकडे हिमनदीच्या पृष्ठभागावरून वाहतात व ते तुकडे हिमनदीतील बर्फाच्या राशीच्या पृष्ठभागावर रुतलेले असतात. बर्फाच्या पृष्ठभागावरील या समुच्चयाच्या निक्षेपाला **पृष्ठ हिमोढ** असे म्हणतात. हे हिमोढ हिमनदीच्या पृष्ठभागावरून वाहत असल्यामुळे यावर झिजेचा फारसा परिणाम होत नाही.

(ड)भूहिमोढ (Ground Moraines): हिमनदीतील बर्फात खडकाचे तुकडे व इतर पदार्थ रुतलेले असतात. बर्फ वितळल्यावर हे सर्व पदार्थ हिमनदीच्या तळभागावर संचयीत होतात. त्या संचयनाला **भूहिमोढ** असे म्हणतात. या हिमोढामध्ये अगदी बारीक कणापासून खडकांच्या मोठमोठया तुकडयांचा समावेश होतो.

(इ) अंत्य हिमोढ (Terminal Moraines): हिमनदीतील बर्फ वितळल्यावर ज्या भागात हिमनदीचा अग्रभाग स्थिरावतो त्या भागात हिमनदीने वाहून आणलेल्या गाळाचे निक्षेपण होऊन विस्तृत ढीग तयार होतात. यांनांच **अंत्य हिमोढ** असे म्हणतात. हिमनदीची गती मध्यभागी जास्त असल्याने या हिमोढच्या ढिगाला अर्धचंद्राकार प्राप्त होतो.

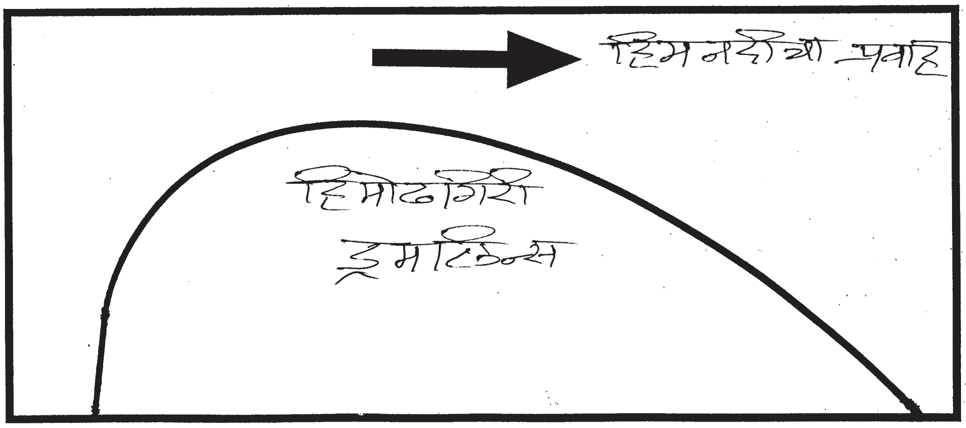
(२)हिमानी गाळाचे मैदान/टील प्लेन (Till Plain): हिमनदीचा अग्रभाग जस जसा मागे सरकू लागते. त्याबरोबर प्रत्येक वेळी हिमनदीच्या मुखाजवळ बारीक गाळाचे संचयन होऊन हिमानी गाळाचे मैदान तयार होते. या मैदानात गाळाचे असंख्य थर आढळतात. या प्रकारच्या काही मैदानाचा विस्तार हजारो चौ.कि.मी. पर्यंत असतो. मैदानाचा पृष्ठभाग ओबडधोबड व उपसखल असून त्यात हिमोढाचे थर आढळत नाहीत.



आकृती ४.७ हिमोढांचे प्रकार

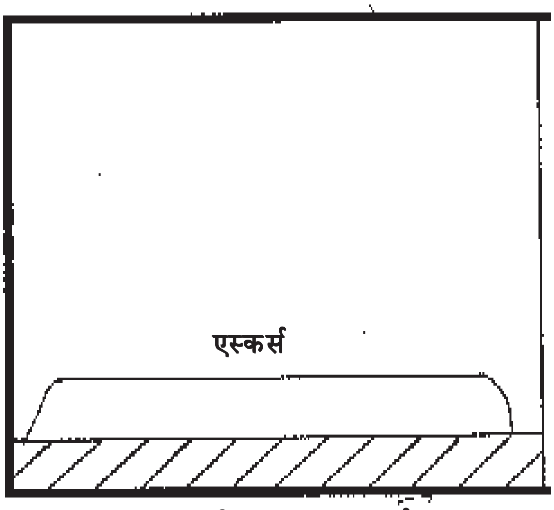
संयुक्त संस्थानाच्या पश्चिममध्य भागात हजारो चौ.कि.मी. क्षेत्रात हिमोढ पसरून हिमानी गाळाचे मैदाने तयार झालेली आहेत.

(३) हिमोढगिरी/ड्रमलिन्स (Drumlins): हिमनदीच्या संचयन कार्यामुळे निर्माण होणाऱ्या विशिष्ट आकाराच्या लहान टेकडयांना **ड्रमलिन्स** असे म्हणतात. यांचा आकार लांबीनुसार कापलेल्या अर्ध्या अंड्यासारखा किंवा उलटया बोटीसारखा दिसतो. या प्रकारच्या टेकडयांची उंची ७० ते ९० मीटरपर्यंत असते. या टेकडयांची निर्मिती ही हिमनदयांच्या काही काळ पुढे जाण्याच्या व मागे जाण्याच्या प्रवृत्तीमुळे निर्माण होते. ज्यावेळी ज्या ज्या ठिकाणी तिचा अग्रभाग स्थिरावतो त्या त्या ठिकाणी अंतिम हिमोढाची निर्मिती होते. या क्रियेत हिमनदीच्या भागात परस्परांना समांतर अशा अंतिम हिमोढच्या असंख्य रांगा तयार होतात. परंतु या निर्मितीनंतर काही कारणामुळे हीच हिमनदी परत पुढे सरकू लागते. या क्रियेत हिमनदीच्या समोर असलेल्या प्रत्येक हिमोढाच्या उतारावरील पदार्थ हिमनदीबरोबर वाहत येऊन विरुध्द उतारावर साचतात व त्यांची उलटया बोटीसारखी आकाराच्या टेकडीची निर्मिती होते. यांनाच ड्रमलिन म्हणतात. उदा.आयर्लंड, स्कॉटलंड व इंग्लंडच्या उत्तर भागामध्ये या प्रकारच्या टेकडया आढळतात.



आकृती ४.८: हिमोढगिरी / ड्रमलिन्स

(४) हिमोढ कटक/ एस्कर्स (Eskers): हिमनदीतून जलप्रवाह वाहू लागल्यावर जलप्रवाहाबरोबर हिमोढातील गाळाचे वहन होऊ लागते. जलप्रवाहाच्या मार्गात अडथळा आल्यास त्यांचा वेग मंदावून त्यांच्याबरोबर वाहत येणाऱ्या पदार्थाचे पात्रात निक्षेपण होते. निक्षेपण आकाराने व उंचीने वाढत जाऊन त्यापासून लांब



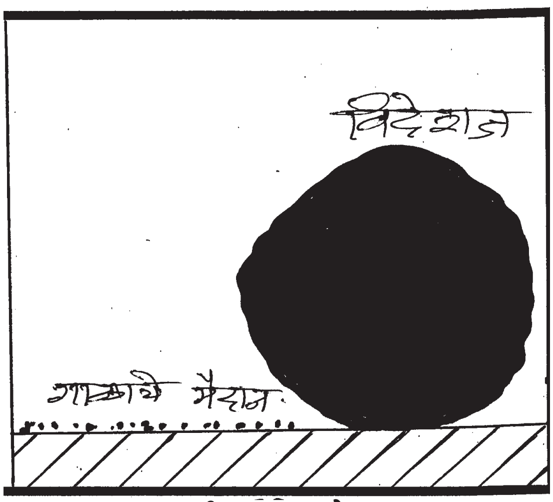
आकृती ४.९: एस्कर्स

परंतु कमी उंचीच्या अरूंद टेकडयांची निर्मिती होते. अशा टेकडयांना **एस्कर्स** असे म्हणतात. अशा टेकडयांचा विस्तार हिमनदीच्या प्रवाहाच्या दिशेला समांतर असतो. बारीक माती, रेती, खडकांचे लहान-मोठे तुकडे यापासून टेकडया निर्माण होतात. टेकडयांची लांबी २५ कि. मी. पर्यंत व उंची ९० ते ६०० मीटर असते.

बर्फाच्या आवरणाखालून वाहणाऱ्या जलप्रवाहाच्या मार्गात एखादा अडथळा झाल्यास त्यापदार्थाचे निक्षेपण नागमोडी आकारात होऊन एस्कर्सची निर्मिती होते. हिमनदीतील संपूर्ण बर्फ वितळल्यानंतर एस्कर्स दिसू लागतात. हिमनदीच्या तळावर जलप्रवाहाच्या दिशेने अनेक हिमोढ कटकाची मालिका तयार होते. त्यांना हिमोढ कटक मालिका असे म्हणतात.

आयलँडमधील आयरिश भाषेत एस्कर्स याचा अर्थ मार्ग असा होतो. स्वीडन, फिनलंड या देशात हिमोढ कटकांचा उपयोग वाहतुकीच्या मार्गासाठी करून घेतला आहे. स्वीडन, फिनलंड, स्कॉटलंडमध्ये हिमोढ कटक मोठया संख्येने आहेत.

(५) पाहुणे खडक (Erratic Rock): हिमनदी आपल्याबरोबर लहान मोठया दगड गोटयापासून ते मोठया शिलाखंडापर्यंत वस्तूमान वाहून आणते. काही शिलखंड दूरवरच्या प्रदेशातून वाहून आणले जातात. बर्फ वितळल्यावर हे मोठया आकाराचे शिलाखंड वाहून नेले जावू शकत नाही यामुळे ते पात्रात तसेच पडून राहतात. अशा मोठया शिलाखंडाना **पाहुणे खडक** असे म्हणतात.



आकृती ४.१०:प्राहुणे खडक

(६) कंकतगिरी/केम्स

(Kames):तीव्र उताराच्या परंतु लहान आकाराच्या या टेकडया असतात. हिमनदयाच्या अग्रभागावर या टेकडया निर्माण होतात. हिमनदीच्या मुखाजवळील भागात मोठमोठया भेगा पडलेल्या असतात. त्या भेगामध्ये हिमनदीबरोबर वाहत आलेला गाळ साचतो व कालांतराने या भेगा भरून येतात. संचयनाची क्रिया सतत सुरु राहिल्यास तेथे लहान लहान टेकडयांची निर्मिती होते. या टेकडयांची निर्मिती होते. या टेकडयांनाच कंकतगिरी असे म्हणतात. बर्फाचे आवरण नष्ट झाल्यावर भूपृष्ठावर या टेकडया उघडया पडतात. या टेकडयांची लांबी ३० ते ४५ मी. पर्यंत असून आकार शंखाकृती असतो.

(७) उत्कालित मैदान (Out Wash Plain): हिमनदीच्या अग्रभागापासून उगम

पावणाऱ्या जलप्रवाहाच्या निक्षेपण कार्यामुळे विस्तृत असे मैदान अंत्य हिमोढाच्या अग्रभागी तयार होते. यालाच उत्कालित मैदान असे म्हणतात.

जलप्रवाहाबरोबर अति सूक्ष्म गाळ व वाळू वाहत येऊन संचयित होते व या मैदानाची निर्मिती होते या मैदानामध्ये अधूनमधून खोल खळगे आढळतात. खळग्यात पाणी साचून सरोवरे निर्माण होतात. आईसलँडमध्ये १६ कि. मी. रुंदीचे मैदान आहे. संयुक्त संचयानातील मिशिगन व इंडियाना या राज्यात अशी उत्कालित मैदाने असून या मैदानावर सरोवरे आढळतात.

४.४ भूमीगत पाण्याचे कार्य

(क) कार्स्ट प्रदेश(Karst Topography) कार्स्ट या शब्दाची उत्पत्ती (Serbo-croat) भाषेतील क्रास्ट(Krass) या शब्दापासून झालेली आहे.

ज्या प्रदेशात चुनखडकांचे प्रमाण जास्त आढळून येते त्या भूभागाला कार्स्ट(Karst) प्रदेश म्हणतात. एड्रियाटिक सागर किनाऱ्यावर सागरी पाण्याच्या पातळीच्या २०० मी. उंचीवर सुमारे ४८० कि. मी. लांब व ८० कि. मी. रुंद असा कार्स्ट(Karst) प्रदेश आढळून येतो.

दक्षिण फ्रान्समध्ये कौसे(Causse)ग्रीस, स्पेनिस, जमैका, पश्चिम क्युबा, यु.एस्.ए., इंडियाना, टेनेसी, मध्यवर्ती फ्लोरिडा राज्य या प्रदेशामध्ये कार्स्ट भूरूपे बघायला मिळतात. भूमिगत पाण्याचे प्रभावी कार्य चुनखडीच्या प्रदेशात दिसून येते.

रासायनिक विदारणामुळे चुनखडक विखळतो. पावसाने पाणी आकाशातून खाली येताना त्यात हवेतील CO_2 वायू विरघळतो व कार्बनिक आम्लाची निर्मिती होते. हे आम्ल चुनखडकावर ($CaCO_3$) पडल्यावर चुनखडक विरघळतो व विविध भूरुपे निर्माण होतात.

४.५ भूमीगत पाण्याच्या खनन व संचयन कार्यामुळे निर्माण होणारी भूरूपे (Erosional Karst Landforms)

(१) **लॅपीज (Lapies):** विषम रचना असलेल्या खडकांच्या प्रदेशांमध्ये भूमिगत पाण्यामुळे ही क्रिया घडून येते CO_2 वायू युक्त पावसाचे पाणी खडकांच्या भेगातून झिरपते. यामुळे खडकांना असणाऱ्या भेगा रुंद होतात व वरचे टोक निमुळते होते व खडकांचा खालचा भाग मात्र एकच असतो. म्हणून या भूरुपाला लॅपीज(Lapies) असे संबोधले जाते हे उघडया खडकांवरच आढळून येतात.

(२) **विवर (Sink Hole):** चुनखडीच्या प्रदेशामध्ये भूमिगत पाण्यामुळे खडकांना बारीक बारीक छिद्र पडतात किंवा खडकांना छोटे छोटे खड्डे पडल्यासारखा आकार येतो त्यास विवर असे म्हणतात. विवरांची खोली ३ ते १० मीटरपर्यंत असते.

ही भूरुपे पाण्यामुळे घडून येतात. भूमिगत पाण्याची द्रावण क्रिया फार प्रभावी असते. त्यामुळे खडकात मोठे खड्डे तयार होतात.

(३) **युवाला (Uvala):** अनेक छोटी-छोटी विवरे एकमेकांना जोडली जातात. तेव्हा एक नवीनच भूरुप तयार होते. हे तयार झालेले भूरुप लांबच लांब दिसते म्हणून यास युवाला(Uvala) असे म्हणतात, उत्तर अमेरिकेच्या केटुंकी प्रांतात अनेक युवाला आहेत.

(४) **पोल्जे(Polje)(महाकुंड):** विवराचा खालचा भाग आणखी खाली खाली खचत जातो. एक मोठे महाकुंड तयार होते. याच महाकुंडामध्ये वाळू साचते व साचलेल्या वाळूमुळे प्रवाह लुप्त होतात. महाकुंडाच्या बाजू तीव्र उताराच्या तर तळ सपाट असतो. उदा. युरोपमधील ब्रिस्केच्या समुद्राच्या पश्चिमेस सर्वात मोठा महाकुंड आहे. भारतात पंचमढी येथे महाकुंड आहे.

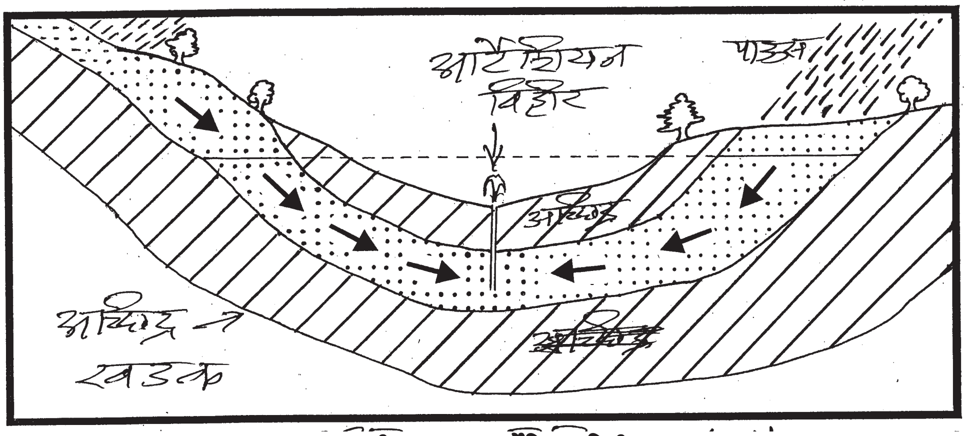
(५) **पोनार्स(Ponors):** पोनार्स म्हणजे भूमिगत जलमार्ग असतो. त्या मार्गाने पाणी एखाद्या गुहेत प्रवेश करते आणि मार्ग एखाद्या मोठया बिळासारखा असतो. म्हणून त्यास बोगदा पोनार्स (Ponors) असे म्हणतात. उदा. उत्तर अमेरिकेतील व्हर्जिनिया राज्यातील एका बोगद्याची लांबी ३० मीटर आहे.

(६) **अधोगामी ओढे(Sinking Creek):** चुनखडीच्या प्रदेशामध्ये अनेक छिद्र असतात. हा प्रदेश एखाद्या चाळणीसारखा दिसतो. या भूभागावर वाहणारी नदी जेव्हा या प्रदेशाजवळ येते तेव्हा ती लुप्त होते व तिचा प्रवाह भूपृष्ठावर दिसत नाही म्हणून या भूरुपाला अधोगामी ओढे(Sinking Creek) असे म्हणतात. उदा. अमेरिकेतील इंडियाना प्रदेशामध्ये लॉस्ट लिवर ही नदी १३ कि. मी. भूपृष्ठाच्या आतून वाहते व रेका नदीचा २१ कि. मी. प्रवाह आतून आहे.

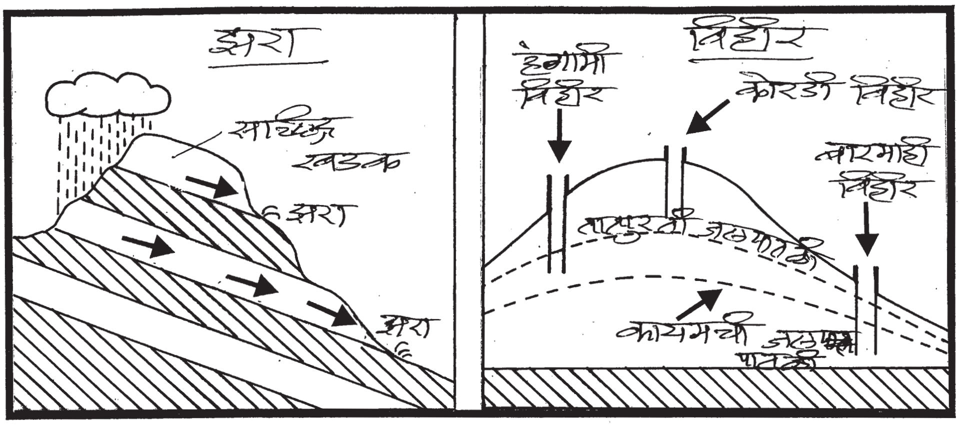
(७) **अधंदरी(Blind Valley):** भूपृष्ठावरुन वाहणारी नदी भूमिगत होते व ती पुढे कोणत्या दिशेस वाहते ते दिसत नाही. या होणाऱ्या भूरूपाला अधंदरी(Blind Valley) असे म्हणतात.

(८) **प्राकृतिक पूल(Natural Bridge):** चुनखडीच्या प्रदेशामध्ये पाण्याच्या द्रावण क्रियेमुळे पाणी भूमिगत होते व काही अंतरावर पुन्हा भूपृष्ठावर प्रगट होते. ही क्रिया ज्या भूभागामध्ये घडून येते त्या भूभागास **प्राकृतिक पूल**(Natural Bridge)असे म्हणतात.

(९) **गुहा(Caves):** भूपृष्ठावरील पाणी चुनखडीच्या प्रदेशामध्ये भूमिगत होते व त्या पाण्यामुळे आतील चुनखडकांची झीज होऊन भूभागाला गुहेसारखा आकार प्राप्त होतो. आसाममध्ये बस्तर जिल्ह्यात कोटामसार येथे असे भूरूप बघावयास मिळते. संयुक्त संस्थानच्या टेनेसी राज्यात १०० गुन्हा असुन न्यू मेक्सिकोमध्ये कार्लस बॅड ही जगप्रसिध्द गुहा आहे.



आकृती ४.११ : आर्टेशियन विहीर



आकृती ४.१२ :झरा व विहीर

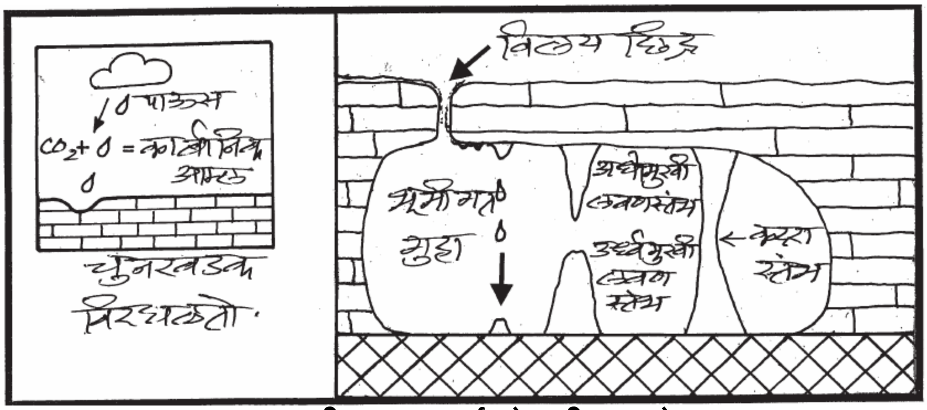
संचयन कार्यामुळे निर्माण होणारी भूरुपे

(१) **अधोमुखी लवण स्तंभ(Stalactite)**: भूमिगत पाण्यामुळे जी गुहा निर्माण होते त्या गुहेमध्ये गुहेच्या छतावरुन क्षार मिश्रीत पाणी टपकते व ज्या ठिकाणावरून पाणी टपकत राहते तेथे क्षार जमा होतात व क्षारापासून अधोमुखी स्तंभ तयार होतो.

(२) **उर्ध्वमुखी लवण स्तंभ(Stalagmite)**: अधोमुखी लवणस्तंभ तयार होत असतानाच उर्ध्वमुखी लवण स्तंभ तयार होतात पाणी जेव्हा वरच्या भागाकडून खाली ज्या ठिकाणी टपकते तेथे क्षार जमा होतात व या क्षारापासून उर्ध्वमुखी लवण स्तंभ तयार होतात.

(३) **कदरास्तंभ(Pillar)**: जेव्हा गुहेमध्ये वरील दोन्ही स्तंभ तयार होत असताना त्यांची लांबी वाढत जाते व ते एकमेकांना चिकटतात. एकमेकांना चिकटल्यावर जो स्तंभ तयार होतो त्यास कदरास्तंभ असे म्हणतात.

उदा. आंध्र प्रदेशामध्ये विशाखापट्टणमपासून ११२ कि. मी. अंतरावर अराकू दरीमध्ये अतिशय सुंदर असे लवण स्तंभ दिसून येतात. याच ठिकाणी अनंतगिरी पर्वताजवळ बोरा या टेकडीजवळ लवणस्तंभ आढळतात. या शिवाय महाराष्ट्रात वडगाव येथे लवणस्तंभ आढळतात. साधारणतः एक सें. मी. लवणस्तंभाच्या वाढीसाठी कमीत कमी १०० ते १५० वर्षाचा कालावधी लागतो.



आकृती ४.१३ कार्स्ट प्रदेशातील भूरूपे

४.६ समारोप

जमिनीवरुन वाहणाऱ्या बर्फाच्या नदीमुळे – हिमनदीमुळे तयार झालेल्या विविध भूरूपांचा अभ्यास या प्रकरणात आपण केला. हा अभ्यास आकृत्यांच्या सहाय्याने केला तर चटकन लक्षात रहाते व संकल्पना पक्की होते.

पावसाचे पाणी जमिनीत झिरपते. त्याला भूमीगत पाणी असे संबोधले जाते. चुनखडीच्या प्रदेशअत भूमीगत पाण्याच्या खनन व संचयन कार्यामुळे विविध भूरुपे तयार होतात. त्यांची माहिती आपल्याला या प्रकरणात मिळाली.

४.७ प्रश्न

प्रश्न १ खालील प्रश्नांची उत्तरे द्या.

१) हिमनदीने तयार केलेल्या खननाच्या भूरूपांचे वर्णन करा.

२) सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने हिमनदीने तयार केलेल्या संचयनाच्या भूरूपांचे वर्णन करा.

३) भूमीगत पाण्याच्या खनन व संचयन कार्यामुळे तयार होणाऱ्या विविध भूरूपांचे स्पष्टीकरण द्या.

प्रश्न २ टीपा द्या.

१) 'U' आकाराची दरी व लोंबती दरी
२) सर्क व गिरीशृंग
३) मेषशीला
४) हिमोढांचे प्रकार
५) ड्रमलिन, एस्कर्स
६) लवणस्तंभ
७) भूमीगत गुहा

❖❖❖❖

५

वाऱ्याचे व सागरी लाटांचे कार्य

घटक संरचना :

५.० उद्दिष्टे
५.१ प्रस्तावना
५.२ वाऱ्याचे कार्य
५.३ वाऱ्याच्या कार्यामुळे तयार झालेली भूरूपे
५.४ सागरी लाटांचे कार्य
५.५ सागरी लाटांच्या कार्यामुळे तयार झालेली भूरूपे
५.६ समारोप
५.७ प्रश्न

५.० उद्दिष्टे

→ वाऱ्यामुळे होणाऱ्या खनन, वहन व संचयानाचे स्वरूप समजून घेणे.

→ वाऱ्याच्या खनन व संचयन कार्यामुळे तयार झालेल्या विविध भूरुपांचा अभ्यास करणे.

→ सागरी लाटांमुळे होणाऱ्या खनन, वहन व संचयनाचे स्वरूप समजून घेणे

→ सागरी लाटांच्या खनन व संचयन कार्यामुळे तयार झालेल्या विविध भूरुपांचा अभ्यास करणे.

५.० प्रस्तावना

वाऱ्याचे कार्य : वाळवंटी प्रदेशात वाऱ्याचे कार्य प्रभावी स्वरूपाचे असते. वाळवंटी प्रदेशात वार्षिक बाष्पीभवनाचा वेग वार्षिक पर्जन्यापेक्षा अनेक पटीने जास्त असतो. त्यामुळे येथील हवा ही कोरडी असते. कोरडया हवेत खडकांची प्रामुख्याने कायिक विदारण प्रक्रिया घडून येते. वाळवंटी प्रदेशात पाण्याच्या अभावाने वनस्पती जवळजवळ नसतात. वनस्पतीच्या अभावाने वाऱ्याची लहानशी झुळूकसुध्दा माती व रेतीला वाहून नेते. भूपृष्ठात बदल घडविणाऱ्या बाह्यशक्तिच्या कारकांमध्ये वारा हा सुध्दा हा महत्त्वाचा कारक आहे. उष्ण वाळवंटी प्रदेशात वाऱ्याकडून भूपृष्ठाची झीज होत असते.वाऱ्याचे कार्य प्रामुख्याने ओसाड वाळवंटी प्रदेशातच आढळते. जगाचा सुमारे ३०% भूभाग ओसाड वाळवंटी प्रदेशाने व्यापलेला आहे. उष्ण कटिबंधातील विषुववृत्ताच्या उत्तरेस व दक्षिणेस २० व ३० अक्षवृत्ताच्या दरम्यान असे उष्ण ओसाड प्रदेश आहेत. आफ्रिकेच्या वायव्य भागातील मोरोक्कोपासून भारताच्या वायव्ये पर्यंत जगातील सर्वात मोठा वाळवंटी पट्टा पसरला आहे. या पट्ट्यात सहारा वाळवंटे समशितोष्ण कटिबंधात आहेत. ज्या ठिकाणी

वार्षिक सरासरी २० से.मी. पेक्षा कमी पाऊस पडतो तो प्रदेश ओसाड वाळवंटी व जेथे वार्षिक सरासरी २० ते ४० से.मी. इतका पाऊस पडतो. तो प्रदेश निमओसाड वाळवंटी म्हणून ओळखला जातो. अनेक खंडाच्या पश्चिम भागात जगातील प्रमुख वाळवंटे पसरलेली आढळतात.

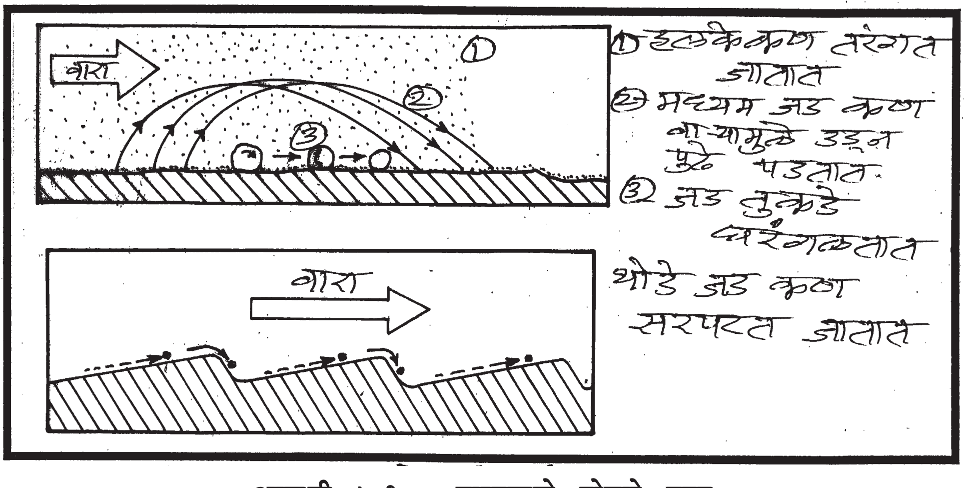
रूक्ष ओसाड प्रदेशात अत्याधिक तापमान असते. अत्याधिक तापमानामुळे दिवसा खडक प्रसरण पावतात व रात्री तापमान कमी झाल्याने ते आकुंचन पावतात. प्रसरणाच्या व आकुंचनाच्या क्रियेमुळे खडकाची तूटफूट होऊन कालांतराने त्याचे बारीक मातीत व रेतीत रुपांतर होते. या रेतीच्या सहाय्याने वारा आपले कार्य करतो. वारा प्रामुख्याने खनन, वहन व भरण असे तीन प्रकारचे कार्य करतो.

५.२ वाऱ्याचे कार्य

वाऱ्याचे खनन (अपक्षय) कार्यः वाऱ्यापासुन होणारे खनन कार्य प्रामुख्याने यांत्रिक स्वरूपाचे असते. वाळवंटातून वारा वाहत असताना त्याच्या बरोबर धुळीचे कण व वाळूचे लहानमोठे तुकडे सुध्दा असतात. या पदार्थाच्या सहाय्याने वारा खननाने कार्य करतो. पण वाऱ्याचे हे खनन कार्य सर्वत्र सारखे नसते. कारण वाऱ्याचे खनन कार्य पुढील दोन गोष्टीवर अवलंबून असते.

(१) **वाऱ्याचा वेगः** वाऱ्याच्या गतीवर वाऱ्याबरोबर वाहत जाणाऱ्या पदार्थांचे प्रमाण अवलंबून असते. वेगाने वाहणाऱ्या वाऱ्याबरोबर निरनिराळे पदार्थ एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी वाहून नेले जातात. त्यामुळे खननाची क्रिया मोठया प्रमाणात होते. याउलट वारा मंदगतीने वाहत असल्यास खननाचे कार्य कमी प्रमाणात होते.

(२) **वाऱ्याबरोबर वाहत जाणाऱ्या पदार्थाचे स्वरूपः** वाऱ्याबरोबर वाहत जाणारे पदार्थ जड व अणकुचीदार असतील तर त्या पदार्थाच्या आघातामुळे भूपृष्ठाची मोठया प्रमाणावर झीज होते. अर्थात ही गोष्ट देखील वाऱ्याच्या गतीवरच अवलंबून असते. त्यामुळे दोन्ही गोष्टी एकाच वेळी कार्य करीत असतील तर वाऱ्याच्या घर्षण कार्याला मदत होते.

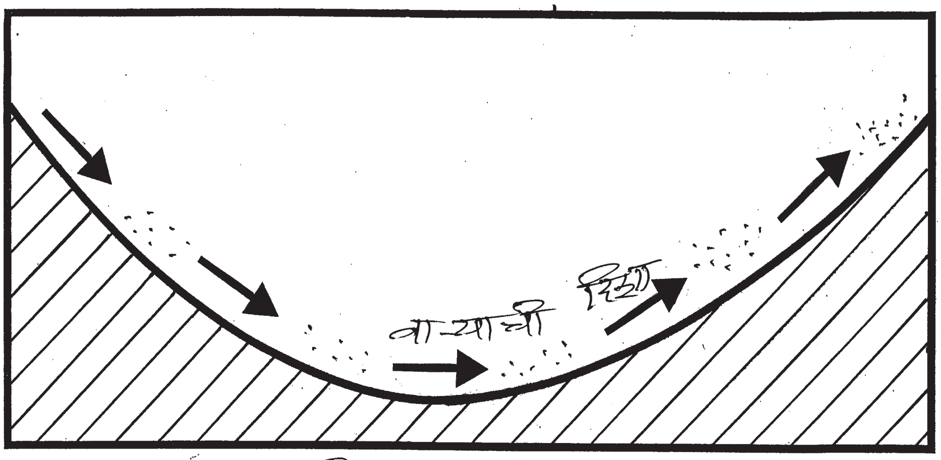


आकृती ५.१ : वाऱ्यामुळे होणारे वहन

५.३ वाऱ्याच्या कार्यामुळे तयार झालेली भूरूपे

रूक्ष प्रदेशातील वाऱ्याच्या खनन(अपक्षय) कार्यामुळे निर्माण होणारी भूमीस्वरूपे वारा वाहत असताना वाऱ्याबरोबर खडकांचे तुकडे, रेती, माती इत्यादी पदार्थ वाहत जातात. त्यामुळे भूपृष्ठाची झीज होऊन त्यापासून पुढील भूमीस्वरूपे निर्माण होतात.

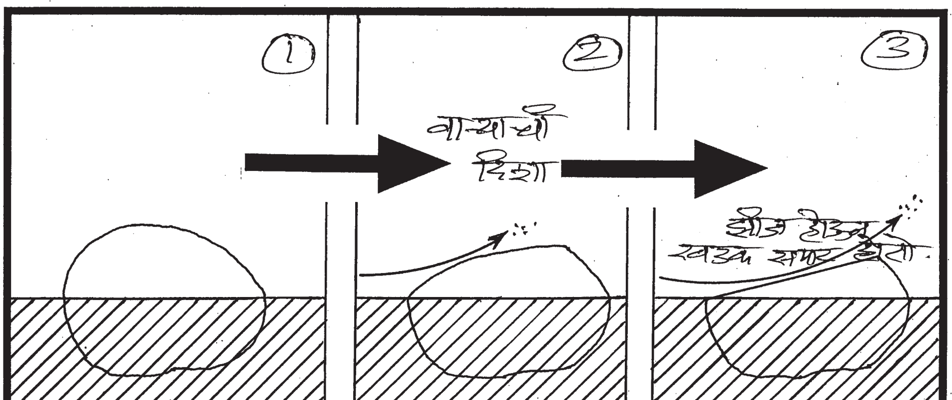
(१) **गर्त किंवा खळगे (Blowout or Deflated Hollows):** वाळवंटात दिवसा तापमान खूप असते. त्यामुळे दिवसा तेथील खडक प्रसरण पावतात. रात्री वाळवंटात तापमान कमी असते. त्यामुळे खडक आकुंचन पावतात. प्रसरणाच्या व आकुंचनाच्या क्रियेमुळे खडकांची तुटफूट होते. खडकांचे तुकडे वाऱ्याबरोबर दूर वाहून नेले जातात. त्यामुळे वाळवंटात खळगे तयार होतात. यांनाच गर्त म्हणतात.



आकृती ५.२ : गर्त किंवा खळगे

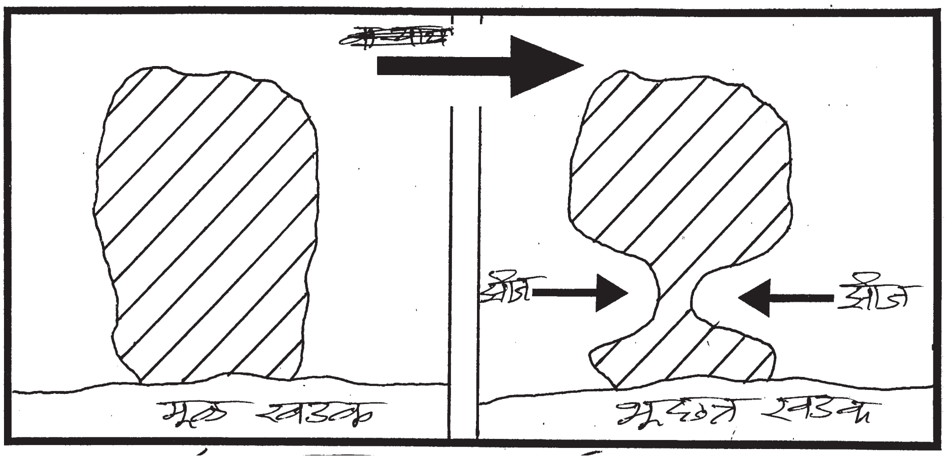
(२) **वातघृष्ट (Ventifact):** वाळवंटात वाऱ्याच्या वाहत येणाऱ्या वाळू व खडकांच्या कणांच्या घर्षणामुळे खडकांच्या (दगडगोटयांची)तुकडयांची झीज होवून त्यांचे पृष्ठभाग गुळगुळीत होतात. या खडकाच्या तुकडयांना वातघृष्ट(Ventifact) असे म्हणतात. यांना कोणताच आकार नसतो.

कधी कधी वाळवंटात वारा चोहो बाजूंनी वाहत असेल तर अशावेळी खडकांच्या तुकडयांचे तिन्ही भाग झिजून त्यांना त्रिकोणासारखा आकार प्राप्त होतो. त्यांना **त्र्यनिक** (Dreikanters) असे म्हणतात. उदा. सहारा वाळवंटात याप्रकारे पुष्कळ त्रिकोणी खडक आढळतात.



आकृती ५.३ : वातघृष्टची निर्मिती टप्पे

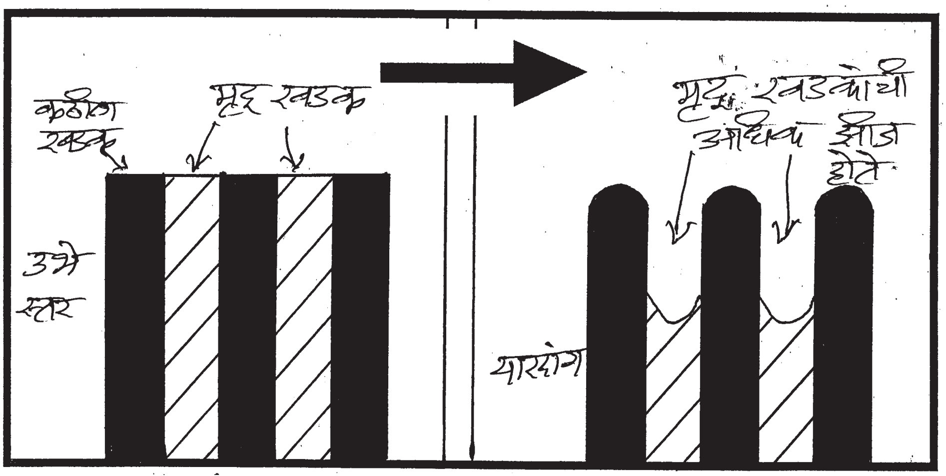
(३) **भूछत्र खडक (Mushroom Rock):** वाळवंटातील खडकावर चोहोबाजूंनी वारा वाहत येऊन खडकांची झीज करतो. तेव्हा भूछत्र खडकांची निर्मिती होते. वाळवंटातील असणारे उंचवटे किंवा खडक यांच्यातील थरात वरचे थर कठीण व खालचे थर मृदु प्रकारचे असतील तर खालच्या थरात झीज होऊन खडकांना (आळंबी) सारखा आकार प्राप्त होतो. यांनाच **भूछत्र खडक** म्हणतात.



आकृती ५.४ भूछत्र खडक

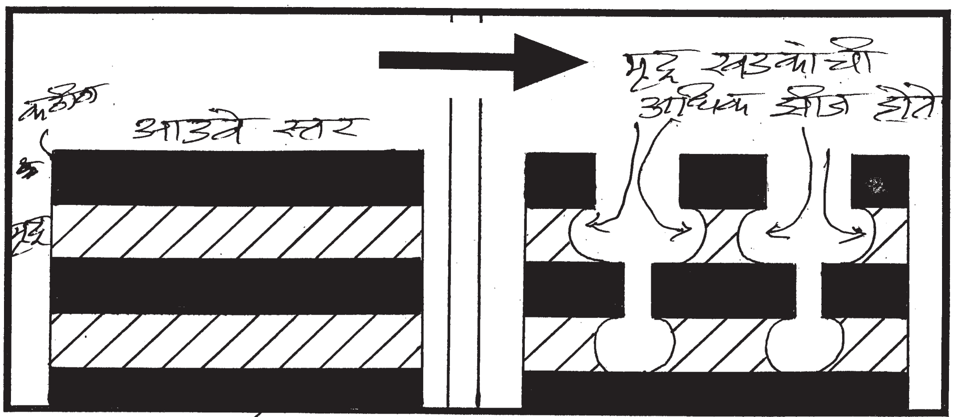
वाळवंटात अशा खडकावर खनन क्रिया सतत चालू राहिल्यास खडकाच्या तळाजवळील भाग बारीक होतो व वरचा भाग कमी झिजून छत्रीचा आकार प्राप्त होतो. अशा प्रकारच्या भूआकाराला भूछत्र खडक म्हणतात. बहुतेक वाळवंटात हा प्रकार आढळतो.

(४) **यारदांग(Yardang):** वाळवंटात कठीण व मृदू खडकांचे थर भूपृष्ठाला लंबरूप(उभे) असतील तर वाऱ्याच्या खनन कार्यामुळे मृदू खडकांची कठीण खडकांपेक्षा अधिक झीज होते व यारदांग या भूरूपाची निर्मिती होते.



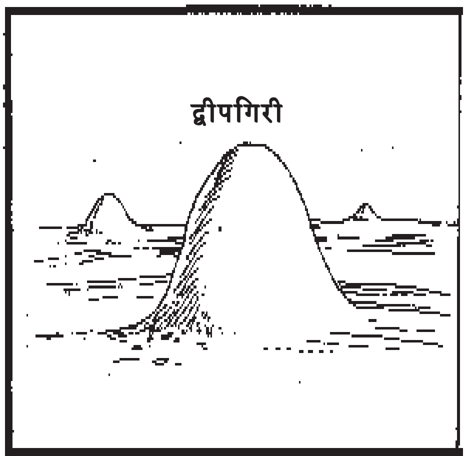
आकृती ५.५ यारदांग

(३) **झ्युजेन(Zeugen)**: वाळवंटी भागात एखाद्या ठिकाणी कठीण खडक व मृदू खडकाचे थर भूपृष्ठाला समांतर व एकमेकांवर असतात. जर कठीण खडकाचा थर मृदू खडकावर असेल तर मृदु खडकांची झीज खनन क्रियेमुळे होऊन झ्युजेन भूरुपाची निर्मिती होते.



आकृती ५.६ : झ्युजेन

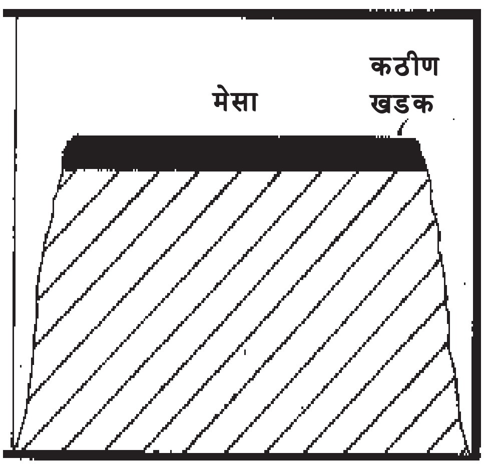
(५) **द्वीपगिरी(Inselberg)**: इन्सेलबर्ग हा जर्मन भाषेतील शब्द असून याचा अर्थ पर्वत, द्वीप, द्विपीय पर्वत असा होतो. वाळवंटात ग्रॅनाइट व निससारख्या खडकांची झीज होऊन त्याचे माथे गोलाकार होतात व उतार तीव्र असतो. वाळवंटी प्रदेशातील वाऱ्याच्या खनन क्रियेत मृदू खडकाचे खनन लवकर होते. परंतु कठीण खडक एका अविशिष्ट टेकडीप्रमाणे दिसतात. यांनाच वातनिर्मित **द्विपगिरी** म्हणतात.



आकृती ५.७

वाळवंटात पडणारा थोडा पाऊस व वारा यांच्या संयुक्त क्रियेने असे उंचवटे तयार होतात. अशी भूरुपे कलहारी वाळवंट, नायजेरिया, युगांडा व ऑस्ट्रेलियन वाळवंटात आढळतात.

(६) **मेसा(Mesa)**: मेसा हा स्पॅनिश शब्द आहे. याचा अर्थ टेबल असा होतो. वाळवंटाच्या काही भागांत कठीण मऊ खडकांचे आडवे थर असतात. अशा भागात घळया निर्माण झालेल्या असतात. वाऱ्याच्या घर्षण कार्यामुळे अशा भागातील वरील कठीण खडकांची झीज होत नाही. पण अशा भागाच्या आजूबाजूस घळया निर्माण



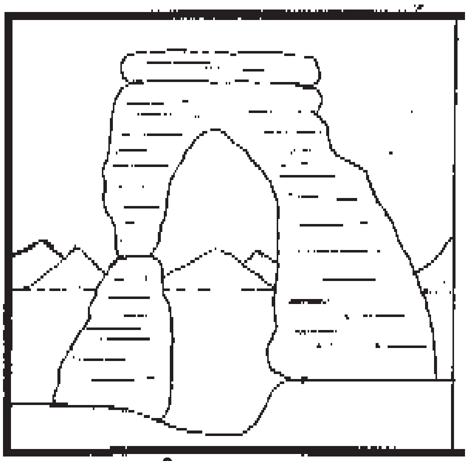
आकृती ५.८

झालेल्या असल्याने त्यांची वाऱ्यांच्या घर्षण कार्याने झीज होते. हा भाग चौकोनी टेबलसारखा दिसतो. यालाच **मेसा (Mesa)** म्हणतात. मेसाच्या बाजू तीव्र उताराच्या असतात.

(७) **मृत्तिका स्तंभ(Earth Pillar) (भूस्तंभ):** वाळवंटात जेथे मऊ खडकावर कठीण खडकाचा भाग असतो, तेथे वाऱ्याच्या खनन कार्यामुळे मऊ खडकाची झीज होऊन त्यास खांबाचा आकार प्राप्त होतो. कालांतराने या खांबाच्या शिरोभागी असलेल्या खडकाची झीज होऊन त्यास साधारण गोल आकार प्राप्त होतो. हा कठीण खडकाचा भाग माणसाच्या डोक्यला फेटा बांधल्याप्रमाणे दिसतो. या खांबाची उंची १० मीटर्स पर्यंत असते. यांनाच **मृत्तिका** स्तंभ किंवा **भूस्तंभ** म्हणतात. फ्रान्सच्या शुष्क प्रदेशात असे मृत्तिका स्तंभ आढळतात.

(८) **नक्षीदार दगड(Stone Lettice):** वाऱ्यात असणारे वाळूचे कण खडकावरून घासतात व खडकावर एक प्रकारची नक्षी तयार होते. म्हणून त्यास (Stone Lettice) म्हणतात.

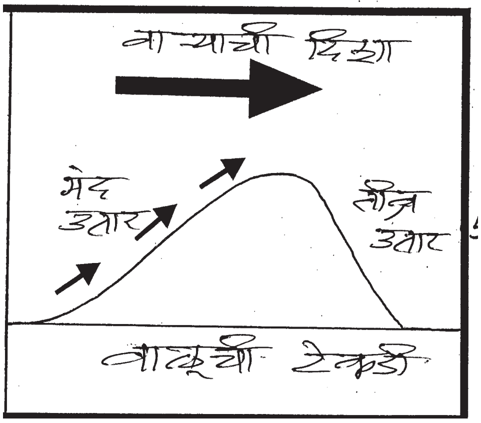
(९) **खडक गवाक्ष(Rock Window):** व खडक सेतू(Rock Bridge): वाऱ्याच्या मार्गातील उंचवटे, खडक वा मृदास्तंभात खोलगट भाग निर्माण होतात. कालांतराने त्याचे आरपार छिद्रात रूपांतर होते. त्यास खडक गवाक्ष म्हणतात. अशा खडकांचे वा उंचवटयांचे तळाच्या बाजूने छिद्र मोठे झाल्यास वरचा भाग कमानीसारखा बनतो. ही कमान पुलासारखी दिसते. त्याला खडक सेतू म्हणतात. या सेतूखालून रस्ताही तयार केला जातो. उदा. अमेरिकेतील उटाह राज्यातील रेनब्रो ब्रिज अशाच प्रकारचा आहे. अलबामा भागात असे पूल आहेत.



आकृती ५.९ : खडक गवाक्ष

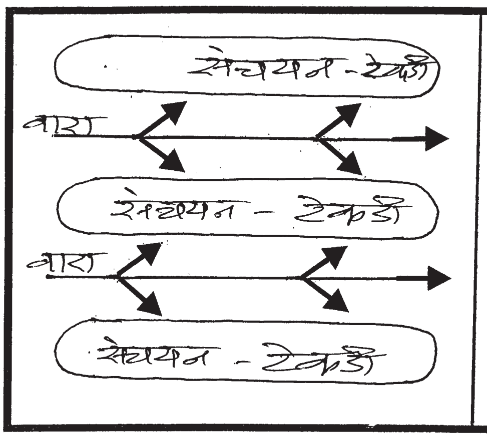
रूक्ष प्रदेशातील वाऱ्याच्या संचयन कार्यामुळे निर्माण होणारी भूमीस्वरुपे घर्षण कार्यामुळे भूपृष्ठाची झीज होऊन निर्माण झालेले सूक्ष्म कण दगडाचे तुकडे वारा एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी वाहून नेतो. ज्या ठिकाणी वाऱ्याचा वेग मंदावतो किंवा वाऱ्याच्या मार्गात झुडुपे किंवा अन्य अडथळा आल्यास त्या ठिकाणी पदार्थाचे संचयन होते. अशा संचयनामुळे पुढील भूमीस्वरूपे निर्माण होतात.

(१) **वालुकागिरी किंवा वाळूच्या टेकडया(Sand Dunes):** वाळवंटातून वेगाने वाहणाऱ्या वाऱ्याबरोबर वाळू एका ठिकाणाहून दुसऱ्या ठिकाणी वाहून नेली जाते. या वाऱ्याच्या मार्गात झुडुपे किंवा खडकांचे उंच भाग आडवे आल्यास त्या ठिकाणी वाऱ्याबरोबर वाहत जाणाऱ्या वाळूचे संचयन होऊ लागते. या प्रकारे वाळूचे संचयन होऊन तेथे वाळूंच्या टेकडयांची निर्मिती होते. यांनाच वालुकगिरी किंवा वाळूचे स्तूप म्हणतात.



आकृती ५.१०

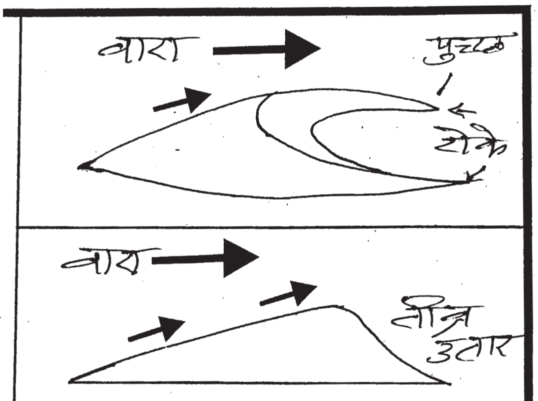
(२) **लंबाकृती किंवा पवनानुवर्ती वाळूच्या टेकडया (Longitudinal or Seif Dunes):** या टेकडया वाऱ्याच्या दिशेस समांतर लांब व अरूंद अशा निर्माण होतात. वाळवंटात जास्त वेगाने वाहणाऱ्या वाऱ्यामुळे यांची निर्मिती होते. या टेकडयांना सैफ डयुन (Seif dunes) असेही म्हणतात. यांची उंची सुमारे १००मी. तर लांबी ८० कि.मी. पर्यंत आढळून येते. उदा. राजस्थानात शहागडच्या पश्चिमेस तसेच सहारा वाळवंटात या टेकडया आढळतात.



आकृती ५.११ पवनानुवती वाळूच्या टेकडया

(३) **बारखण(Barkhan):** चंद्राकृती वाळूच्या टेकडया(Barkhan) वाऱ्याच्या दिशेशी काटकोनात अशी यांची वाढ होते. या टेकडया मध्यभागी फुगीर बहिर्वक्र व एका बाजूस अंतर्वक्र उताराच्या असून दोन्ही टोकांना निमुळत्या होत गेलेल्या असतात. यांच्या टोकांना पुच्छ(Horns) असे म्हणतात.

या टेकडयांची वाऱ्याकडील बाजू मंद उताराची व विरूध्द बाजू शिघ्र उताराची असते.वारा मंद असून बारीक वाळूचा सतत व पुष्कळ पुरवठा होत असेल तर या अर्धचंद्राकृती टेकडया तयार होतात. यांना (Sickle shaped sand dunes) असेही म्हणतात. तुर्कस्थानात अशा अर्धचंद्राकृती टेकडया पुष्कळ आढळतात. तेथे त्यांना बारखण असे म्हणतात. बारखण वाऱ्याच्या दिशेने एकाला एक



आकृती ५.१२ बारखण

लागून साखळी सारखे तयार झालेले असतात. कधी कधी या प्रकारच्या दोन किंवा अधिक टेकडया एकमेकांना मिळतात. त्यामुळे मध्यभागात टेकडयांची उंची एकदम वाढते यावेळी पुरवठा कमी झाला व वाऱ्याचा वेग वाढला तर या टेकडयांच्या उतारावर खोलगट भाग तयार होतात यांना (Blow out)असे म्हणतात. अशा प्रकारच्या बारखणाची उंची ३० मी. पेक्षा जास्त असते. वाळूचा सतत पुरवठा होत असेल तर बारखण आपल्या मूळ जागेतून पुढेपुढे सरकतात. त्यामुळे कधीकधी हिरवळीच्या जागा नष्ट होतात. बारखण कधी कधी एकमेकांपासून वेगळे तर कधी समूहात आढळतात. उदा. राजस्थानातील बारमेर परिसरात तसेच इराण, सहाराच्या वाळवंटी प्रदेशात बारखण आढळतात. त्यांची उंची २२० ते ३०० मी. लांबी ६ कि. मी. पर्यंत आढळते.

(४) **उर्मी चिन्हे (Ripple Marks)ः** वाऱ्याबरोबर वाहत येणाऱ्या माती व बारीक वाळूच्या संचयनाने अशी चिन्हे निर्माण होतात. अनेक वेळा माती व बारीक वाळूचे कमी अधिक प्रमाणात संचयन होते. या संचयनाचे दृश्य पाण्याच्या पृष्ठभागावरील जलतरंगाप्रमाणे असते. या संचयनाची उंची १/२ सें. मी. पर्यंत असते, यांनाच उर्मी चिन्हे म्हणतात. ही चिन्हे अस्थायी स्वरूपाची असतात. वेगाने वाहणाऱ्या वाऱ्यामुळे ही चिन्हे नाहिशी होतात.

(५) **लोएस(Loess)ः** वाऱ्याबरोबर वाहत येणाऱ्या अतिसुक्ष्म कणांनी वाऱ्याचा वेग कमी होतो आणि अतिसुक्ष्म कणांचे तेथे संचयन झाल्यावर कालांतराने या संचयनापासून मैदानांची निर्मिती होते. या मैदांनाना लोएस मैदाने असे म्हणतात. लोएस म्हणजे मऊ पिवळसर अत्यंत बारिक माती. लोएसचे कण ०.०२ मी. मी. पेक्षा कमी व्यासाचे असतात. ते सच्छिद्र असून पाणी धरून ठेवण्याचा त्यांचा गुणधर्म असतो. लोएस मातीच्या संचयनाची जाडी १५ ते ३० मी. पर्यंत आढळते.

चीनच्या उत्तर भागात होयाँगहो खोऱ्यात व शान्सी प्रांतात जगातील मोठा लोएस प्रदेश आहेत. याचे क्षेत्र सुमारे ६ लाख चौ. कि. मी. असून याची जाडी १०० मी ते १०००मी. पर्यंत आहे. तसेच अमेरिकेतील मिसिसीपी, मिसूरी खोऱ्यात, मध्य बेल्जियम, ईशान्य व पूर्व फ्रान्स इ. ठिकाणी लोएसचे प्रदेश आढळतात. मातीतील ॲल्युमिनिअम, सिलिका, अभ्रक, क्वार्टझ, फेल्डस्पार इ. घटक असतात. त्यामुळे अशा भागात लोकवस्ती दाट आढळते.

(६) **वायुजन्य पठारेः** वाळवंटातून वाऱ्याबरोबर वाहत जाणाऱ्या सूक्ष्म मातीच्या कणांचे एखाद्या भागात हजारो वर्षे संचयन होऊन काही वेळा पठारे निर्माण होतात. यांनाच वायूजन्य पठारे किंवा लोएस पठारे म्हणतात. उत्तर चीनमधील होयाँगहोच्या खोऱ्यातील लोएस पठार व पाकिस्तानातील पोटवारचे पठार ही पठारे अशाच प्रकारे तयार झालेली आहेत.

५.४ सागरी लाटांचे कार्य

सागरी लाटाः पृथ्वीचा सुमारे ७१% भाग जलाशयाने व्यापलेला आहे. सागर देखील एक कारक असुन त्याचे कार्य सागरी किनाऱ्यापर्यंत मर्यादित असते. भरती–

ओहोटी, समुद्रप्रवाह यांच्यामार्फत सागराचे अपरक्षण कार्य होते तर सागरी लाटाचे कार्य नदी, हिमनदी, वारा यांच्या कार्यापेक्षाही अधिक प्रभावी असते.

भूमी आणि समुद्र ज्या भागात एकमेकांना येऊन मिळतात. त्या भागास समुद्रकिनारा म्हणतात.(The term coast is conventiently used to indicate the zone of contact between land and sea) या शब्दात एफ्. जे मॉकाउसने समुद्रकिनाऱ्याची व्याख्या केली.

समुद्रकिनाऱ्यावरील लाटाचे कार्य : समुद्रकिनाऱ्याच्या स्वरूपात परिवर्तन घडवून आणण्याच्या कार्यात लाटाचे कार्य महत्त्वाचे असते. समुद्रकिनाऱ्यावर पडणारा लाटांचा प्रभाव हा लाटांच्या शक्तिवर अवलंबून असतो. समुद्रकिनाऱ्यावर लाटा जितक्या वेगाने आदळतात तितक्याच जास्त प्रमाणात समुद्रकिनाऱ्याच्या स्वरूपात परिवर्तन घडून येते. लाटांच्या कार्यावर खालील बाबीचा प्रभाव पडतो.

(१) **किनाऱ्यावरील खडकांची रचनाः** किनाऱ्यावरील खडक जर मृदू असतील तर लाटांच्या आघातामुळे किनाऱ्याचे क्षरण वेगाने घडून येते. कठीण खडकांपासून बनलेल्या किनाऱ्यावर या प्रकारची क्रिया मंद गतीने होते.

(२) **किनाऱ्यावरील खडकांच्या थरांचा क्रमः** खडकांचे थर जर उभे असतील तर लाटांचे कार्य मंद गतीने घडून येते. जर खडकांचे थर आडवे असतील तर लाटाचे कार्य जलदगतीने होते.

(३) **खडकांच्या थरांची कलण्याची दिशाः** खडकांचे थर परस्परांना समांतर व आडवे असतील आणि ते समुद्राकडे कललेले असतील तर अशावेळी किनाऱ्यावर लाटाच्या आघातामुळे क्षरणाची क्रिया जलद गतीने घडून येते. याउलट खडकांचे थर विरूध्द बाजूला झुकले असतील तर क्षरणाची क्रिया मंद गतीने घडून येते.

(४) **लाटांचा वेग व दिशाः** क्षरणाचे कार्य, लाटांचा वेग व दिशा या वर अवलंबून असते. जर लाटांचा वेग जास्त असेल व त्या किनाऱ्यावर लाटा जर सरळ दिशेने आघात करत असतील तर अशावेळी किनाऱ्याचे मोठया प्रमाणात क्षरण होते. याउलट लाटा कमी वेगाने व तिरप्या दिशेने किनाऱ्यावर आघात करत असतील तर किनाऱ्यावरील खडकांचे क्षरण कमी प्रमाणात होते.

(५) **लाटाबरोबर वाहून येणारे पदार्थः** लाटांबरोबर वाहत येणारे पदार्थ जर जास्त असतील व ते पदार्थ ओबडधोबड असतील तर लाटांकडून किनाऱ्यावरील क्षरण कार्य फार मोठया प्रमाणात घडून येते. याउलट लाटाबरोबर वाहत येणारे पदार्थ जर कमी असतील व ते पदार्थ ओबडधोबड नसतील तर लाटांकडून किनाऱ्यावरील क्षरणकार्य कमी प्रमाणात घडून येते.

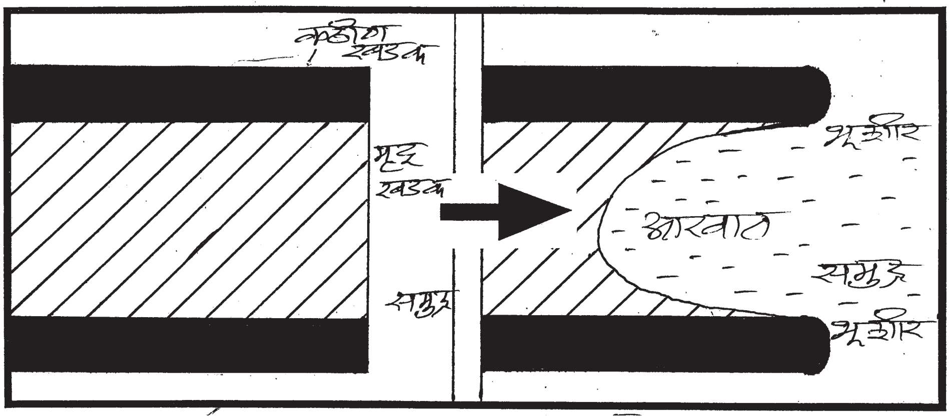
सागरी लाटांचे क्षरण कार्य : समुद्रकिनाऱ्यावर फुटणाऱ्या लाटामुळे क्षरणकार्य घडते. समुद्रकिनाऱ्यावर आपटणाऱ्या लाटा या फार शक्तीशाली असतात. या प्रचंड शक्तीच्या लाटामुळे समुद्रकिनाऱ्यावरील भागात खडक झिजतात व त्याचे तुकडे होतात. त्यातुन

निरनिराळे भूआकार निर्माण होतात.

५.५ सागरी लाटांच्या कार्यामुळे तयार झालेली भूरूपे

समुद्र लाटांच्या क्षरणकार्यामुळे निर्माण होणारे भूआकार/भूविशेष : समुद्र लाटांच्या क्षरणकार्यामुळे खालील भूआकार निर्माण होतात.(१) आखात व भूशिर (२) अर्धवर्तुळाकार खळगे(कोव्हेज) (३) समुद्र कडा (४) सागरी गुहा (५) समुद्रतटीय कमानी व स्तंभ (६) तरंगघर्षी चबुतरा

(१) **आखात व भूशिर (Bay and Promontaries)**: सागरकिनाऱ्यावरील भूभाग मृदू व कठिण खडकांच्या थरांनी बनलेला असल्यास लाटांच्या निरंतर आघाताने मृदू खडकांची जास्तीत जास्त झीज होते. कालांतराने झिजेमुळे या भागात सागराचे पाणी जमीनीत आत शिरल्यासारखे दिसते. अशा भूदृश्याला आखात असे म्हणतात.



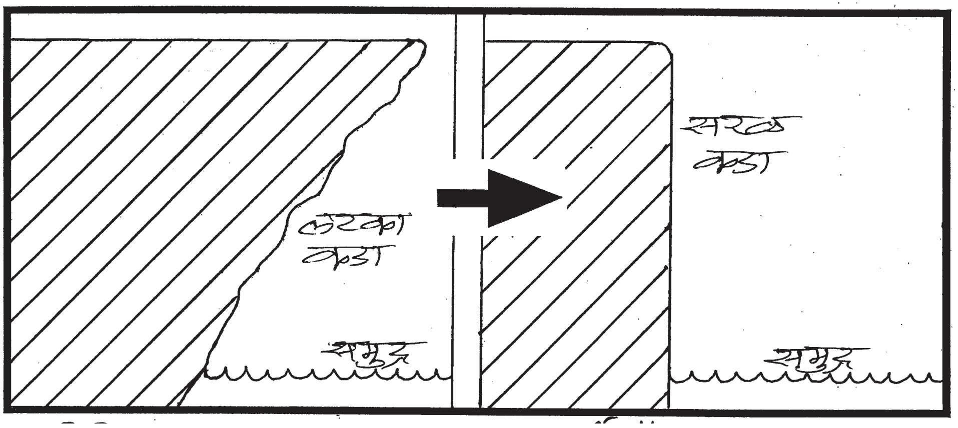
आकृती ५.१३ : आखात व भूशीर

सागरकिनाऱ्यावरील कठीण खडकांची झीज मात्र फारशी होत नसल्याने अशा खडकांचे लांबट आकाराचे भाग सागराच्या आत शिरल्यासारखे दिसतात. यांस **भूशिर** असे म्हणतात.

(२) **समुद्रकडा(Sea Cliff)**: सागरकिनाऱ्याचा भाग एकाच प्रकारच्या खडकांनी बनलेला असेल तर त्यावर लाटांचा मारा एकसारखा होऊन उभ्या भिंतीसारखा भाग तयार होतो. यालाच **समुद्रकडा** असे म्हणतात.

लाटाच्या आघातामुळे कडयाच्या पायथ्याशी झजि अधिक प्रमाणात होते. मात्र त्यावरील झिजलेला भाग समुद्राकडे कललेला असल्यासारखा वाटतो. त्यास लटकाकडा असे म्हणतात. कालांतराने लटकत्या आधार नष्ट झाल्याने कडा कोसळतो. व पुन्हा सरळ कडा तयार होतो. श्रीवर्धन-हरिहरेश्वर व रत्नागिरीच्या किनारपट्टीवर असे कडे आहेत.

(३) **सागरी गुहा(Sea Caves) व नैसर्गिक चिमणी(उभे छिद्र)(Blow Holes)/ Natural Chimaney**: सागरीकिनाऱ्यावरील खडकांवर लाटांच्या निरंतर आघातामुळे खडकांच्या पायथ्याशी झीज जास्त होऊन प्रथम तेथे खोल खड्डा तयार होतो. या खोल

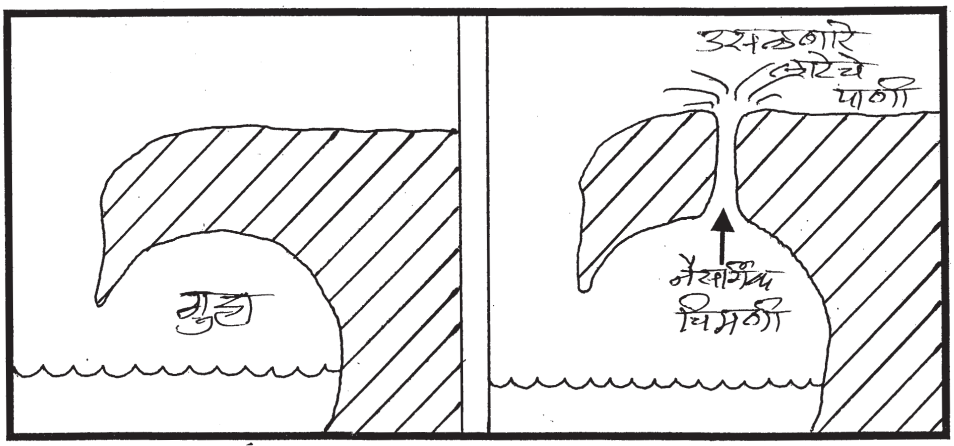


आकृती ५.१४ : समुद्र कडा

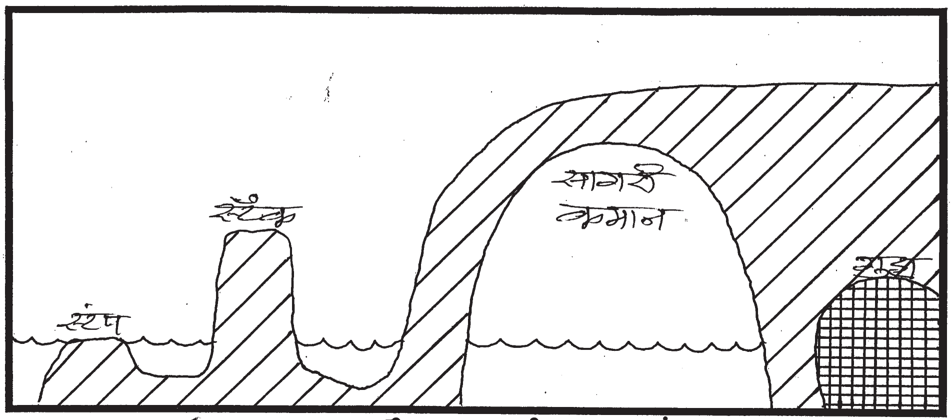
खड्डयात लाटांचे पाणी भोवऱ्याप्रमाणे चक्राकार फिरू लागतो. यामुळे कपारीचा/ खड्डयाचा भाग विशाल होऊन गुहाची निर्मिती होते. रत्नागिरी येथे सुमारे ७० मीटर लांबीची गुहा आहे.

सागर किनाऱ्यावरील गुहेचा पूर्णपणे विकास झाल्यावर जेव्हा लाटांचे पाणी गुहेत प्रवेश करते तेव्हा गुहेतील हवेवरील दाब वाढल्याने ती हवा गुहेतून बाहेर पडण्याचा प्रयत्न करते. त्यामुळे त्या कोंडलेल्या हवेच्या प्रचंड दाबामुळे गुहेच्या छताला आरपार छिद्र पडते व त्या छिद्रातून कोंडलेली हवा जोराने बाहेर पडते. त्या गुहेच्या छिद्राला उभे छिद्र/ नैसर्गिक चिमणी असे म्हणतात. काही भागातही छिद्रे शेकडो मिटर्स असतात.

(४) **सागरी कमानी व स्तंभ(Sea arches and Stacks)**: समुद्रकिनाऱ्यांवरील खडकांचा भाग समुद्रापर्यंत पसरलेला असेल अशा भागात जर मृदू व कमकुवत खडकांचे भाग असतील तर ते लाटांच्या आघातामुळे झिजून नाहीसे होतात व त्या भागात संपूर्ण खडकांवर आरपार विस्तिर्ण असे छिद्र पडते. लाटांच्या आघातामुळे या छिद्राजवळील खडकाचे भाग नाहिसे होऊन छिद्र अधिकच विस्तिर्ण होत जाते. अशा छिद्रामुळे शिल्लक राहिलेला खडकाचा भाग कमानीसारखा दिसतो. याला **सागरी कमान** असे म्हणतात.



आकृती ५.१५ : सागरी गुहा व नैसर्गिक चिमणी

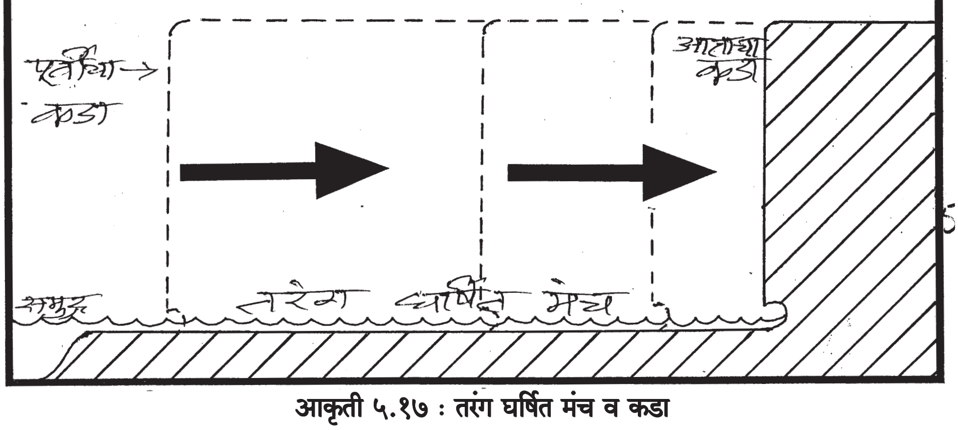


आकृती ५.१६ः सागरी कमान व स्तंभ

लाटांच्या आघातामुळे या कमानीच्या छतावरील खडक विदीर्ण होतात व कालांतराने कमानीचे छत खाली कोसळते व कमानीच्या भिंतीचे भाग समुद्रात स्तंभासारखे उभे असतात. यांना सागरी स्तंभ असे म्हणतात. यात पाण्याखाली बुडालेल्या खडकाच्या स्तंभासारख्या भागाना **स्टंप्स** म्हणतात व पाण्याच्या वर असलेल्या स्तंभासारख्या भागाना **स्टॅक** असे म्हणतात. उदा. स्कॉटलंडमध्ये मिडल आय नावाची कमान आहे. तर महाराष्ट्राच्या पश्चिम किनारपट्टीवरील डहाणू. मुरूड, गोवा व वेंगुर्ला येथे सागरी स्तंभ पहावयास मिळतात.

(५) **तरंग घर्षित मंच(Wave cut platform)**ः सागरी लाटांच्या प्रहरामुळे किनाऱ्यावर समुद्रकडा निर्माण होते या समुद्रकडयावर लाटाचा सतत आघात होत असल्यास कडयाच्या पायथ्याजवळ सागरी गुहा तयार होते. गुहेवरील छपराचा भाग सागरतळावर लटकत राहाते व त्याचा भर असह्य झाल्यास तो सागरात कोसळतो व किनारा मागे सरकतो. त्यामुळे समुद्र कडयाच्या पायथ्यापासुन सागराकडे उतार असलेला चबुतरा निर्माण होतो. या चबुतऱ्याची निर्मिती लाटांच्या घर्षणामुळे होत असल्यामुळे त्याला तरंगघर्षित मंच/चबुतरा असे म्हणतात. स्कॉटलंडच्या पश्चिम किनाऱ्यावर या प्रकारचे किनारे आढळतात.

सागरी लाटांचे निक्षेय/संचयन कार्यः समुद्राच्या लाटांच्या आघातामुळे समुद्रकिनाऱ्यावरील खडकांची एकसारखी झीज होत असते. खडकांची उंची कमी होते व त्या भागात त्याचे संचयन होते असे पदार्थ समुद्रकिनाऱ्यावर किंवा समुद्राच्या उथळ

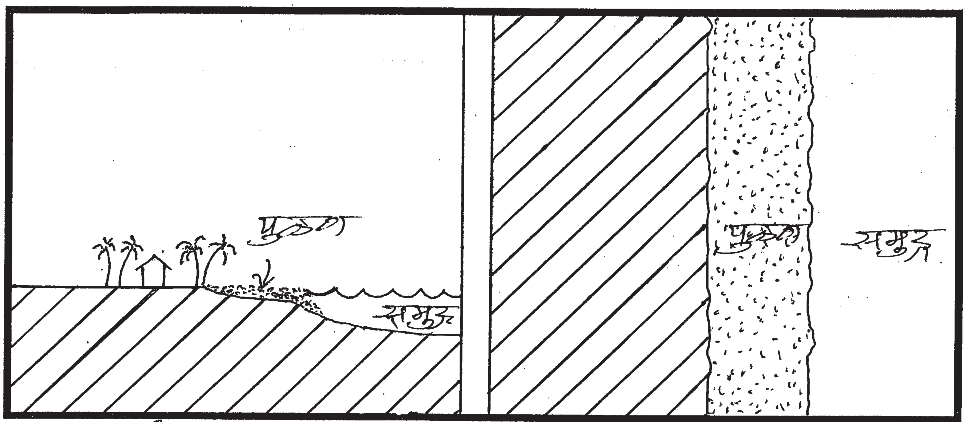


आकृती ५.१७ : तरंग घर्षित मंच व कडा

भागात साचतात. समुद्रकिनाऱ्याजवळील उथळ समुद्राच्या भागात पदार्थाच्या संचयनामुळे निरनिराळे भूआकार निर्माण होतात.

सागरी लाटांच्या संचयन कार्याने निर्माण होणारे भूविशेष/भूआकारः (१) तरंगनिर्मित चबुतरा/मंच (२) पुळण (३) वाळुचे दांडे (४) भूसंलग्नन दांडा (५) टोंबालो (६) वलयाकार दांडे (७) सागरकिनारी वालुकागिरी

(१) **तरंगनिर्मित चबुतरा/मंच**(Wave built platform)ः लाटांच्या क्षरणकार्यामुळे तयार होणारे पदार्थ लाटांबरोबर समुद्राकडे वाहत येतात. यातील काही पदार्थ खोल समुद्रात वाहून जातात, तर काही पदार्थ उथळ समुद्राच्या तळभागावर जमा होतात. अशा रीतीने समुद्रकिनाऱ्यांचा जलमग्न भाग गाळाने भरुन येतो. पदार्थाच्या सततच्या संचयनामुळे जलमग्न समुद्रकिनाऱ्याच्या भागाला चबुतऱ्यासारखा आकार प्राप्त होतो. याला तरंगनिर्मित **चबुतरा** असे म्हणतात.



आकृती ५.१८ : पुळण

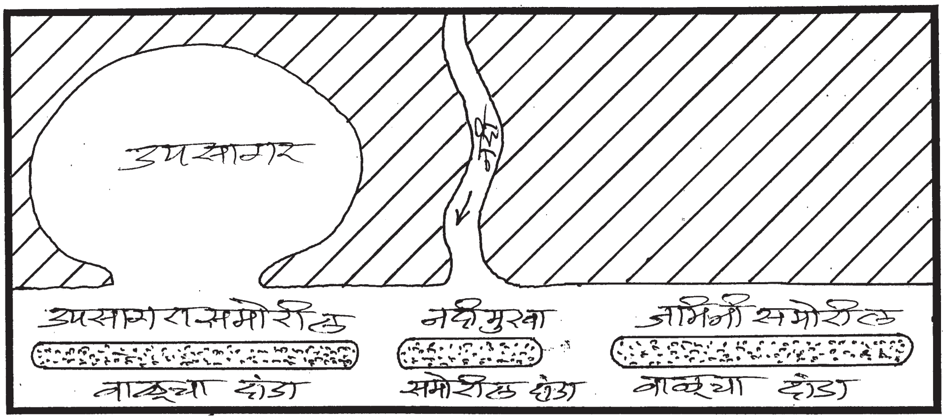
(२) **पुळण(Beaches)**ः समुद्र लाटांबरोबर वाहत येणारे पदार्थ समुद्राच्या उथळ भागात समुद्रकिनाऱ्याला लागून समांतर दिशेत साचतात या प्रकारच्या गाळाच्या संचयनाला **पुळण** असे म्हणतात. गाळाच्या अशा सतत संचयनामुळे पुळणीच्या भागाचा विस्तार होत जाऊन उथळ समुद्राचा भाग असा संचयनाने भरुन येतो. त्यामुळे बहुतेक समुद्रकिनाऱ्यांना समांतर असे गाळाचे पट्टे तयार झालेले आढळतात. गोव्यातील कोलवा बीच व कलंगुट बीच प्रसिध्द आहेत. जगातील सर्वात मोठी पुळण ब्राझीलच्या दक्षिण किनाऱ्यावर आहे. या पुळणास लगो डॉस पॅटोस म्हणतात. याची लांबी १२५४ किमी आहे.

पुळणीचे प्रकार-(अ) लघु पुळण : जे पुळण आकाराने व विस्ताराने लहान असतात त्यांना लघुपुळण म्हणतात.

(ब) **अग्रखाडी पुळण**ः उपसागराजवळ पुळणाची निर्मिती झाली असल्यास त्याला अग्रखाडी पुळण म्हणतात.

(क) **अर्धचंद्राकार पुळण**ः जेव्हा लाटांचा वेग अधिक असतो तेव्हा आखतामधील पाण्याची खोली वाढते. झीजेतून मिळणाऱ्या पदार्थाचे प्रमाण विपुल असते अशावेळी

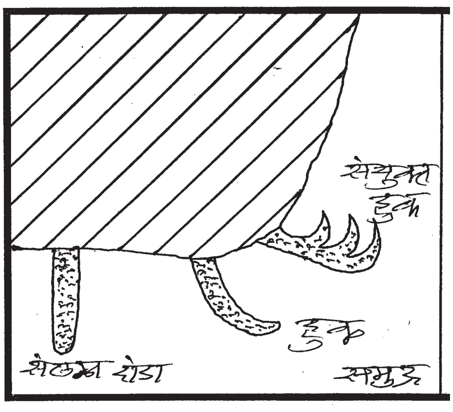
आखात किंवा उपसागराच्या किनाऱ्याजवळ विस्तृत निक्षेप होते हे निक्षेपण अर्धचंद्राकार असल्याने त्याला अर्धचंद्राकार पुळण असे म्हणतात



आकृती ५.१९: वाळुचे दांडे

(३) **वाळूचे दांडे(Barriers)**: समुद्रकिनाऱ्याजवळील उथळ समुद्रात लाटा फुटून त्यांच्याबरोबर वाहत आलेली वाळू व इतर पदार्थ समुद्राच्या उथळ भागात साचतात. ही क्रिया सतत सुरु राहिल्यास उथळ समुद्राच्या तळभागावर वाळूच्या संचयनाची उंची वाढत जाते व कालांतराने वाळूच्या संचयामुळे किनाऱ्याला समांतर अशा वाळूच्या दांडयांची निर्मिती होते हे वाळूचे दांडे पाण्याबाहेर आल्यावर चिंचोळ्या बेटासारखे दिसतात. वाळूचे दांडे तयार झाल्यावर समुद्रकिनारा व वाळूचे दांडे यांच्या दरम्यानच्या भागात खाऱ्या पाण्याची लांबच लांब उथळ सरोवरे निर्माण होतात. या सरोवरांना **खाजण**(Lagoon) असे म्हणतात. भारतात ओरिसाच्या किनाऱ्यावर चिल्का व तमिळनाडूच्या किनाऱ्यावर **पुलकित** नावाची सरोवरे अशाच प्रकारची आहेत. महाराष्ट्राच्या सिंधुदूर्ग जिल्ह्याच्या किनारपट्टीवरील मालवणच्या दक्षिणेला देवबाग येथे सुमारे ५ कि.मी. लांबीचा वाळूचा दांडा तयार झाला आहे. या वाळूच्या दांडयांवर लोकवस्ती आढळते.

(४) **भूसंलग्न दांडा(Spits)**: मुख्य भूभागाशी संलग्न असून सागराकडे वाढत गेलेल्या वाळूच्या दांडयाला **भूसंलग्न दांडा किंवा स्पिट** असे म्हणतात. सागरी लाटांबरोबर वाहणारे पदार्थ सागराच्या खोल भागात वाहत न जाता किनाऱ्याकडे येणाऱ्या लाटांमुळे ते पदार्थ खाडीच्या मुखासमोर व बाजूस साचतात. त्यामुळे **भूसंलग्न दांडयांची** निर्मिती होते.

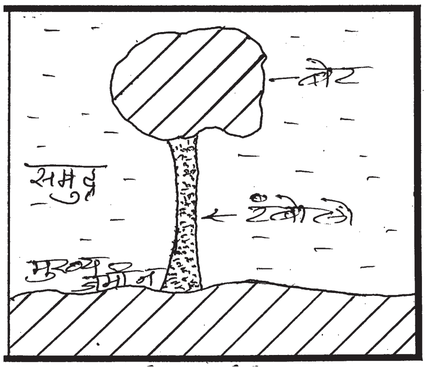


आकृती ५.२० : सलग्न वाळुचे दांडे

वाळूच्या सतत संचयनामुळे या वाकलेल्या टोकांचा विस्तार किनाऱ्याच्या दिशेने एक सारखा वाढत जातो. समुद्रकिनाऱ्याकडे झुकलेल्या अशा वाळूच्या दांडयाना हूक(Hook) असे म्हणतात. काही भागात वाळूच्या मुख्या दांडयाला लंबवत स्थितीत पुष्कळसे लहान लहान फाटे फुटतात.

यातील प्रत्येक फाटयांची टोकेही समुद्रकिनाऱ्याकडे वळलेली असतात. या फाटयांचा आकार हाताच्या बोटासारखा दिसतो या प्रकारच्या वाळूच्या दांडयाना **संयुक्त हुक**(Compound Hooks) असे म्हणतात.

(५) **टोंबोलो(Tombolo)**: काही समुद्रभागात वाळूच्या दांडयामुळे समुद्रातील बेटे मुख्य भूमीखंडाशी जोडली जातात. काही भागात जवळजवळ असलेली समुद्रातील दोन बेटे या प्रकारच्या दांडयानी जोडली जातात. इटलीमध्ये अशा दांडयांना **टोंबोलो** असे नाव आहे. जिब्राल्टरच्या समुद्रधुनीत असे दांडे पहावयास मिळतात. तसेच रत्नागिरी येथील मिऱ्या नावाचे गाव ही अशाच प्रकारचे आहे.



आकृती ५.२१ : टोंबोलो

(६) **वलयाकार दांडे(Bar Loops)**: काही ठिकाणी समुद्रकिनाऱ्यावर निर्माण होणाऱ्या वाळूच्या दांडयांची समुद्राकडील टोके किनाऱ्याकडे वाकतात. कालांतराने या टोकांचा विस्तार वाढत जाऊन ती टोके समुद्रकिनाऱ्याला जाऊन मिळतात व अशा रीतीने वलयाकार दांडयांची निर्मिती होते. यांना बार लुप्स असे म्हणतात.

(७) **सागरकिनारी वालुकागिरी(Coastal sand dunes)**: किनाऱ्यावर साचलेली वाळू वाऱ्यामुळे फेकली जाऊन वाळूच्या लहानमोठया आकाराच्या टेकडया सागरकिनारी भागात तयार होतात. यांना **सागरकिनारी वालुकगिरी** असे म्हणतात. टेकडयांची उंची २० ते ४० मीटरपर्यंत असते. काही किनाऱ्यावर टेकडयांचे पट्टे आढळतात. फ्रान्स, बेल्जियम, डेन्मार्क, नेदरलँडच्या किनारी भागात वालुकागिरीचे पट्टे आढळतात.

५.६ समारोप

वाळवंटात वाऱ्याचे कार्य प्रभावी असते. वाऱ्याच्या खनन कार्यामुळे तयार झालेल्या विविध भूरूपांचा अभ्यास आपण या प्रकरणात केला. उदा. भूछत्र खडक, यारदांग, झ्युजेन, वातघृष्ट, खडक, गवास, सेसा इ. तसेच वाऱ्याच्या संचयन कार्यामुळे तयार होणाऱ्या विविध आकाराच्या/प्रकाराच्या टेकड्यांचा अभ्यासही आपण केला.

सागरी लाटांचे कार्य सागर किनाऱ्यापुरते मर्यादित असते. लाटांच्या सतत माऱ्यामुळे किनाऱ्यालगतच्या खडकांची झीज होऊन सागरी गुहा, कडा, भूशीर, स्तंभ, सागरी कमान यासारखे विविध भू आकार तयार होतात तसेच लाटांच्या संचयन कार्यामुळे वाळूचे दांडे, भूसंलग्न दांडे, टंबोला इ. तयार होतात त्यांचा अभ्यास आपण या प्रकरणात केला.

५.७ प्रश्न

प्रश्न १. खालील प्रश्नांची उत्तरे द्या.

१. वाऱ्याच्या खनन कार्यामुळे तयार झालेल्या विविध भूरूपांचे स्पष्टीकरण द्या.
२. वाऱ्याच्या संचयन कार्यामुळे तयार होणाऱ्या विविध भूरूपांचे वर्णन करा.
३. सुबक आकृत्यांच्या सहाय्याने सागरी लाटांमुळे निर्माण होणाऱ्या विविध भूरूपांचे स्पष्टीकरण द्या.

प्रश्न २. टीपा द्या.

१. भूछत्र खडक
२. यारदांग व झ्युडोन
३. वाळूच्या टेकडया
४. सागरीकमान व गुहा
५. वाळूचे दांडे
६. भूशीर व आखात
७. टंबोलो
८. द्वीपगिरी

❖❖❖❖

घटक -६

समोच्यतादर्शक रेषा व बाह्याकार

घटक संरचना :

६.० उद्दिष्टे
६.१ प्रस्तावना

६.० उद्दिष्टे

- समोच्चतादर्शक रेषांच्या सहाय्याने भूरूपांच्या अभ्यासास मदत होते.
- समोच्यतादर्शक रेषांची मूल्ये त्यामधील अंतर व त्यांचा आकार हा उताराचे स्वरूप व त्या प्रदेशातील भूरूप ओळखण्यास मदत करते.
- भूपृष्ठावरील भूरुपांचे स्वरूप छेदाच्या सहाय्याने स्पष्ट होते.
- विविध प्रदेशातील भूरूपाच्या स्वरूपाचे तुलनात्मक विश्लेषण करण्यासाठी विविध प्रकारच्या भूरूप व नदीच्या छेदाची मदत होते.

६.१ प्रस्तावना

प्रात्यक्षिक समोच्यतादर्शक रेषा

व्याख्याः नकाशावरील समान उंचीवरील ठिकाणांना जोडणाऱ्या काल्पनिक रेषेस समोच्यतादर्शक रेषा (Contour) असे संबोधले जाते.

समोच्यतादर्शक–सम (सारखी) उच्चता (उंची) दर्शक (दर्शविणारी)

समोच्यतादर्शक रेषांचे गुणधर्म :

(१) समोच्चतादर्शक रेषा समुद्रसपाटीपासुनची उंची दर्शवितात त्यामुळे समोच्चतादर्शक रेषांना मूल्य(उंचीचा आकडा) एकक(मेट्रिक, ब्रिटीश पध्दतीप्रमाणे) असणे आवश्यक असते.

(१) काही वेळा सर्वच समोच्चदर्शक रेषांचे मूल्य देणे जागेअभावी शक्य नसते. अशावेळी ठराविक महत्वाच्या समोच्चतादर्शक रेषांचे मुल्य दिले जाते व त्यांच्या संदर्भात इतर रेषांचे मूल्य कळू शकते.

(२) समोच्चतादर्शक रेषा ही अखंडित रेषा आहे. ही रेषा नकाशाच्या एका कडेपासून दुसऱ्या कडेपर्यंत असेल किंवा वर्तुळाकार असेल. पण तुटलेली/अर्धवट नसावी.

(३) समोच्चतादर्शक रेषा एकत्र मिळतात(अतिशय तीव्र उतार) पण त्या एकमेकांना छेदत नाहीत.

समोच्चतादर्शक रेषाचे फायदेः (१) अचूक उंची दर्शविली जाते. (२) योग्य प्रकारे जमिनीचा उतार व उतारांचे प्रकार दर्शविले जातात. (३) भूरुपे दर्शविण्याची सोपी साधी आणि अचूक पध्दत (४) समोच्चतादर्शक रेषा काढणे अतिशय सोपे आहे त्यामुळे कोणीही त्या सहज काढू शकतो. (५) उंची दर्शविण्याच्या इतर-कालबाह्य पध्दतीपेक्षा कमी वेळाची पध्दत (६) समोच्चता दर्शक रेषांनी नकाशावरील जास्त जागा अडविली जात नाही व त्यामुळे या रेषांसोबत इतर माहितीही सहज देता येते. (जुन्या पध्दतीत हे शक्य नव्हते.) (७) ही अचुक शास्त्रीय पध्दत असल्याने समोच्च रेषांनी नकाशावरील जास्त जागा अडविली जात नाही व त्यामुळे या रेषांसोबत काढलेल्या आकृत्यांचे अधिक विश्लेषण करणे. उदा. छेद अथवा बाह्याकार काढणे सहज शक्य असते.

(४) **उंचवटयाचा प्रदेशः** डोंगर, टेकडी दर्शविताना काढलेल्या समोच्चतादर्शक रेषा वर्तुळाकार किंवा अंडाकृती असून मध्यभागाकडे जाताना समोच्चतादर्शक रेषांचे मुल्य वाढत जाते. टेकडी-समोच्चतादर्शक रेषा टेकडीह्व-बाह्याकार

(५) **खोलगट प्रदेशः** दरी, सखल भाग दर्शविताना काढलेल्या समोच्चतादर्शक रेषा वर्तुळाकार किवा अंडाकृती असून मध्यभागाकडे जाताना समोच्चतादर्शक रेषांचे मुल्य कमी होत जाते. दरी-समोच्चतादर्शक रेषा दरीह्व-बाह्याकार

(६) **समुद्र पातळीः** शून्य मीटर्स मूल्य असलेल्या समोच्चतादर्शक रेषेने समुद्राची पातळी दर्शविली जाते.

बेट-समोच्चतादर्शक रेषा बेट- बाह्याकार

समोच्चतादर्शक रेषांनी काढलेल्या पूढील तीन आकृत्यांमधील फरक ओळखा

(अ) खोलगट भाग- दरी- केंद्राकडे जाताना समोच्चतादर्शक रेषांचे मूल्य कमी होते.

(ब) उंचवटा-टेकडी-केंद्राकडे जाताना समोच्चतादर्शक रेषांचे मूल्य वाढत जाते.

(क) बेट- 'O'mसमोच्चतादर्शक रेषा समुद्रपातळी दर्शविते.

(७) **मंद उतारः** समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर जास्त असते.

(८) **तीव्र उतारः** समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर कमी असते.

(९) **अतिशय तीव्र उतारः** समोच्चतादर्शक रेषा एकत्र येतात.

(१०) **सम/समान उतारः** समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर समान असते.

(११) **असमान उतारः** समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर विषम असते.

(१२) **बहिर्वक्र उतारः** कमी मूल्यांच्या समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर कमी असते तर जास्त मूल्यांच्या समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर जास्त असते.

(१३) **अंतर्वक्र उतारः** कमी मूल्यांच्या समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर जास्त असते तर जास्त मूल्यांच्या समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर कमी असते.

(१४) **पायऱ्यांचा उतारः** क्रमाने येणारे तीव्र व मंद उतार-समोच्चता दर्शक रेषांमधील अंतर कमी व जास्त होत जाते.समोच्चतादर्शक रेषांनी दर्शविलेली भूरुपे

(१) **शंक्वाकृती टेकडीः** समोच्चतादर्शक रेषा गोलाकार असून या रेषांचे मूल्य मध्यभागाकडे जाताना वाढत जाते.

(२) **लांबट टेकडी(Ridge):** समोच्चतादर्शक रेषा लांबट/अंडाकृती असतात. मध्याकडे जाताना समोच्च रेषांचे मूल्य वाढत जाते.

(३) **डोंगराचा बाहू(Spur):** लाबट टेकडीचा/ पर्वताचा भाग- समोच्चतादर्शक रेषा 'V'आकारात असून मध्याकडे जाताना समोच्चतादर्शक रेषांचे मूल्य वाढत जाते.

(४) उंचावरील विस्तृत सपाट प्रदेश याला टेबल लँड असेही संबोधले जाते. आकृतीत मध्यभागी समोच्चतादर्शक रेषा जास्त नसतात. कडेला जवळ जवळ असतात.

(५) **बेटः** पाण्याने वेढलेला उंचवटयाचा भाग '0'मी. ची समोच्चतादर्शक रेषा समुद्रपातळी दर्शविते.

(६) **कोल(Col):** दोन उंचवटयांमधील (टेकडयांमधील) खोलगट भाग या आकृतीत डावीकडे व उजवीकडे उंचवटयाचा भाग असला तर पुढे व मागे खोलगट भाग असतो.

(७) **खिंडः** दोन डोंगरांच्या मधील कमी उंचीचा भाग या ठिकाणी वाहतूक मार्ग एकवटतात. खिंडीच्या दोन्ही बाजूला समोच्चतादर्शक रेषांचे मूल्य वाढत जाते.

(८) **'V' आकाराची दरीः** नदीची दरी- नदीपासून दूर जाताना समोच्चतादर्शक रेषांचे मूल्य वाढत जाते.

(९) **घळईः** निम वाळवंटी प्रदेशातील नदीची दरी उभे खनन जास्त नदीपासून दूर जाताना समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर वाढत जाते पण त्या जवळ जवळ असतात तीव्र उतार.

(१०) **'U' आकाराची दरीः** हिमनदीची दरी हिमनदीपासून दूर जाताना समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर वाढत जाते पण त्या जवळ जवळ असतात.

(११) **धबधबाः** नदीच्या मार्गात तीव्र उतार/ कडा असल्यास धबधबा तयार होतो. समोच्चतादर्शक रेषा धबधब्याकडे अगदी जवळ जवळ असतात.

समोच्चतारेषा व बाह्याकार

प्रात्यक्षिक - समोच्चता दर्शक रेषा :

व्याख्या :

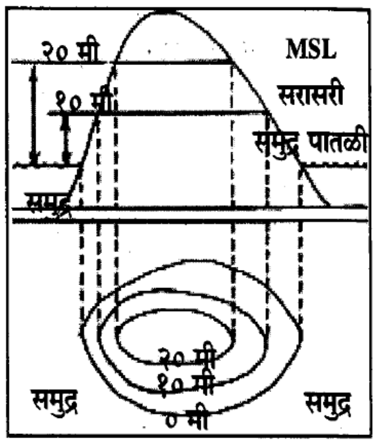
नकाशावरील समान उंचीवरील ठिकाणांना जोडणाऱ्या काल्पनिक रेषेस समोच्चतादर्शक रेषा (Contour) असे संबोधले जाते.

समोच्चतादर्शक - सम (सारखी) उच्चता (उंची) दर्शक (दर्शविणारी)

समोच्चतादर्शक रेषांचे गुणधर्म :

१) **समोच्चतादर्शक रेषा :** समुद्रसपाटीपासूनची उंची दर्शवितात त्यामुळे समोच्चतादर्शक रेषांना मूल्य (उंचीचा आकडा) एकक (मेंट्रिक किंवा ब्रिटिश पद्धतीप्रमाणे) असणे आवश्यक असते.

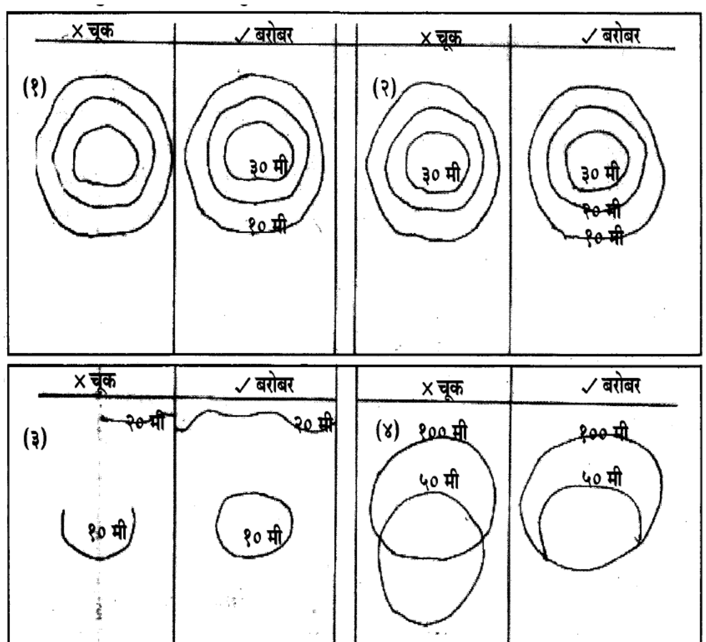
२) काही वेळा सर्वच समोच्चतादर्शक रेघांचे मूल्य देणे जागेअभावी शक्य नसते. अशावेळी ठरविक महत्त्वाच्या समोच्चतादर्शक रेषांची मूल्य दिले जाते व त्यांच्या संदर्भात इतर रेषांचे मूल्य कळू शकते.



आकृती ६.१ समोच्चतादर्शक रेषा

३) **समोच्चतादर्शक रेषा :** ही अखंडित रेषा आहे, ही रेषा नकाशाच्या एका कडेपासून दुसऱ्या कडेपर्यंत असेल किंवा वर्तुळाकार असेल. पण तुटलेली/अर्धवट नसावी.

समोच्चतादर्शक रेषा एकत्र मिळतात (अतिशय तीव्र उतार) पण त्या एकमेकांना छेदत नाहीत.



आकृती ६.२ समोच्चतादर्शक रेषा-चूक-बरोबर

समोच्चतादर्शक रेषांचे फायदे :

१) अचूक उंची दर्शविली जाते.

२) योग्य प्रकारे जमिनीचा उतार व उतारांचे प्रकार दर्शविले जातात.

३) भूरूपे दर्शविण्याची सोपी, साधी आणि अचूक पद्धत.

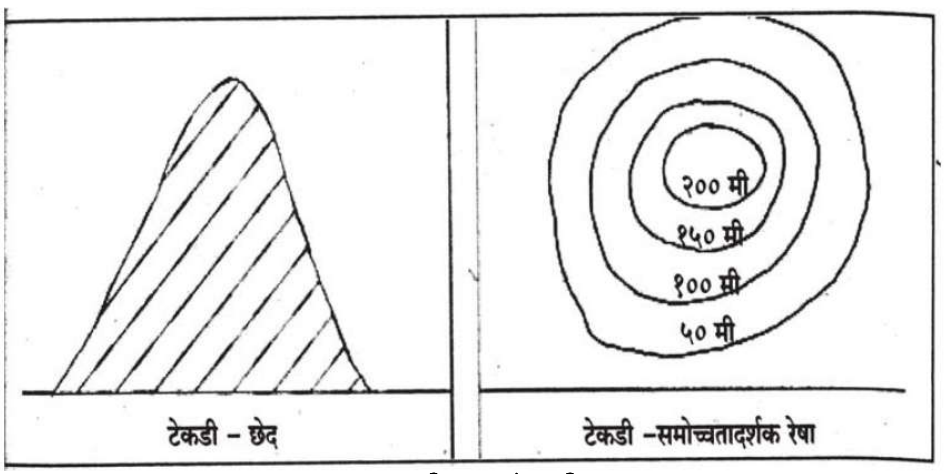
४) समोच्चतादर्शक रेषा काढणे अतिशय सोपे आहे त्यामुळे कोणीही त्या सहज काढू शकतो.

५) उंची दर्शविण्याच्या इतर ह्व कालबाह्य पद्धतीपेक्षा कमी वेळाची पद्धत.

६) समोच्च रेषांनी नकाशावरील जास्त जागा अडविली जात नाही व त्यामुळे या रेषांसोबत इतर माहितीही सहज देता येते. (जुन्या पद्धतीत हे शक्य नव्हते.)

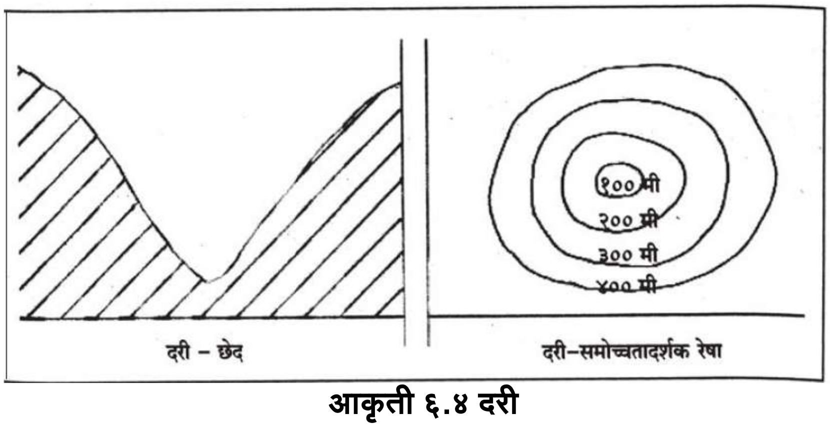
७) ही अचूक शास्त्रीय पद्धत असल्याने समोच्च रेषांनी काढलेल्या आकृत्यांचे अधिक विश्लेषण करणे. उदा. छेद अथवा बाह्याकार काढणे सहज शक्य असते.

४) **उंचवट्याचा प्रदेश** : डोंगर, टेकडी दर्शविताना समोच्चतादर्शक रेषा वर्तुळाकार किंवा अंडाकृती असून मध्यभागाकडे जाताना समोच्चतादर्शक रेषांचे मूल्य वाढत जाते.



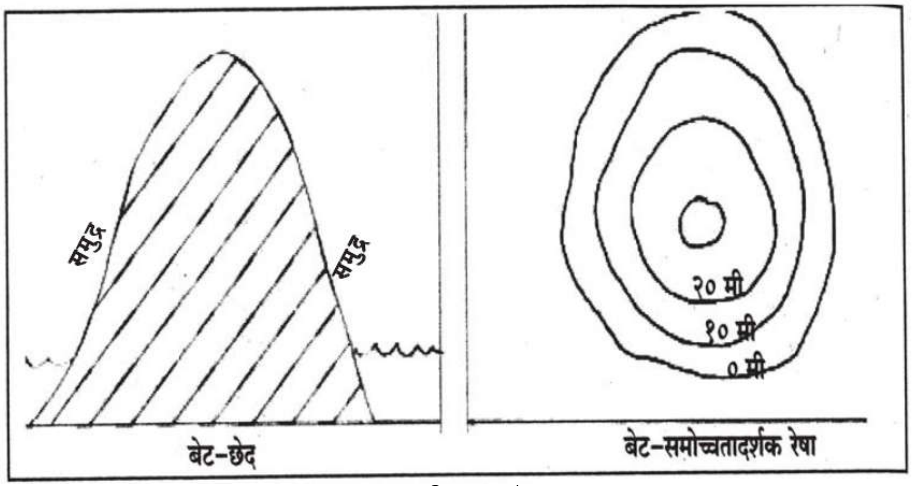
आकृती ६.३ टेकडी

५) **खोलगट प्रदेश** : दरी, सखल भाग दर्शविताना समोच्चतादर्शक रेषा वर्तुळाकार किंवा अंडाकृती असून मध्यभागाकडे जाताना समोच्चतादर्शक रेषांचे मूल्य कमी होत जाते.



आकृती ६.४ दरी

६) **समुद्र पातळी :** शून्य मीटर्स मूल्य असलेल्या समोच्चतादर्शक रेषेने समुद्राची पातळी दर्शविली जाते.



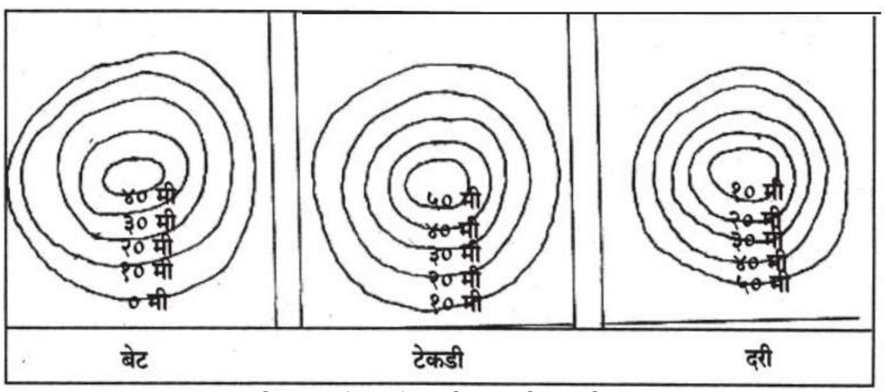
आकृती ६.५ बेट

समोच्चतादर्शक रेषांनी काढलेल्या पुढील तीन आकृत्यांमधील फरक ओळखा.

(अ) **खोलगट भाग :** दरी-केंद्राकडे जाताना समोच्चतादर्शक रेषांचे मूल्य कमी होते.

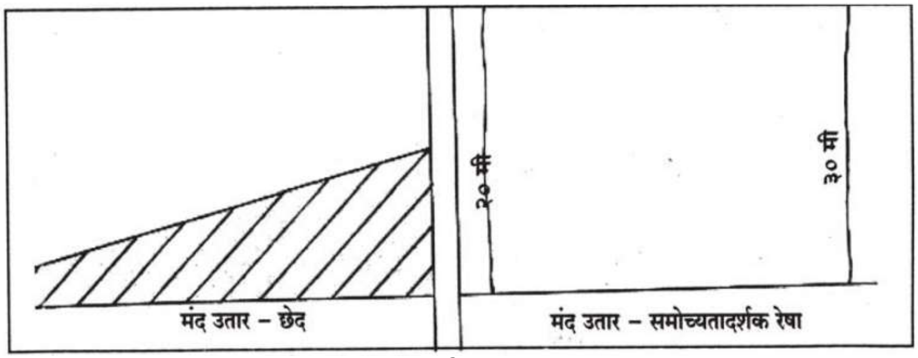
(ब) **उंचवटा :** टेकडी - केंद्राकडे जाताना समोच्चतादर्शक रेषांचे मूल्य वाढत जाते.

(क) **बेट :** '०' मी समोच्चतादर्शक रेषा समुद्रपातळी दर्शविते.



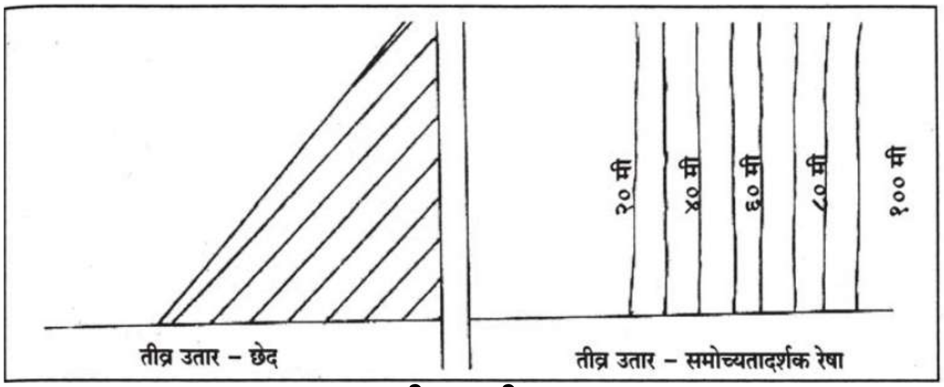
आकृती ६.६ बेट, टेकडी व दरी यातील फरक

७) **मंद उतार :** समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर जास्त असते.



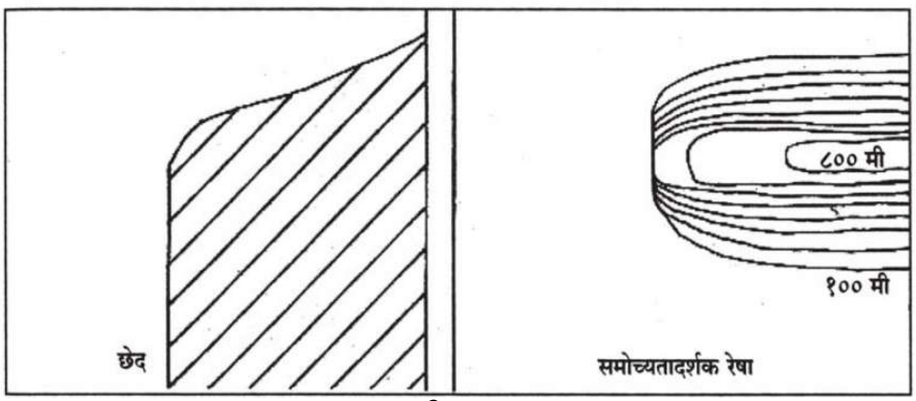
आकृती ६.७

८) **तीव्र उतार :** समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर कमी असते.



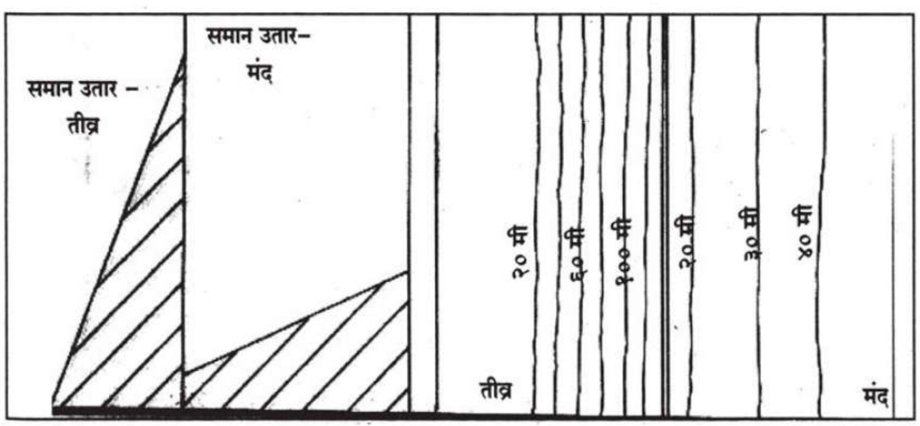
आकृती ६.८ तीव्र उतार

९) **अतिशय तीव्र उतार :** समोच्चतादर्शक रेषा एकत्र येतात.



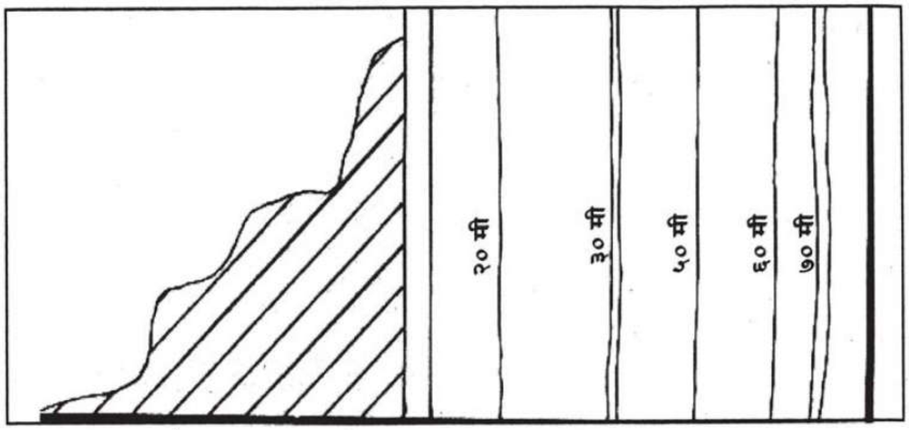
आकृती ६.९ कडा

१०) **सम/समान उतार :** समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर समान असते.



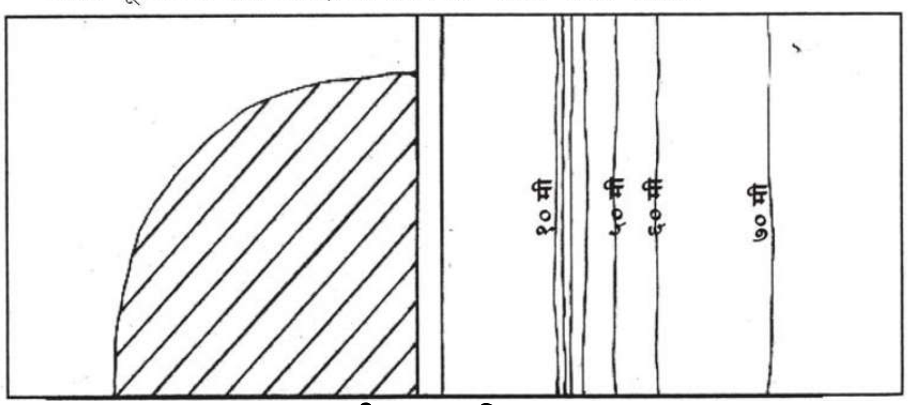
आकृती ६.१० समान उतार

११) **असमान उतार** : समोच्चतादर्शक रेषामधील अंतर विषम असते.



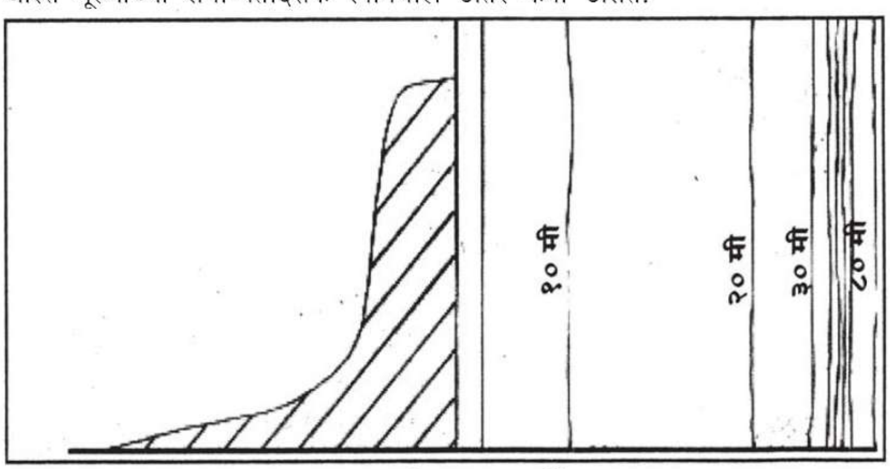
आकृती ६.११ असमान उतार

१२) **बर्हिवक्र उतार** : कमी मूल्यांच्या समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर कमी असते व जास्त मूल्यांच्या समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर जास्त असते.



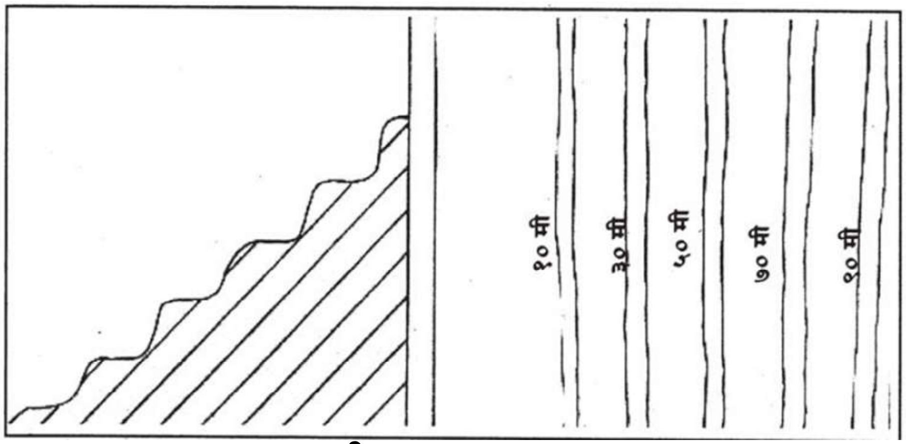
आकृती ६.१२ बहिवक्र उतार

१३) **अंतर्वक्र उतार** : कमी मूल्यांच्या समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर जास्त असते तर जास्त मूल्यांच्या समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर कमी असते.



आकृती ६.१३ अंतवर्क उतार

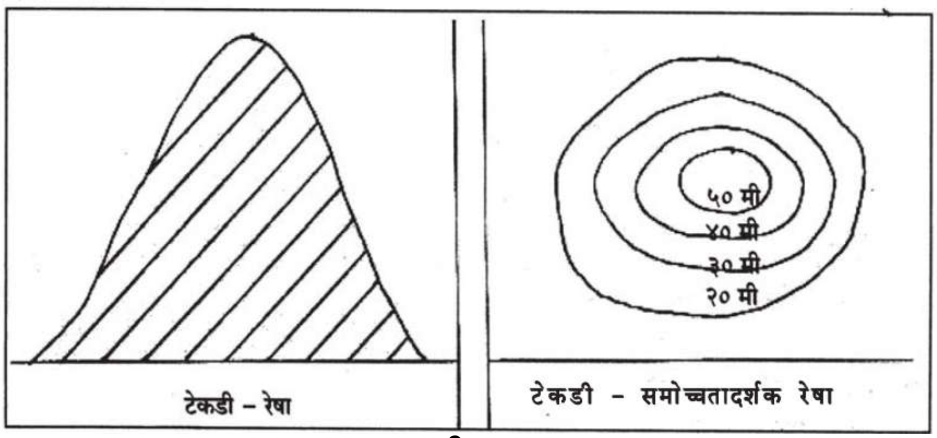
१४) **पायऱ्यांचा उतार :** क्रमाने येणारे तीव्र व मंद उतारह्ससमोच्चता दर्शक रेषांमधील अंतर कमी व जास्त होत जाते.



आकृती ६.१४ पायऱ्यांचा उतार

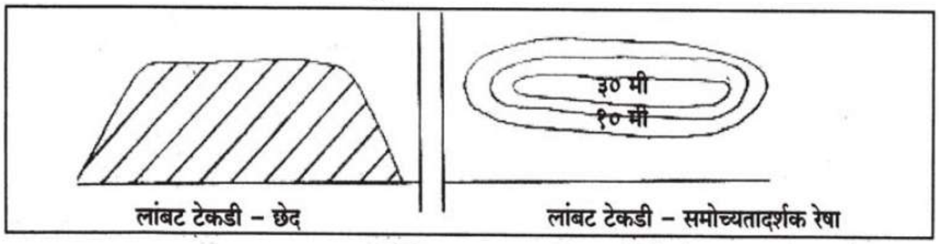
समोच्चतादर्शक रेषांनी दर्शविलेली भूरूपे :

१) **शंक्वाकृती टेकडी :** समोच्चतादर्शक रेषा गोलाकार असून या रेषांचे मूल्य मध्य भागाकडे जाताना वाढत जाते.



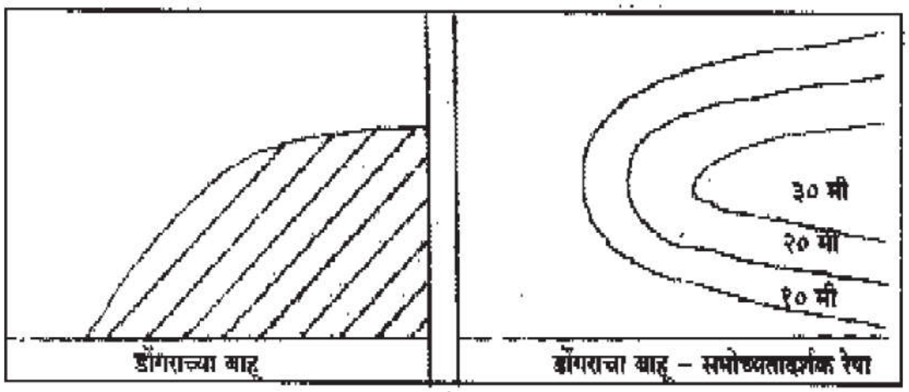
आकृती ६.१५

२) **लांबट टेकडी (Ridge) :** समोच्चतादर्शक रेषा लांबट/अंडकृती असतात. मध्याकडे जाताना समोच्च रेषांचे मूल्य वाढत जाते.



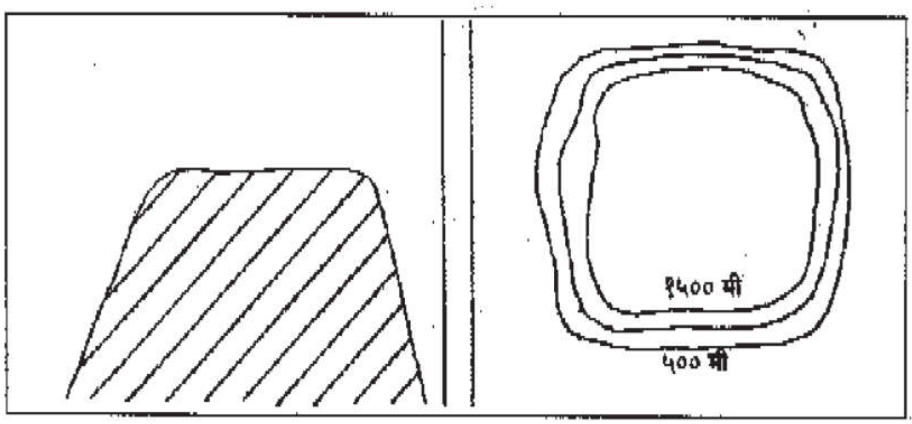
आकृती ६.१६

३) **डोंगराचा बाहू (Spur) :** लांबट टेकडीचा/पर्वताचा टोकाचा भाग–समोच्चतादर्शक रेषा वक्राकार असून मध्याकडे जाताना समोच्चतादर्शक रेषांचे मूल्य वाढत जाते.



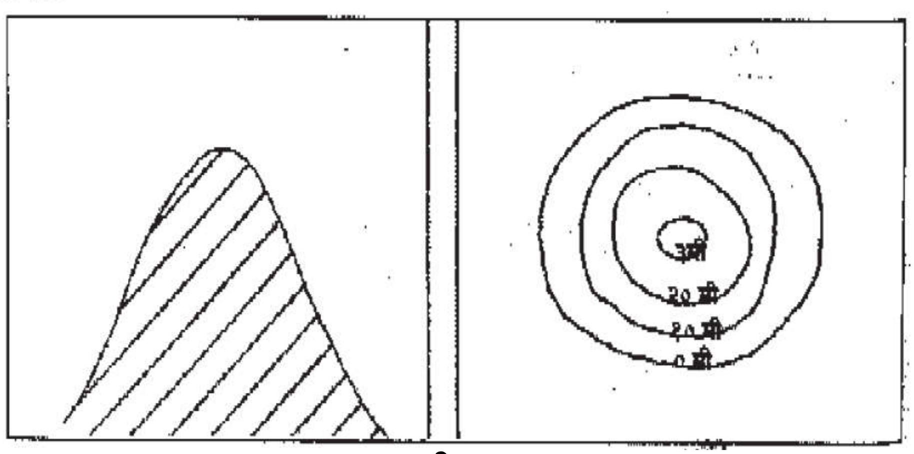
आकृती ६.१७

४) **उंचावरील विस्तृत सपाट प्रदेश (Plateau) :** याला टेबल लँड असेही संबोधले जाते. आकृतीत मध्यभागी समोच्चतादर्शक रेषा जास्त नसतात. कडेला जवळ जवळ असतात.



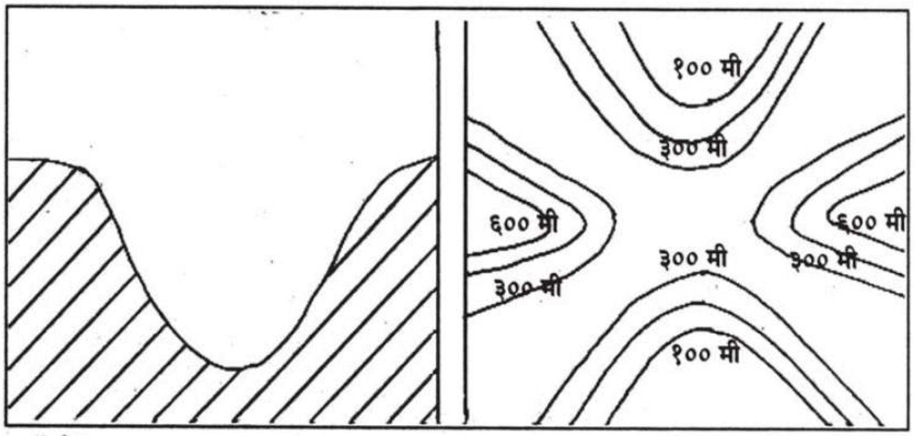
आकृती ६.१८

५) **बेट :** पाण्याने वेढलेला उंचवट्याचा भाग '०'मी.ची समोच्चतादर्शक रेषा समुद्रपातळी दर्शविते.



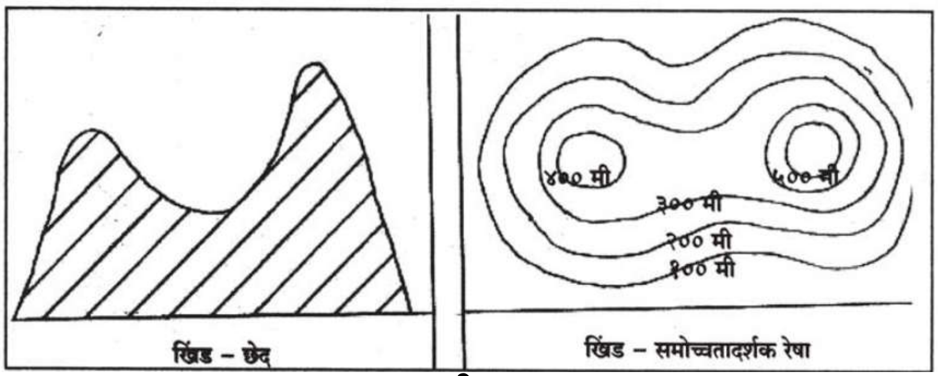
आकृती ६.१९

६) **कोल (Col) :** दोन उंचवट्यांमधील (टेकड्यांमधील) खोलगट भाग या आकृतीत डावीकडे व उजवीकडे उंचवट्याचा भाग असला तर पुढे व मागे खोलगट भाग असतो.



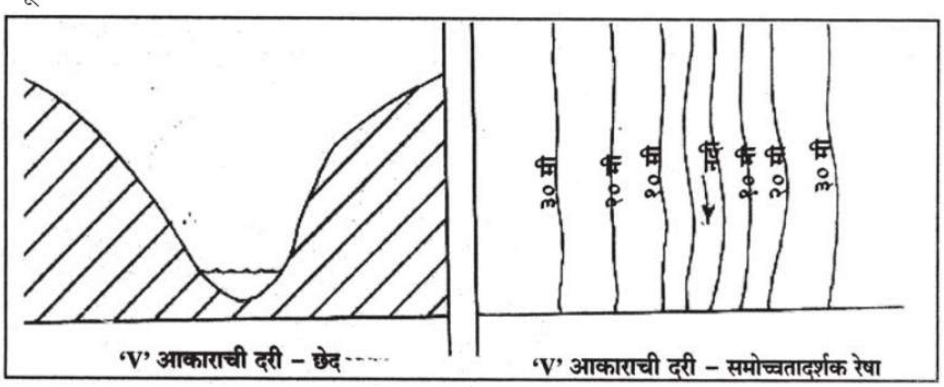
आकृती ६.२०

७) **खिंड (Pass) :** दोन डोंगरांच्या मधील कमी उंचीचा भाग. या ठिकाणी वाहतूक मार्ग एकवटतात. खिंडीच्या दोन्ही बाजूला समोच्चतादर्शक रेषांचे मूल्य वाढत जाते.



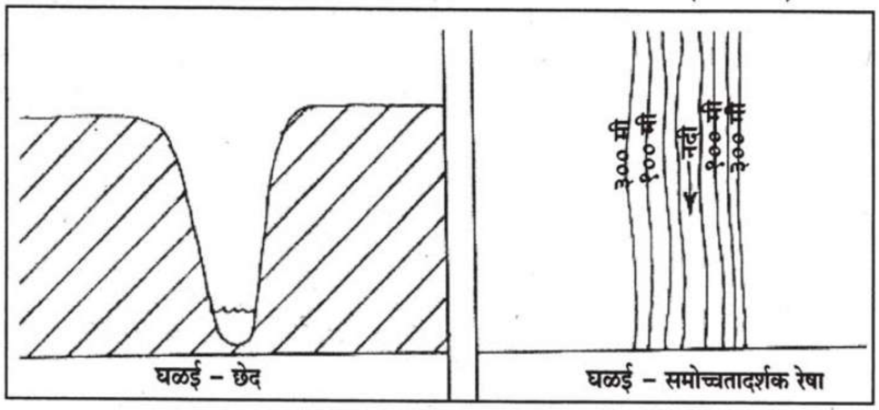
आकृती ६.२१

८) **'V' आकाराची दरी :** नदीची दरी – नदीपासून दूर जाताना समोच्चतादर्शक रेषांचे मूल्य वाढत जाते.



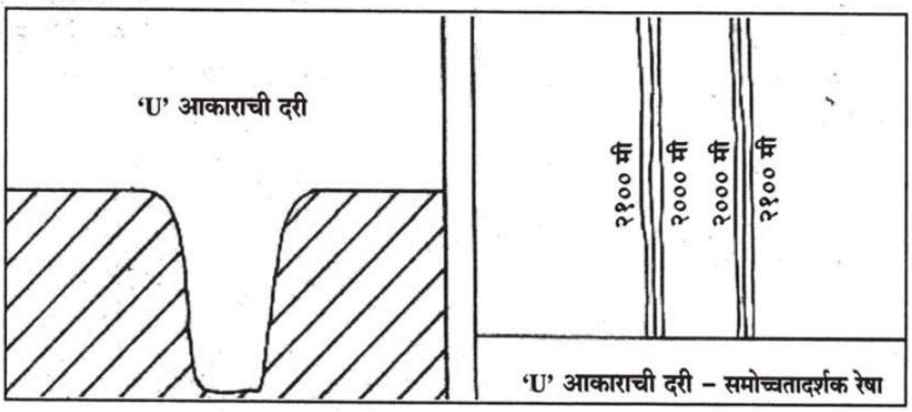
आकृती ६.२२

९) **घळई (Canyon) :** निम वाळवंटी प्रदेशातील नदीची दरी उभे खनन जास्त, नदीपासून दूर जाताना समोच्चतादर्शक रेषांमधील अंतर वाढत जाते पण त्या जवळ जवळ असतात (तीव्र उतार)



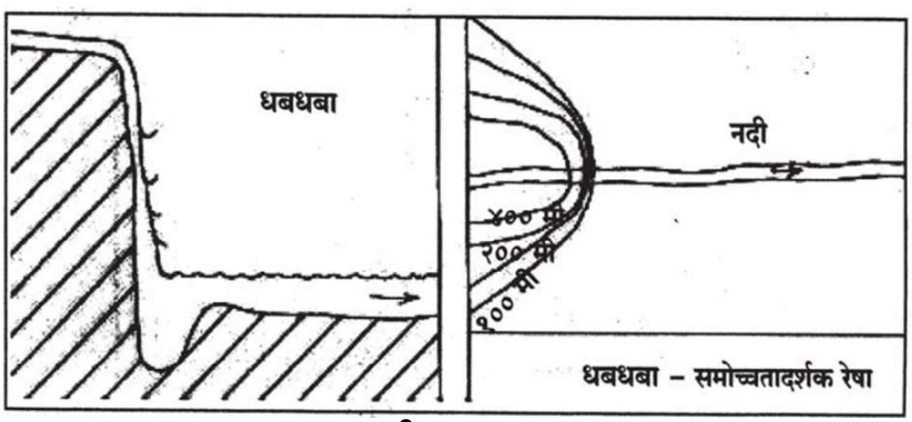
आकृती ६.२३

१०) **'U' आकाराची दरी :** हिमनदीची दरी, हिमनदीच्या दोन्ही बाजूला समोच्चतादर्शक रेषा खूपच जवळ जवळ असतात.



आकृती ६.२४

११) **धबधबा :** नदीच्या मार्गात तीव्र उतार/कडा आल्यास धबधबा तयार होतो. समोच्चतादर्शक रेषा धबधब्याकडे अगदी जवळ जवळ असतात.



आकृती ६.२५ धबधबा

समोच्च रेषांनी दर्शविलेले भू–आकार आराखडा (Plan) स्वरूपात असतात. त्यामुळे सर्वसामान्य माणसाला भूरुपे चटकन समजत नाहीत. समोच्च रेषांनी दर्शविलेला भूह्नआकार उभ्या पातळीत कापला असता समोरच्या बाजूने कसा दिसेल हे समजण्यासाठी छेदाचा (Cross-section) वापर करतात. त्यामुळे भू–रूपांबद्दल अधिक स्पष्ट कल्पना येते व भौगोलिक विश्लेषणात मदत होते. भूरूपाच्या छेदावरून त्याचा बाह्याकार नीट समजतो. तसेच भूपृष्ठाखालील एरवी न दिसणारी माहिती छेदावर दाखविता येते. उदा. खडकांचा किंवा मातीचा प्रकार इत्यादी.

छेद (Cross-section) घेण्याची पद्धत :

१) समोच्च रेषांनी तयार केलेल्या आकृतीवर ज्या ठिकाणी छेद घेणार त्या ठिकाणी सरळ रेषा काढा.(अ–ब)

२) या सरळ रेषेलगत कागदाची पट्टी ठेवा.

३) समोच्च रेषा छेदाच्या रेषेला ज्या ठिकाणी छेदतात ती सर्व ठिकाणे कागदाच्या पट्टीवर दाखवा व त्यांची मूल्ये लिहा.

४) कोऱ्या कागदावर क्ष व य अक्ष काढा.

५) मापे असलेली कागदाची पट्टी 'क्ष' अक्षालगत ठेवा व सर्व मापे क्ष अक्षावर काढा.

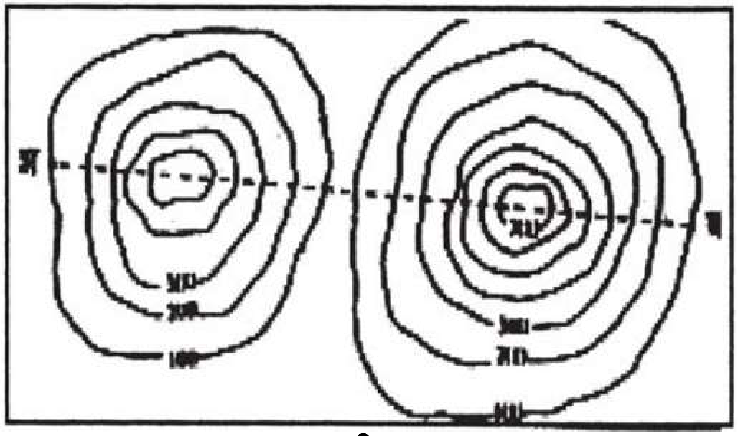
६) य अक्षावर योग्य ते प्रमाण घ्या.

७) क्ष अक्षावरील सर्व खुणांमधून लंब रेषा काढा. या लंब रेषांची लांबी त्यांच्या मूल्यांच्या प्रमाणावर ठेवा.

८) लंब रेषांवर त्यांच्या मूल्यांच्या प्रमाणे खुणा करा व हे सर्व बिदू रेषेने जोडा. ही जोडणारी रेषा सर्व बिंदूमधून सहजतेने गेली पाहिजे. (Smooth curve) तयार झालेला आकृतीबंध भू–आकाराचा छेद दर्शवितो.

समोच्च रेषा नकाशावरुन छेद काढणे :

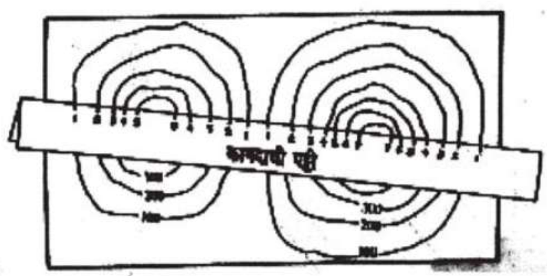
खाली दिलेल्या समोच्चरेषा नकाशातील अ्रब रेषेवर छेद काढा.



आकृती ६.२६

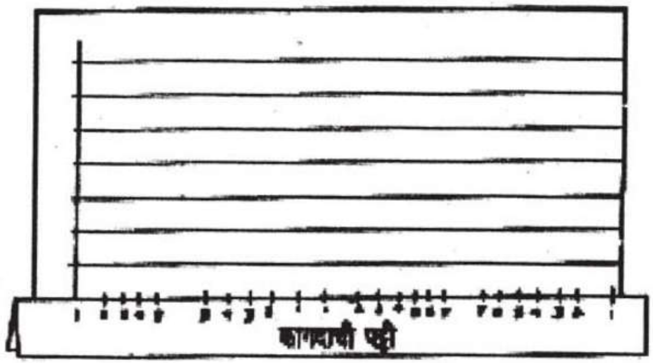
कृती :

खालील आकृतीत दर्शविल्याप्रमाणे 'अ–ब रेषेवर कागदाची पट्टी ठेवा व पट्टीला छेदणाऱ्या सर्व समोच्च रेषांसाठी कागदाच्या पट्टीवर खुणा करा. १०० मीटरच्या, १ व २०० मीटरच्या रेषेसाठी २ याप्रमाणे खुणांना क्रमांक द्या.



आकृती ६.२७

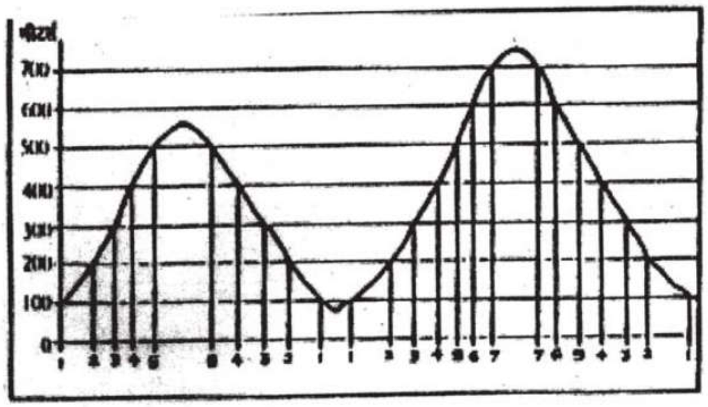
खुणा केलेली कागदाची पट्टी आलेखाच्या 'क्ष' अक्षाला जुळवा व कागदाच्या पट्टीवरील सर्व खुणा आणि त्यांचे क्रमांक 'क्ष' अक्षावर काढा.



आकृती ६.२८

'य' अक्षावर उंचीसाठी योग्य प्रमाण घ्या व त्या बिदूमधून 'क्ष' अक्षाला समांतर रेषा काढा. (वहीवर छेद काढताना वहीवरील आडव्या रेषांचाच वापर करा) या रेषेलगत ०,१००, २००, ३०० ... याप्रमाणे उंची दर्शविणारे आकडे लिहा.

'क्ष' अक्षावरील खुणांमधून त्या खुणांच्या उंचीच्या रेषेपर्यंत लंब रेषा काढा व टोकाला ठळक बिंदू काढा. अशा प्रकारे मिळालेले बिंदू एकमेकांना जोडून बाह्याकार पूर्ण करा.



आकृती ६.२९

आंतरदर्शनीयता :

एखाद्या ठिकाणी उभे राहिले असता दुसरे ठिकाण दिसत असेल तर ती दोन ठिकाणे आंतरदर्शनीय आहेत असे मानले जाते.

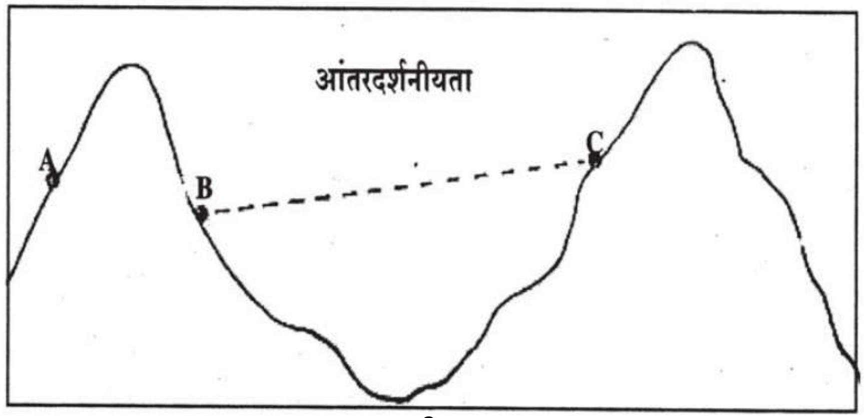
एखाद्या ठिकाणाहून दुसरे दिसत नसेल तर ती दोन ठिकाणे आंतरदर्शनीय नाहीत असे मानले जाते.

छेद काढतानाच आंतरदर्शनीयता ठरविणे सोपे जाते.

छेद काढण्यासठी कागदाच्या पट्टीवर समोच्च रेषांची स्थाने खुणांनी दर्शविली जातात. त्याच वेळी ज्या दोन किंवा अधिक बिंदूमधील आंतरदर्शनीयता ठरविण्यासाठी त्या बिदूची स्थानेही कागदाच्या पट्टीवर दाखवावी.

छेद काढून पूर्ण झाल्यावर या बिंदूमधून लंब काढावे आणि हे लंब छेदाच्या रेषेला ज्या ठिकाणी छेदतात त्या ठिकाणी या बिदूचे स्थान दर्शवावे.

ज्या बिंदूची आंतरदर्शनीयता तपासायची त्या बिंदूला सरळरेषेने जोडा. जर या सरळ रेषेला कोणताही अडथळा नाही तर हे बिंदू आंतरदर्शनीय आहेत व जर या बिंदूना जोडणाऱ्या रेषेस डोंगर/टेकडी किंवा इतर भूरूपांचा अडथळा आला तर हे दोन बिंदू एकमेकांना दिसणार नाहीत व अशा वेळी ते बिंदू आंतरदर्शनीय नसतात.

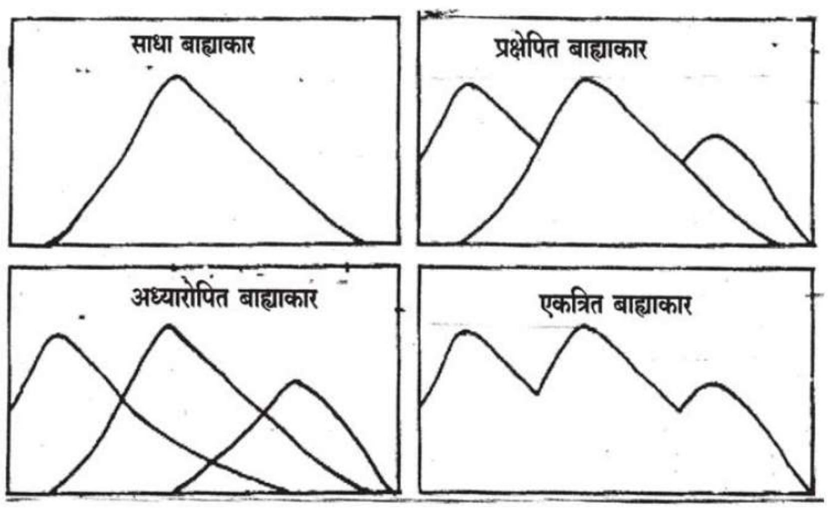


आकृती ६.३०

वरील आकृतीतील A व B, A व C अेहतादर्शनीय नाहीत. B व C आंतरदर्शनीय आहेत.

बाह्याकार (Profiles) :

भूरूपांच्या बाह्याकारांचा अभ्यास भूप्रदेशाच्या विश्लेषणात उपयुक्त ठरतो. बाह्याकार (Profiles) काढण्याची पद्धत छेदाप्रमाणेच आहे.



आकृती ६.३१

१) **साधा बाह्याकार :** यामध्ये एकाच भूरूपाचा बाह्याकार असतो.

२) **अध्यारोपित बाह्याकार :** यात अनेक भूरूपांचे बाह्याकार एकाच 'क्ष' अक्षावर काढले जातात.

३) **प्रक्षेपित बाह्याकार :** यामध्ये अनेक भूरूपांचे बाह्याकार एकाच 'क्ष' अक्षावर काढले जातात. मात्र समोरुन दिसणाऱ्या भूरूपाचा बाह्याकार आधी काढतात त्यानंतर मागे असलेल्या भूरूपाचे बाह्याकार काढतना पुढच्या भूरूपामुळे झाकला गेलेला भाग काढत नाहीत.

४) **एकत्रित बाह्याकार :** सर्व भूरूपांची एकत्रित बाह्य रेषा यात काढली जाते.

❖❖❖❖

प्रथम वर्ष कला शाखेतील भूगोल अभ्यासक्रमांसाठी २०२०-२०२१ पासून सत्रांतीपरीक्षेसाठी प्रश्नपत्रिकेचा सुधारित नमुना

परीक्षेचा कालावधी : ३ तास **एकूण गुण : १०० (प्रती सत्र)**

सूचना :

१) सर्व प्रश्न (प्रश्न क्र. १ ते ५) सोडविणे अनिवार्य आहे.

२) आवश्यक ठिकाणी सुबक आकृत्या व आराखड्याचा वापर करा.

३) नकाशा पुरवणी मुख्य उत्तरपत्रिकेस जोडा.

४) उजवीकडील अंक पूर्ण गुण दर्शवितात.

प्र. १ कोणतेही एक प्रश्न सोडवा. (प्रकरण ५) २० गुण

अ

ब

क

प्र. २ कोणतेही दोन प्रश्न सोडवा. (प्रकरण १) २० गुण

अ

ब

क

प्र. ३ कोणतेही दोन प्रश्न सोडवा. (प्रकरण २) २० गुण

अ

ब

क

प्र. ४ कोणतेही दोन प्रश्न सोडवा. (प्रकरण ३) २० गुण

अ

ब

क

प्र. ५ कोणतेही दोन प्रश्न सोडवा. (प्रकरण ४) २० गुण

अ

ब

क

❖❖❖❖