

१. भूस्वरूपशास्त्र (Geomorphology)

■ 1. पृथ्वीचा अंतरंग (INTERIOR OF EARTH)

■ पृथ्वीची संरचना (Structure of the Earth)

• भू-कवच (Crust):

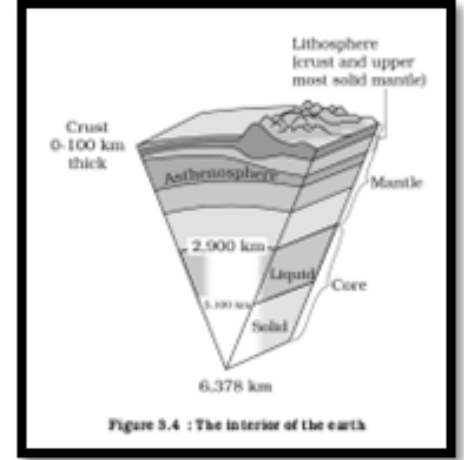
- खंडीय कवच (Continental Crust): सुमारे ३५ किमी जाडीचे; हे ग्रॅनाइटिक (granitic) खडकांपासून बनलेले आहे. → उदा. हिमालय पर्वत.
- महासागरीय कवच (Oceanic Crust): ५ ते १० किमी जाडीचे; हे बेसाल्टिक (basaltic) खडकांपासून बनलेले आहे. → हे अधिक घन (denser) असते.

• प्रावरण (Mantle):

- सुमारे २९०० किमी जाडीचे; हे सिलिकेट-समृद्ध (silicate-rich) पदार्थांपासून बनलेले आहे.
- दुर्बलावरण (Asthenosphere) हा प्रावरणाचा काही भाग अंशतः वितळलेल्या (partially molten) स्वरूपात असतो. → हाच भूपट्ट संचलनाचा (plate movement) प्रमुख विभाग आहे.

• गाभा (Core):

- बाह्य गाभा (Outer Core): द्रव (liquid) स्वरूपातील लोह (Fe) आणि निकेल (Ni) यांपासून बनलेला आहे. → यामुळेच पृथ्वीचे चुंबकीय क्षेत्र (magnetic field) निर्माण होते.
- अंतर्गत गाभा (Inner Core): स्थायू (solid) स्वरूपातील लोह (Fe) आणि निकेल (Ni) यांपासून बनलेला आहे. → याची घनता खूप जास्त (very dense) असते.



■ पृथ्वीच्या अंतरंगाचा पुरावा (Evidence of Earth Interior)

भूकंपाच्या लाटा: (Seismic Waves:)	भूकंपीय लहरी (Seismic Waves) - सर्वात विश्वसनीय पुरावा	
	<ul style="list-style-type: none"> • P-लहरी (प्राथमिक लहरी - Primary Waves): <ul style="list-style-type: none"> ➤ या लहरी स्थायू (solids) आणि द्रव (liquids) या दोन्ही माध्यमांतून प्रवास करतात. 	

	<ul style="list-style-type: none"> • S-लहरी (द्वितीयक लहरी - Secondary Waves): <ul style="list-style-type: none"> ➤ या लहरी केवल स्थायु (solids) माध्यमातूनच प्रवास करू शकतात. ➤ बाह्य गाभ्यामध्ये (outer core) या लहरींची अनुपस्थिती (absence) हे सिद्ध करते की बाह्य गाभा द्रव (liquid) अवस्थेत आहे. • छाया क्षेत्रे (Shadow Zones): <ul style="list-style-type: none"> ➤ P-लहरींचे छाया क्षेत्र (P-wave Shadow Zone): हे १०३° ते १४२° या अंशांदांम्यान आढळते. → हे क्षेत्र गाभा-प्रावरण सीमेवर (core-mantle boundary) लहरींच्या अपवर्तनामुळे (refraction) निर्माण होते. ➤ S-लहरींचे छाया क्षेत्र (S-wave Shadow Zone): हे १०३° च्या पलीकडे (beyond 103°) आढळते. → यामुळे द्रव बाह्य गाभ्याची (liquid outer core) निश्चिती होते. • लहरींच्या वेगातील बदल (Wave Speed Changes): <ul style="list-style-type: none"> ➤ या बदलांवरून पृथ्वीच्या अंतरंगातील थरांची घनता (density) आणि स्वरूप (उदा. स्थायू, द्रव) स्पष्ट होते. ➤ उदा. मोहो (Moho) सीमाभागावर (भू-कवच आणि प्रावरण यांच्या सीमेवर) लहरींच्या वेगात होणारी तीव्र वाढ ही प्रावरणाच्या संरचनेत (mantle composition) मोठा बदल झाल्याचे सूचित करते. 	<p>Figure 3.2 (a) and (b) : Earthquake Shadow Zones</p>
--	---	---

<p>१. ज्वालामुखी आणि मॅग्मा पदार्थ Volcanic & Magma Materials</p>	<ul style="list-style-type: none"> • लाव्हा (Lava) पृथ्वीच्या प्रावरणाचे (mantle) नमुने पृष्ठभागावर आणतो. → या नमुन्यांची रचना अति-माफि (ultramafic composition) असते, म्हणजे ते मॅग्नेशियम (Mg) आणि लोह (Fe) यांनी समृद्ध असतात. • वायू (Gases) (उदा. SO₂, CO₂, पाण्याची वाफ (H₂O vapour) हे खोलवर चाललेल्या रासायनिक प्रक्रिया (deep chemical processes) दर्शवतात.
<p>२. चुंबकीय पुरावा (Magnetic Evidence)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • पृथ्वीचे चुंबकीय क्षेत्र (Earth's Magnetic Field): हे द्रव बाह्य गाभ्यामध्ये (liquid outer core) होणाऱ्या अभिसरण प्रक्रियेमुळे (convection) निर्माण होते (जिओडायनामो - Geodynamo).

	<ul style="list-style-type: none"> • पुरातन चुंबकत्व (Paleomagnetism): खडकांमध्ये सापडलेल्या प्राचीन चुंबकीय खुणा (Ancient magnetic signatures) ध्रुवांचे उलट होणे (pole reversal) आणि भू-कवचाचे संचलन (crust movement) दर्शवतात. → हा पुरावा पृथ्वीच्या अंतरंगातील स्तररचनेला (internal layering) समर्थन देतो.
३. उष्णता प्रवाह (Heat Flow)	<ul style="list-style-type: none"> • उष्णता खोलीनुसार वाढते ~33°C प्रति किमी पृष्ठभागाजवळ). • उच्च उष्णता प्रवाह क्षेत्रे (High heat flow zones) → विवर्तनिक भूपट्ट सीमा (tectonic plate boundaries), ज्वालामुखी पट्ट्या (volcanic belts). • निम्न उष्णता प्रवाह (Low heat flow) → स्थिर ढालीच्या स्वरूपाचे प्रदेश (stable shield areas) (उदा. द्वीपकल्पीय भारत - Peninsular India).
४. तापमान, दाब आणि घनता (Temperature, Pressure, and Density)	<ul style="list-style-type: none"> • तापमान (Temperature): खोलीनुसार वाढते (भू-औष्णिक प्रवणता - geothermal gradient). • दाब (Pressure): गाभ्यामध्ये (core) सर्वाधिक असतो → अनेक दशलक्ष वातावरणाएवढा (several million atmospheres). • घनता (Density): गाभ्यामध्ये (Fe-Ni) सर्वात जास्त (Heaviest), तर भू-कवचावर (crust) सर्वात कमी (lightest) असते.

■ 2. खंडे आणि महासागर यांच्या वितरणाचे स्पष्टीकरण देणारे सिद्धांत

2. Theories explaining distribution of continents and oceans

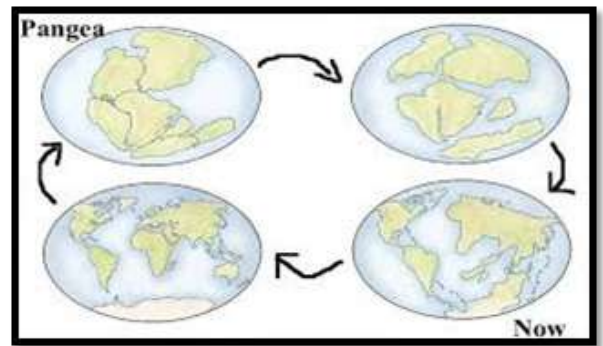
■ अ. खंडवहनाचा सिद्धांत (Continental Drift Theory)

• मूलभूत कल्पना (Basic Idea)

- सर्व खंडे एकेकाळी पॅन्जिया (Pangaea) नावाचा एकच महाखंड (single supercontinent) होते, जो पॅन्थालसा (Panthalassa) नावाच्या वैश्विक महासागराने (universal ocean) वेढलेला होता.
- सुमारे २०० दशलक्ष वर्षांपूर्वी (200 million years ago), पॅन्जियाचे तुकडे झाले - खंडे वाहून (drifted) सध्याच्या स्थानांवर पोहोचली.

• मुख्य पुरावा (Key Evidence)

- समुद्रकिनार्यांचे जुळणे (Coastlines match): दक्षिण अमेरिका - आफ्रिका यांचा किनारा जुळतो - भूवैज्ञानिक (geology) समानता दर्शवतो.
- जीवाश्मांची (Fossils) जुळणी:
 - ◆ मेसोसॉरस (Mesosaurus) (ब्राझील - दक्षिण आफ्रिका).
 - ◆ ग्लॉसॉप्टेरिस (Glossopteris) (भारत-ऑस्ट्रेलिया-अंटार्क्टिका).
- हिमनदीचे निक्षेप (Glacial deposits): भारत-ऑस्ट्रेलिया-दक्षिण आफ्रिका ही क्षेत्रे एकेकाळी दक्षिण ध्रुवाजवळील (South Pole) भागात होती.
- पर्वतश्रेणी (Mountain chains): अपलेशियन (Appalachians) (अमेरिका) - कॅलेडोनियन (Caledonians) (युरोप) - यांचा उगम एकच आहे.



➤ हवामानाचे संकेत (Climatic clues):

- ◆ अंटार्क्टिकामध्ये सापडलेला कोळसा (Coal) - तेथील उष्णकटिबंधीय (tropical) भूतकाळ दर्शवतो.
- ◆ समशीतोष्ण कटिबंधात (temperate zones) सापडलेल्या प्रवाळ भिंती (coral reefs) - खंडांचे स्थान बदलले असल्याचे सूचित करतात.

● **त्रुटी (Weakness)**

- सिद्धांतात प्रस्तावित केलेली बले (उदा. भरती-ओहोटीचे आकर्षण, पृथ्वीचे परिभ्रमण) - अतिशय कमकुवत होती - त्यामुळे संयंत्रणा (mechanism) नाकारण्यात आली.

● **महत्त्व (Significance)**

- गतिमान खंडांची (mobile continents) कल्पना मांडली - ज्यामुळे सागरतळ विस्तार (Sea-Floor Spreading) आणि भूपट्ट विवर्तनिकी (Plate Tectonics) या सिद्धांतांचा मार्ग मोकळा झाला.

■ **ब. सागरतळ विस्तार सिद्धांत (Sea Floor Spread Theory) (हॅरी हेस - Harry Hess, १९६२)**

● **मूलभूत कल्पना / अर्थ (Core Idea / Meaning)**

- महासागराचा तळ स्थिर नाही (Ocean floors are not fixed) → मध्य-महासागर पर्वतरांगांवर (mid-ocean ridges) नवीन कवच तयार होते → हे कवच बाहेरच्या बाजूला पसरते (Spreads outward) → खोल गर्तांमध्ये (trenches) जुने कवच नष्ट होते (destroyed).

● **मुख्य पुरावा (Key Evidence)**

- मध्य-अटलांटिक पर्वतरांग (Mid-Atlantic Ridge): पर्वतरांगेवर सर्वात तरुण खडक (Youngest rocks) → पर्वतरांगेपासून दूर जाताना खडक जुने होत जातात.
- चुंबकीय पट्टे (Magnetic Stripes): सममिती असलेले चुंबकीय पट्टे (Symmetrical magnetic bands) → नवीन कवचात ध्रुवांचे उलटणे (Pole reversals) नोंदवले जाते.
- महासागर तळाचे वय (Ocean Floor Age): २०० दशलक्ष वर्षांपेक्षा जुने खडक आढळत नाहीत → याचा अर्थ सतत पुनर्चक्रण (Continuous recycling) होत आहे.
- उष्णता प्रवाह (Heat Flow): पर्वतरांगांवर सर्वात जास्त (Highest) उष्णता प्रवाह → मॅग्माचे वर येणे (magma upwelling) सिद्ध होते.
- भूकंप आणि ज्वालामुखी (Earthquakes & Volcanoes): पर्वतरांगा आणि गर्तांच्या बाजूने एकत्रित (Concentrated) → ही सक्रिय विवर्तनिक क्षेत्रे (Active tectonic zones) आहेत.

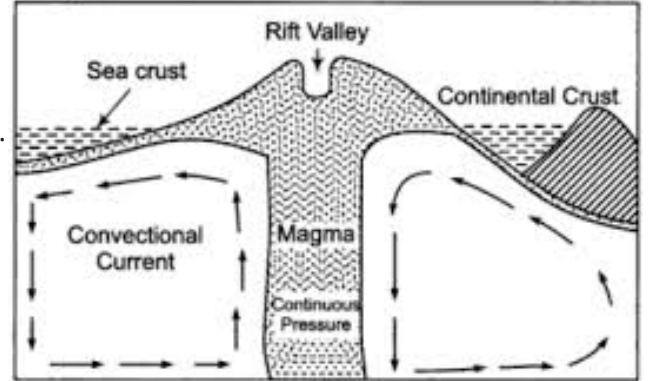


Fig. Sea Floor Spreading

● **प्रक्रिया (Process) बाणांनी जोडलेली (Arrow-Linked)**

- प्रावरणातील अभिसरण (Mantle convection) → मॅग्मा वर येतो (Magma rises) → सागरतळ पसरतो (Sea-floor spreads) → भूपट्ट सरकतात (Plates move) → जुने कवच गर्तांमध्ये खाली जाते.



- महत्त्व (Significance)
- खंडवहनासाठीची यंत्रणा (mechanism) पुरवली → भूपट्ट विवर्तनिकी सिद्धांताचा पाया रचला.

■ क. भूपट्ट विवर्तनिकी सिद्धांत (Plate Tectonics Theory) (मॅकेंझी, मॉर्गन - McKenzie, Morgan — १९६० चे दशक)

• मूलभूत कल्पना / अर्थ (Core Idea / Meaning)

- पृथ्वीचे शिलावरण (lithosphere) हे कठोर भूपट्टांमध्ये (rigid plates) विभागलेले आहे \rightarrow हे भूपट्ट अर्ध-वितळलेल्या दुर्बलावरणावर (semi-molten asthenosphere) सरकतात (move) \rightarrow या भूपट्टांच्या परस्परक्रिया (Interactions) मुळे सर्व प्रमुख भूस्वरूपे (major landforms) तयार होतात.

• मुख्य घटक (Key Components)

- शिलावरण भूपट्ट (Lithospheric Plates): ७ प्रमुख आणि अनेक लहान (उदा. भारतीय भूपट्ट - Indian Plate, पॅसिफिक भूपट्ट - Pacific Plate).
- दुर्बलावरण (Asthenosphere): हा कमकुवत (Weak), प्लॅस्टिकसारखा (plastic) थर आहे \rightarrow यामुळे भूपट्टांच्या हालचालीस (plate movement) वाव मिळतो.
- भूपट्ट सीमा (Plate Boundaries): अभिसारी (Convergent), अपसारी (Divergent) आणि रूपांतरित (Transform) सीमा.

1. अभिसारी (Convergent) ($\rightarrow\leftarrow$) २. अपसारी (Divergent) ($\leftarrow\rightarrow$)

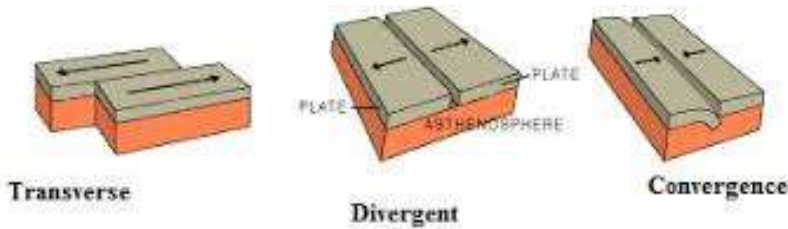
- भूपट्ट एकमेकांवर आदळतात (Plates collide) \rightarrow यामुळे वली पर्वत (Fold mountains) (उदा. हिमालय - Himalayas), ज्वालामुखी कमान (Volcanic arcs) (उदा. अँडीज - Andes), आणि महासागरी गर्ता (Trenches) (उदा. मारियाना - Marianas) यांची निर्मिती होते.

2. २. अपसारी (Divergent) ($\leftarrow\rightarrow$)

- भूपट्ट एकमेकांपासून दूर जातात (Plates move apart) \rightarrow यामुळे मध्य-महासागर पर्वतरांगा (Mid-ocean ridges) (उदा. मध्य-अटलांटिक पर्वतरांग - Mid-Atlantic Ridge), आणि भेगी दऱ्या (Rift valleys) (उदा. पूर्व आफ्रिकन भेग - East African Rift) यांची निर्मिती होते.

3. रूपांतरित/समांतर (Transverse/Transform) ($\uparrow\downarrow$) - बाजूने सरकणे)

- भूपट्ट एकमेकांच्या बाजूने घासून पुढे सरकतात (Plates slide past) \rightarrow यामुळे भूकंप (Earthquakes) (उदा. सॅन अँड्रियास विभंग - San Andreas Fault) येतात.



■ पुरावे (Evidence)

- सागरतळ विस्ताराचे स्वरूप (Sea-floor spreading patterns).
- चुंबकीय पट्टे (Magnetic stripes) \rightarrow पर्वतरांगांच्या दोन्ही बाजूंना सममित (symmetric) असतात.





- भूकंप आणि ज्वालामुखीचे वितरण (Distribution of earthquakes & volcanoes) अग्नि-वलयच्या (Ring of Fire) आसपास.
- खंडांचे जुळणे (Fit of continents) + जुळणारे जीवाश्म आणि भूविज्ञान.

■ महत्त्व (Significance)

- पर्वत, महासागरीय द्रोणी (ocean basins), भूकंप, ज्वालामुखी, भेगी दऱ्या (rift valleys), बेट कमानी (island arcs) यांच्या निर्मितीसाठी एकत्रित स्पष्टीकरण पुरवतो.
- पृथ्वीच्या गतिशीलतेचा (dynamics) सर्वात व्यापक सिद्धांत (Most comprehensive theory) → आधुनिक भूस्वरूपशास्त्राचा पाया आहे.

३. भूकंप (Earthquakes)

■ अर्थ (Meaning)

- भ्रंशरेषांच्या (faults) बाजूने ताण (stress) अचानक मोकळा होणे → ज्यामुळे भूकंपीय लहरी (seismic waves) निर्माण होतात आणि पृथ्वीचे भू-कवच थरथरु लागते (shaking Earth's crust).

■ मुख्य मुद्दे / वैशिष्ट्ये (Key Points / Features)

- प्रकार (Types): विवर्तनिक (tectonic) (मुख्य), ज्वालामुखी संबंधित, कोसळणे, प्रेरित (induced).
- उगमस्थान (उत्पत्तीचे ठिकाण) + भूकेंद्र (पृष्ठभागावरील बिंदू).
- परिमाण (रिश्टर/Mw) आणि तीव्रता (MMI) द्वारे मोजले जातात.
- भूपट्ट सीमांच्या बाजूने घडतात; अंतर्गत-भूपट्ट (intra-plate) भूकंपही शक्य आहेत.

■ पुरावा / उदाहरणे (भारत) (Evidence / Examples - India)

- हिमालयीन भूकंप (Himalayan quakes): (नेपाळ २०१५, काश्मीर, उत्तराखंड).
- द्वीपकल्पीय अंतर्गत-भूपट्ट भूकंप (Peninsular intraplate): लातूर १९९३, कच्छ २००९.

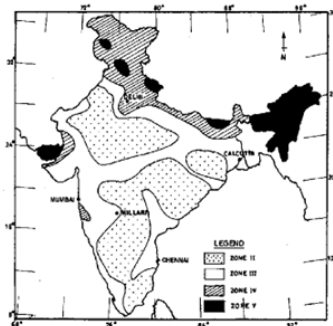
■ प्रक्रिया (Process)

- ताण तयार होतो (Stress builds) → खडकांचे विरूपण/खडक विकृत होतात (Rocks deform) होते भ्रंशरेषेवर भंग (Rupture along fault) होतो → ऊर्जा मोकळी होते → भूकंपीय लहरी (Seismic waves) → जमीन हादरते.

■ महत्त्व (Significance)

- प्रमुख धोका (Major hazard) → जीवितहानी, पायाभूत सुविधांचे कोसळणे, भूस्खलन.

■ भारतातील भूकंपीय क्षेत्रे (Seismic zones of India)



२. त्सुनामी (Tsunami)

■ मूलभूत कल्पना (Core Idea)

- महासागराच्या तळाचे अचानक उभे विस्थापन (sudden vertical displacement of ocean floor) झाल्यामुळे निर्माण होणाऱ्या लांब तरंगलांबीच्या (Long-wavelength) सागरी लाटा.

■ मुख्य वैशिष्ट्ये (Key Features)

- **कारणे (Causes):** पाण्याखालील भूकंप, भूस्खलन, ज्वालामुखीचा उद्रेक, उल्कापिंड आदळणे.
- खोल समुद्रात वेगाने प्रवास करतात; किनाऱ्याजवळ त्यांची उंची वाढते.
- एकाच लाटेएवजी लाटांच्या मालिकेत येतात.

■ पुरावा / उदाहरणे (भारत) (Evidence / Examples - India)

- २००४ हिंदी महासागर त्सुनामी → अंदमान-निकोबार आणि तमिळनाडूवर तीव्र परिणाम.
- मकरान सबडक्शन झोन (Makran Subduction Zone) बाजूने भविष्यातील संभाव्य धोका.

■ महत्त्व (Significance)

- उच्च-परिणाम असलेला किनारी धोका → यासाठी सुरुवातीलाच सूचना आणि स्थलांतर नियोजन आवश्यक आहे.

३. ज्वालामुखी क्रिया (Volcanic Activity)

■ अर्थ (Meaning)

- मॅग्मा (Magma) प्रारण/भू-कवचातून वर येतो → लाव्हा (lava), राख (ash) आणि वायू (gases) म्हणून उद्रेक (erupts) होतो.

■ प्रकार (Types)

• शिल्ड ज्वालामुखी (Shield Volcanoes)

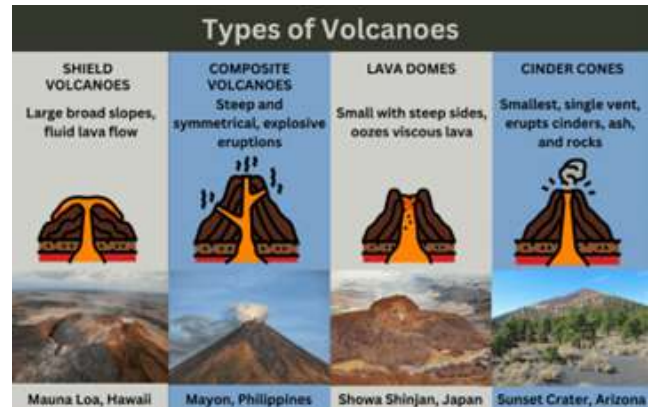
- रुंद, मंद उताराचे; प्रवाही बेसाल्टिक लाव्हामुळे तयार होतात.
- शांत, बिन-स्फोटक उद्रेक.
- उदाहरणे: हवाईयन (Hawaiian) ज्वालामुखी.

• संमिश्र किंवा स्ट्रॅटो-ज्वालामुखी (Composite or Stratovolcanoes)

- तीव्र उताराचे, शंकूच्या आकाराचे; लाव्हा आणि राखेच्या थरांनी एकआड एक (alternating) बनलेले.
- दाट (viscous) मॅग्मामुळे अत्यंत स्फोटक.
- उदाहरणे: माऊंट फुजी (Mt. Fuji), माऊंट सेंट हेलेन्स (Mt. St. Helens).

• सिंडर कोन ज्वालामुखी (Cinder Cone Volcanoes)

- पायरोक्लास्ट्स (cinders, ash) पासून बनलेले छोटे, तीव्र शंकू.





- अल्पायुषी उद्रेक; ज्वालामुखीच्या बाजूला आढळतात.
- उदाहरणे: पॅरिकुटिन (Parícutin) (मेक्सिको).
- **घुमट किंवा आम्ल लाव्हा ज्वालामुखी (Dome or Acid Lava Volcanoes)**
 - घुमटाच्या आकाराचे (Dome-shaped); अत्यंत दाट, सिलिका-समृद्ध लाव्हा (silica-rich lava).
 - हिंसक उद्रेक; लाव्हाची हालचाल मंद असते.
 - उदाहरणे: लॅसेन पीक (Lassen Peak).
- **फिशर ज्वालामुखी (Fissure Volcanoes)**
 - मध्यवर्ती मुखाएवजी लांब भेगांमधून उद्रेक.
 - बेसाल्टचा मोठा साठा → लाव्हा पठारे तयार होतात.
 - उदाहरणे: दख्खनचे पठार (Deccan Traps - भारत), आइसलँडिक उद्रेक.
- **कॅल्डेरा ज्वालामुखी (Caldera Volcanoes)**
 - स्फोटक उद्रेक + छताच्या कोसळण्यामुळे तयार झालेला मोठा खड्डा.
 - येथे सरोवरे किंवा नवीन सक्रियता दिसू शकते.
 - उदाहरणे: येलोस्टोन कॅल्डेरा (Yellowstone Caldera).
- **पाणबुडी (पाण्याखालील) ज्वालामुखी (Submarine - Underwater - Volcanoes)**
 - मध्य-महासागर पर्वतरांगांवर (mid-ocean ridges) आढळतात; पिलो लाव्हा (pillow lavas) तयार होतो.
 - वाढून बेटे तयार करू शकतात.
 - उदाहरणे: सर्टसी (Surtsey) (आइसलँड).
- **चिखल ज्वालामुखी (Mud Volcanoes)**
 - लाव्हाएवजी चिखल, पाणी आणि वायू (mud, water, gases) यांचा उद्रेक होतो.
 - पेट्रोलियम/गॅस क्षेत्रांशी (petroleum/gas fields) संबंधित असतात.
 - उदाहरणे: बारटांग (Baratang) (अंदमान व निकोबार, भारत).

■ पुरावा / उदाहरणे (भारत) (Evidence / Examples - India)

- दख्खनचे पठार (फिशर उद्रेक - fissure eruptions).
- बॅरन बेट (Barren Island) (अंदमान समुद्रातील सक्रिय ज्वालामुखी).
- नारकोंडम (Narcondam) (सुप्त ज्वालामुखी - dormant).

४. भूस्वरूपे (Landforms)

भूस्वरूपे (Landforms) = अपक्षरण (erosion), संचयन (deposition), विदारण (weathering), विवर्तनिक क्रिया (tectonics), आणि ज्वालामुखी क्रिया यांमुळे तयार झालेले भौतिक वैशिष्ट्ये.

भूस्वरूपाचे स्वरूप कारक + प्रक्रिया + रचना यानुसार बदलते.

■ मुख्य मुद्दे (Key Points)

- कारकांनुसार वर्गीकरण (Classified by agents):



- नदी (River) (उदा. गंगा मैदान - Ganga valley),
 - वारा (Wind) (उदा. थार वाळवंट - Thar Desert),
 - हिमनदी (Glacier) (उदा. हिमालय - Himalayas),
 - समुद्र (Sea) (उदा. कोकण किनारा - Konkan coast),
 - कार्स्ट (Karst) (उदा. मेघालय चुनखडक - Meghalaya limestone),
 - ज्वालामुखी (Volcanic) (उदा. दख्खनचा ट्रॅप - Deccan Trap),
 - संरचनात्मक (Structural) (उदा. नर्मदा भेग - Narmada rift).
- प्रत्येक कारक → विशिष्ट अपक्षरण (erosional) + संचयन भूस्वरूपे (depositional forms) तयार करतो (उदा. नद्या → दऱ्या/घळइ आणि त्रिभुज प्रदेश; वारा → यारडांग (yardangs) आणि वाळूचे ढिगारे (dunes)).
 - **भूस्वरूपांवर खालील गोष्टींचे नियंत्रण असते:**
 - खडकाचा प्रकार (उदा. बेसाल्ट-दख्खन),
 - उतार (उदा. हिमालयीन तीव्र उतार - Himalayan steep gradients),
 - हवामान (उदा. शुष्क थार - arid Thar),
 - रचना (उदा. भ्रंश असलेले नर्मदा खोरे - faulted Narmada), आणि
 - वेळ (time).
 - भारतात सर्व प्रमुख भूस्वरूपांचे प्रकार आढळतात → हिमालयीन U-आकाराच्या दऱ्यांपासून ते किनारी खाड्यांपर्यंत (उदा. चिल्का - Chilika) आणि ज्वालामुखी पठारांपर्यंत (उदा. दख्खन).

विविध भूस्वरूपे (Various Types of Landforms)

कारक (Agent)	संचयनात्मक भूस्वरूपे (Depositional Landforms)	क्षरणजन्य भूस्वरूपे (Erosional Landforms)	आकृती (Diagram)
नदी (Fluvial)	पूरमैदान (Floodplain)	V-आकाराची दरी (V-shaped valley)	

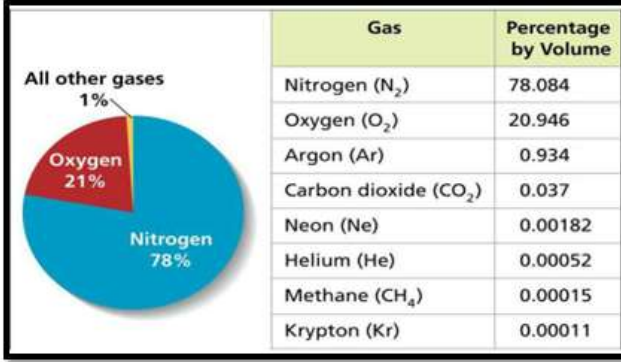


<p>वारा (Aeolian)</p>	<p>वाळूचे ढिगारे (Sand dunes) (उदा. बरखान/Barchan, रेखाकृती/Longitudinal), लोएस (Loess)</p>	<p>अपवहन खळगे (Deflation hollows), यारदांग (Yardang), झ्युगेन (Zeugen), भूछत्र खडक (Mushroom rock)</p>	<p>Aeolian Landforms: Erosional</p>
<p>हिमनदी (Glacier/ Glacial)</p>	<p>हिमोढ (Moraines) (उदा. पार्श्व हिमोढ/lateral, मध्य हिमोढ/medial, अंत्य हिमोढ/terminal), ड्रमलिन्स (Drumlins), एस्कर्स (Eskers), बहिर्धूत मैदान (Outwash plains)</p>	<p>हिमकडा/कडा (Cirque), एरेट (Arête), शिखर (Horn), U-आकाराची दरी (U-shaped valley), फ्योर्ड (Fjord)</p>	
<p>सागर/लाटा (Sea/Waves - Marine)</p>	<p>किनारे (Beaches), वाळूची दांडी (Spits), वाळूची भिंत (Bars), टॉम्बोलोज (Tombolos), खाजण (Lagoons)</p>	<p>कडा/कलिभ (Cliffs), तरंग घर्षित मंच (Wave-cut platforms), समुद्री गुहा (Sea caves), कमानी (Arches), स्तंभ/स्टॅक्स (Stacks)</p>	
<p>कार्स्ट (Karst / द्रावण क्रिया) (Solution)</p>	<p>स्टॅलॅक्टाइट्स (Stalactites), स्टॅलॅग्माइट्स (Stalagmites), स्तंभ (Pillars), ट्रॅवर्टाइन निक्षेप (Travertine deposits)</p>	<p>निमज्जन विवर (Sink-holes), डोलिन्स (Dolines), उव्हालास (Uvalas), पोलजेस (Poljes), दगडी छत/चुना खडक पदपथ (Limestone pavements)</p>	<p>Various Karst topography features</p>
<p>ज्वालामुखी (Volcanic)</p>	<p>लावा पठारे (Lava plateaus), शिल्ड शंकू (Shield cones), राखेचे थर (Ash beds)</p>	<p>कॉलडेरा (Calderas) (ज्वालामुखीच्या मुखाचा कोसळून झालेला मोठा खड्डा), ज्वालामुखी मान (Volcanic necks), डाइक/सिल उघड पडणे (Dyke/sill exposure) (क्षरणानंतर)</p>	



अ. वातावरणाची मूलतत्त्वे (Basics of Atmosphere)

■ वातावरणाची रचना (Composition of the Atmosphere)



■ वातावरणाची रचना (Structure of the Atmosphere)

• तपांबर (Troposphere)

- सर्वात खालचा थर; सुमारे १२ किमी पर्यंत जाडी (विषुववृत्तावर जास्त, ध्रुवांवर कमी).
- उंचीनुसार तापमान कमी होते.
- हवामानाशी संबंधित घटना (Weather phenomena), ढग, पाण्याची वाफ (water vapour) येथे उपस्थित असतात.

• स्थितांबर (Stratosphere)

- १२ ते ५० किमी पर्यंत.
- ओझोन थरामुळे तापमान वाढते.
- स्वच्छ, स्थिर; विमानांसाठी आदर्श; अतिनील किरणे शोषून घेतो.

• दलांबर (Mesosphere)

- ५० ते ८० किमी पर्यंत.
- तापमान कमी होते; सर्वात थंड थर (coldest layer).
- उल्का (Meteors) येथे जळून जातात.

• आयनंबर/उष्णतांबर (Thermosphere)

- ८० ते ४०० किमी पर्यंत.
- तापमान तीव्रपणे वाढते; आयनमंडल उपस्थित असते.
- रेडिओ लहरींचे प्रसारण (Radio wave propagation); ऑरोरा (auroras) येथे दिसतात.





• बाह्यावरण (Exosphere)

- सुमारे ४०० किमीच्या वर.
- अतिशय विरळ; बाह्य अवकाशात मिश्रित होतो.
- प्रामुख्याने हायड्रोजन आणि हेलियम वायू असतात.

ब. सौर किरणोत्सर्जन आणि उष्णता बजेट (Solar Radiation & Heat Budget)

■ पृथ्वीचे उष्णता बजेट (Heat Budget of the Earth)

- पृथ्वी येणारी सौर किरणे (insolation) आणि बाहेर जाणारे पार्थिव दीर्घ-तरंग किरणोत्सर्जन यांच्यात संतुलन राखते.
- सौर ऊर्जेचे सुमारे १०० एकक पृथ्वी-वातावरण प्रणालीपर्यंत पोहोचतात (स्पष्टतेसाठी वापरलेले संकल्पनात्मक मूल्य).
- ३० एकक परत परावर्तित होतात (reflected back) → ढग, वातावरण आणि पृथ्वीच्या पृष्ठभागाद्वारे (ग्रहीय अल्बेडो - planetary albedo $\approx 30\%$).
- ५१ एकक पृथ्वीच्या पृष्ठभागाद्वारे शोषले जातात → जमीन आणि महासागर गरम करतात.
- १९ एकक वातावरणाद्वारे शोषले जातात → मुख्यतः पाण्याची वाफ, ओझोन आणि धुळीमुळे.
- पृष्ठभाग पार्थिव किरणोत्सर्जन (terrestrial radiation), अभिसरण (convection), वहण (conduction), आणि गुप्त उष्णता (latent heat) द्वारे ऊर्जा बाहेर टाकतो.
- हरितगृह परिणामामुळे, वातावरण या दीर्घ-तरंग किरणोत्सर्जनाचा काही भाग पृष्ठभागाकडे परत पाठवते, ज्यामुळे पृथ्वी उबदार राहते.
- **एकंदरीत संतुलन (Overall balance):** दीर्घ कालावधीत येणारी ऊर्जा = बाहेर जाणारी ऊर्जा → जागतिक तापमान राखले जाते.
- **कोणताही असंतुलन (Any imbalance)**
 - वाढ (Warming): (हरितगृह वायू वाढणे ↑, अल्बेडो कमी होणे ↓).
 - थंड होणे (Cooling): (एरोसोल वाढणे ↑, ज्वालामुखीची धूळ वाढणे ↑).
- **अक्षांशानुसार असंतुलन (Latitudinal imbalance):** उष्ण कटिबंधात उष्णतेचा साठा (Surplus heat) आणि ध्रुवांवर उष्णतेची कमतरता (deficit) → यामुळे वारे, सागरी प्रवाह आणि मान्सून प्रणाली संचालित होतात.
- उष्णता बजेट हवामान विभाग, महासागर-वातावरण अभिसरण आणि दीर्घकालीन हवामान बदलाचे प्रवृत्ती (long-term climate change trends) स्पष्ट करते.

■ मूलभूत संकल्पना (Basic Terms)

1. सूर्यातप (Insolation)

- पृथ्वीला मिळणारे येणारे सौर विकिरण (Incoming Solar Radiation).
- हे तापमान, ऋतू (Seasons) आणि हवामान पद्धतींवर नियंत्रण ठेवते.

2. सौर स्थिरांक (Solar Constant)

- वातावरणाच्या शीर्षस्थानी (Top of Atmosphere) प्रति एकक क्षेत्रफळास मिळणाऱ्या सौर ऊर्जेचे प्रमाण होय.
- (अंदाजे. $\sim 1361 \text{ W/m}^2$)
- पृष्ठभागावर मिळणारा प्रत्यक्ष सूर्यातप हा कोन (Angle), ढग आणि पृथ्वी-सूर्य अंतर यांमुळे बदलत असतो.



3. अल्बेडो (Albedo)

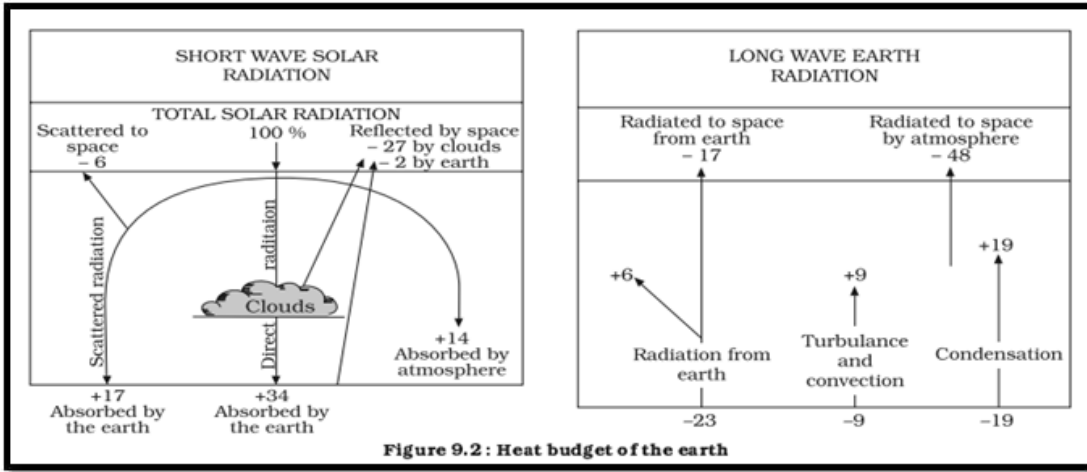
- पृथ्वीला उष्णता न देता परत परावर्तित (Reflected back) होणाऱ्या सौर विकिरणाची टक्केवारी (Percentage).
- उच्च अल्बेडो: बर्फ, हिम (Ice, Snow); कमी अल्बेडो: महासागर, वनक्षेत्र (Oceans, Forests).

4. उष्मा बजेट / पृथ्वीचा ऊर्जा समतोल (Heat Budget / Earth's Energy Balance)

- येणारे सौर विकिरण (Incoming Solar Radiation) आणि बाहेर जाणारे भूगर्भीय विकिरण (Outgoing Terrestrial Radiation) यांच्यातील समतोल (Balance).
- हा समतोल पृथ्वीच्या तापमान स्थिरतेला (Temperature Stability) निश्चित करतो.

5. भूगर्भीय / पार्थिव विकिरण (Terrestrial Radiation)

- उष्ण झाल्यानंतर किंवा रात्रीच्या वेळी पृथ्वीच्या पृष्ठभागातून उत्सर्जित होणारे दीर्घ-लहरी अवरक्त विकिरण (Longwave Infra-red Radiation).



■ तापमान वितरणावर परिणाम करणारे घटक (Factors Affecting Temperature Distribution)

- **अक्षांश (Latitude):** → सौरशक्तीचा कोन (angle of insolation) नियंत्रित करतो; ध्रुवांकडे तापमान कमी होते.
- **उंची (Altitude):** → जास्त उंची → हवा विरळ → कमी तापमान (पर्यावरणीय ऱ्हास दर - environmental lapse rate).
- **समुद्रापासूनचे अंतर (खंडांतर्गतता - Continentality):** → महासागर तापमान मध्यम ठेवतात; खंडांतर्गत भागात अति थंडी/उष्णता आढळते.
- **महासागरी प्रवाह (Ocean Currents):** → उष्ण प्रवाह किनारी तापमान वाढवतात; थंड प्रवाह ते कमी करतात.
- **वारे आणि वायू राशी (Wind & Air Masses):** → वारे त्यांच्या स्रोत प्रदेशाचे तापमान वाहून नेतात; स्थानिक हवामानात बदल करतात.
- **ढगांचे आवरण (Cloud Cover):** → ढग दिवसाची उष्णता कमी करतात आणि रात्रीचे थंड होणे कमी करतात.
- **उतार आणि स्वरूप (Slope & Aspect):** → दक्षिण-मुखी उतार (उत्तर गोलार्धात - in NH) जास्त सौरशक्ती (more insolation) प्राप्त करतात → ते अधिक गरम असतात.
- **जमीन-पाणी यातील भिन्नता:** → जमीन जलद गरम/थंड होते; महासागर हळू गरम/थंड होतात → याचा ऋतूवर परिणाम होतो.
- **पृष्ठभावाचे स्वरूप (अल्बेडो - Albedo):** → उच्च अल्बेडो (बर्फ, हिम) → कमी तापमान; निम्न अल्बेडो (वनस्पती, महासागर) → जास्त तापमान.



- **वनस्पती आवरण:** → दाट वनस्पती बाष्पोत्सर्जनाद्वारे तापमान कमी करतात.
- **शहरीकरण:** → काँक्रीट, वाहतूक, उद्योग उष्णता शोषून ठेवतात → शहरी उष्णता बेट परिणाम.
- **वातावरणाचा अभिसरण (Atmospheric Circulation):** → खाली येणारी हवा (उच्च दाब) → उष्ण; वर जाणारी हवा (निम्न दाब) → थंड.
- **ढग, धूळ, एरोसोल (Clouds, Dust, Aerosols):** → किरणोत्सर्जनाचे विकिरण/शोषण करतात → पृष्ठभागावरील तापमान कमी करतात.
- **ऋतूनुसार सूर्याचा मार्ग (Seasonal Sun Path):** → पृथ्वीच्या अक्षीय कलनामुळे (Tilt of Earth) ऋतूंमध्ये सौरशक्तीमध्ये (insolation) बदल होतो.

■ तापमान उत्क्रमण (Temperature Inversion)

■ अर्थ (Meaning)

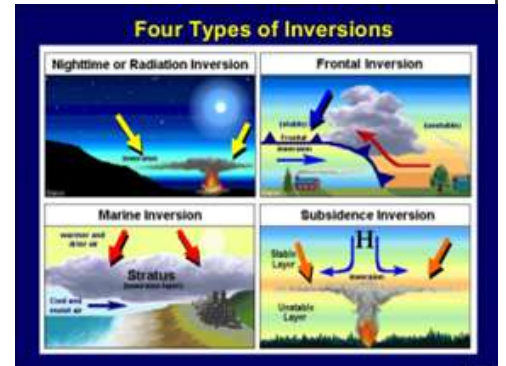
- एक अशी स्थिती, जिथे उंचीनुसार तापमान वाढते, आणि सामान्य न्हास दराच्या (normal lapse rate) उलट स्थिती म्हणजेच उत्क्रमण (reversal) निर्माण होते.

■ मुख्य मुद्दे / वैशिष्ट्ये (Key Points / Features)

- पृष्ठभागाजवळ थंड हवेवर (cooler air) उष्ण हवा (Warm air) आच्छादित (overlays) होते → ज्यामुळे स्थिर वातावरण (stable atmosphere) तयार होते.
- उभ्या मिश्रणाला (vertical mixing) दाबून टाकते (Suppresses); प्रदूषक (pollutants), धुके (fog), धुंद (smog) अडवून ठेवते (traps).
- हिवाळ्यातील रात्री, दऱ्या आणि उच्च दाब (high-pressure) परिस्थितीमध्ये सामान्यपणे आढळते.

■ उत्क्रमणाचे प्रकार (Types of Inversion)

- **किरणोत्सर्जन उत्क्रमण (Radiation Inversion)**
 - रात्री पृष्ठभाग थंड होतो → उष्ण थराखाली थंड हवा अडकते.
- **अभिवहन उत्क्रमण (Advection Inversion)**
 - उष्ण हवा थंड पृष्ठभागावरून (उदा. थंड महासागर) सरकते.
- **अधोगमन उत्क्रमण (Subsidence Inversion)**
 - उच्च दाब प्रणालीमध्ये हवा खाली बसते आणि थंड पृष्ठभागावरील हवेपेक्षा गरम होते.
- **दरी उत्क्रमण (Valley Inversion)**
 - थंड, दाट हवा उतारावरून खाली वाहत येते आणि दऱ्यांमध्ये अडकून राहते.





<ul style="list-style-type: none">■ अनुकूल परिस्थिती (Favourable Conditions)<ul style="list-style-type: none">● निरभ्र आकाश (Clear Skies): ढग नसताना उष्णतेचे उत्सर्जन (Radiation) अधिक प्रभावीपणे होते.● शांत वारे (Calm Winds): वाऱ्याच्या अभावी हवेचे थर स्थिर राहतात आणि उष्णता मिसळत नाही.● लांब हिवाळ्याच्या रात्री (Long Winter Nights): रात्रीचा कालावधी जास्त असल्याने पृष्ठभाग अधिक थंड होतो.● कोरडी हवा (Dry Air): आर्द्रता कमी असल्याने उष्णतेचे विकिरण अधिक वेगाने होते.● दरीचे स्थलाकृति (Valley Topography): दऱ्यांमध्ये थंड हवा अडकून राहते, ज्यामुळे तापमान व्युत्क्रमण (Temperature Inversion) होऊ शकते.	<ul style="list-style-type: none">■ उदाहरणे (भारत)<ul style="list-style-type: none">● दिल्लीतील हिवाळ्यातील धुके● उत्तर भारतीय दऱ्या (डेहराडून, काश्मीर)● हिवाळ्यात इंडो-गंगेचा मैदानी प्रदेश
<ul style="list-style-type: none">■ परिणाम / महत्त्व (Implications / Significance)<ul style="list-style-type: none">● वायू प्रदूषण आणि धुक्याची निर्मिती वाढवते: थंड आणि स्थिर हवेत प्रदूषक आणि बाष्प अडकून राहते.● विमान वाहतूक आणि दृश्यमानतेवर परिणाम: धुक्यामुळे दृश्यमानता कमी होते, ज्यामुळे विमान वाहतुकीवर परिणाम होतो.● हवामानाची स्थिरता आणि स्थानिक हवामानावर परिणाम: स्थानिक पातळीवर तापमान, आर्द्रता आणि हवेच्या गुणवत्तेवर दीर्घकाळ परिणाम करते.	

शहरी उष्णता बेट परिणाम: कारणे, परिणाम आणि उपाय

प्रस्तावना (Introduction)

शहरी उष्णता बेट (Urban Heat Island - UHI) म्हणजे अशी घटना आहे जिथे मानवी क्रियाकलाप आणि जमिनीच्या वापरामध्ये झालेल्या बदलांमुळे शहरी क्षेत्रांमध्ये आजूबाजूच्या ग्रामीण प्रदेशांपेक्षा जास्त तापमान जाणवते. आयपीसीसी (IPCC) नुसार, यूएचआयमुळे शहरातील तापमान दिवसा १ ते ३°C आणि रात्री १२°C पर्यंत वाढू शकते. यामुळे हवामान बदलाचा प्रभाव वाढतो, विशेषतः महानगरांमध्ये.

शहरी उष्णता बेट परिणाम (Urban Heat Island Effect)

■ यूएचआयची कारणे (Causes of UHI)

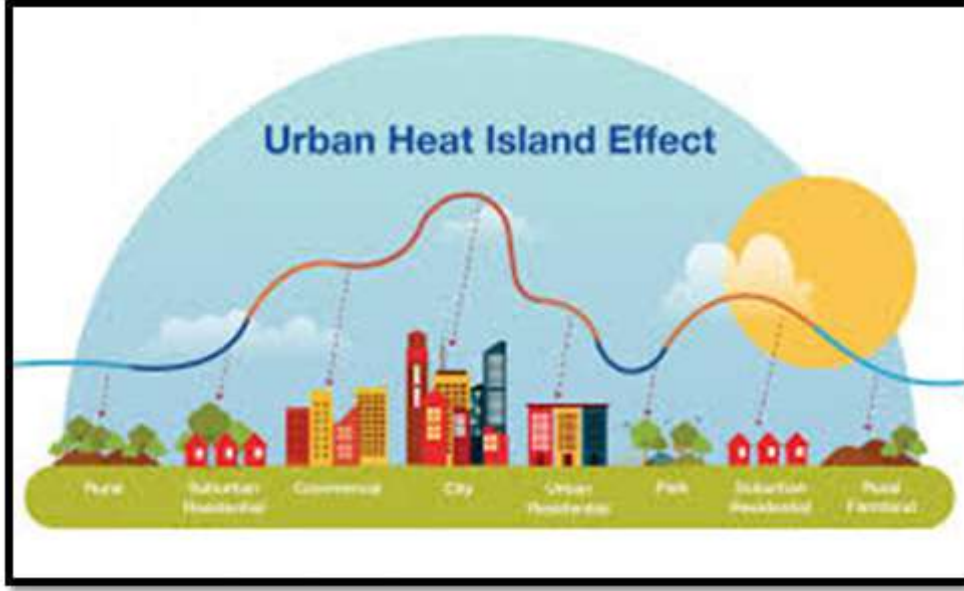
- **पृष्ठभागातील बदल (Surface Modification):** नैसर्गिक वनस्पतींच्या जागी डांबर, काँक्रीट आणि इमारतींचा वापर करणे, जे उष्णता शोषून घेतात व टिकवून ठेवतात.
- **वनस्पती आवरण कमी होणे (Reduced Vegetation Cover):** झाडांचे आवरण कमी झाल्यामुळे सावली आणि बाष्पोत्सर्जनाद्वारे होणारे शीतलन (evapotranspiration cooling) कमी होते.
- **मानवजनित उष्णता उत्सर्जन (Anthropogenic Heat Release):** वाहने, उद्योग आणि वातानुकूलन यंत्रांमधून बाहेर पडणारी उष्णता.
- **वायू प्रदूषण आणि हरितगृह वायू (Air Pollution & Greenhouse Gases):** धुके (Smog) आणि अवलंबित कण (sus-





pended particles) बाहेर जाणारे दीर्घ-तरंग किरणोत्सर्जन (outgoing long-wave radiation) अडवून ठेवतात.

- **शहरी आकृतिबंध (Urban Morphology):** उंच इमारती आणि अरुंद रस्ते "दऱ्यासारखा परिणाम" (canyon effect) निर्माण करतात, ज्यामुळे उष्णतेचे विसर्जन (dissipation) मर्यादित होते.



यूएचआयचे परिणाम (Impacts of UHI)

1. पर्यावरणीय (Environmental)

- स्थानिक हवामान बदलते आणि शीतलनासाठी ऊर्जा मागणी वाढते.
- तापमान उत्क्रमणामुळे वायूची गुणवत्ता खालावते.
- शहरी परिसंस्थेतील जैवविविधता कमी होते.

2. सामाजिक (Social)

- उष्णता-संबंधित आजारांचे प्रमाण वाढते (उदा. उष्माघात - heat strokes, हृदय व रक्तवाहिन्यासंबंधी समस्या).
- उपेक्षित शहरी लोकसंख्येची संवेदनशीलता वाढते.

3. आर्थिक (Economic)

- वातानुकूलन मागणीमुळे वीज बिलात वाढ.
- शहरी पाणी आणि वीज पुरवठ्यावर ताण.

4. भारतीय संदर्भ (Indian Context)

- दिल्ली, मुंबई, चेन्नई, बेंगळूरू येथे यूएचआयची तीव्रता लक्षणीय नोंदवली गेली आहे.
- उदा. २०२१ च्या एका अभ्यासानुसार, दिल्लीतील मध्यवर्ती व्यावसायिक क्षेत्रे आजूबाजूच्या ग्रामीण भागापेक्षा ७°C पर्यंत जास्त उष्ण आढळली.
- वाढत्या यूएचआयमुळे उष्णतेच्या लाटांची तीव्रता वाढते, जे हवामान बदलामुळे आधीच एक मोठी समस्या बनत आहे.



शमन आणि अनुकूलन धोरणे (Mitigation and Adaptation Strategies)

1. शहरी हरितीकरण (Urban Greening)

- हरित जागा, गच्चीवरील बागा आणि वृक्षांचे आवरण वाढवणे.
- शहरी जलस्रोतांचे संरक्षण आणि पुनरुज्जीवन.

2. थंड आणि परावर्तित पृष्ठभाग (Cool and Reflective Surfaces)

- शीतल छप्पर (cool roofs), परावर्तित रंग आणि भेद्य पदपथ (permeable pavements) वापरणे.

3. शहरी नियोजन आणि डिझाइन (Urban Planning and Design)

- रुंद रस्ते, ग्रीन बेल्ट आणि हवामान-संवेदनशील क्षेत्रांचे नियोजन.
- उभ्या बागा (Vertical gardens) आणि शाश्वत बांधकाम संहिता (sustainable building codes).

4. तांत्रिक उपाय (Technological Solutions)

- हवामान मॉडेलिंगसह स्मार्ट सिटी डिझाइन.
- यूएचआय झोनचा नकाशा तयार करण्यासाठी जीआयएस (GIS) आणि रिमोट सेन्सिंगचा वापर करणे.

5. धोरणात्मक उपाययोजना (Policy Measures)

- राष्ट्रीय शीतलन कृती योजना (National Cooling Action Plan - २०१९) → शीतलन मागणी कमी करणे आणि निष्क्रिय शीतलन (passive cooling) प्रोत्साहित करणे हे या योजनेचे उद्दिष्ट आहे.
- स्मार्ट सिटी मिशन आणि अमृत (AMRUT) योजनेत यूएचआय शमनाचे एकात्मिकरण (Integration).

क. वातावरणाचा दाब आणि दाब पट्टे (Atmospheric Pressure & Pressure Belts)

1. हवेचा दाब आणि अभिसरण (Air Pressure & Circulation)

- हवेचा दाब (Air pressure) = प्रति एकक क्षेत्रफळावरील हवेच्या स्तंभाचे वजन (weight of air column per unit area); उंचीनुसार कमी होतो.
- समदाब रेषा (Isobars) = समान दाब असलेल्या ठिकाणांना जोडणाऱ्या रेषा.
- वारे उच्च दाबाकडून निम्न दाबाकडे (low pressure) वाहतात; हे दाब प्रवणतेमुळे (pressure gradient) प्रेरित होतात + कौरिओलिस बलामुळे (Coriolis force) त्यांच्या दिशेत बदल होतो.

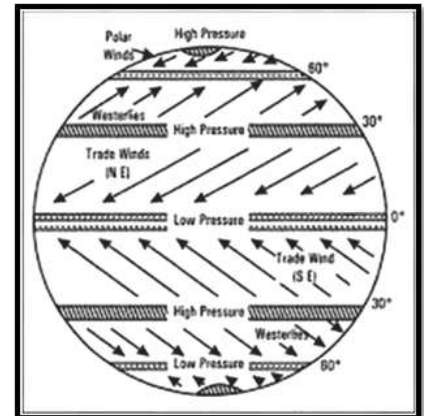
■ दाब पट्टे (थर्मल आणि डायनॅमिक) (Pressure Belts - Thermal & Dynamic)

1. विषुववृत्तीय निम्न दाब पट्टा (Equatorial Low) (०-५° उ./द.)

- जास्त सौरशक्ती (High insolation) → हवा उष्ण होते आणि वर जाते → निम्न दाब निर्माण होतो.
- इशान्य (NE) आणि आग्नेय (SE) व्यापारी वाऱ्यांचे अभिसरण (Convergence) → आंतर-उष्णकटिबंधीय अभिसरण क्षेत्र (ITCZ) येथे तयार होते.
- क्षैतिज वारे कमकुवत (Weak horizontal winds) → या क्षेत्राला डोल्ड्रम्स (doldrums) असेही म्हणतात.

2. उपोष्ण कटिबंधीय उच्च दाब पट्टा (Subtropical High) (२५-३५° उ./द.)

- वरच्या तपांबरातून (upper troposphere) हवा खाली उतरते → उच्च दाब





निर्माण होतो.

- स्थिर, कोरडे, प्रति-चक्रीवादळी (Stable, dry, anti-cyclonic) हवामान → बहुतेक वाळवंटे याच पट्ट्यात स्थित आहेत.
- याला अश्व अक्षांश (horse latitudes) म्हणून ओळखले जाते.

3. उपध्रुवीय निम्न दाब पट्टा (Subpolar Low) (६०-६५° उ./द.)

- पृथ्वीच्या परिभ्रमणाने (rotation) अपसरण (Divergence) होते + पश्चिमेकडील वारे (westerlies) आणि ध्रुवीय वारे (polar winds) यांचे मिलन होते.
- दक्षिण गोलार्धात हा पट्टा अधिक नियमित असतो.

4. ध्रुवीय उच्च दाब पट्टा (Polar High) (९०° उ./से)

- अतिशय थंड, दाट हवा → उच्च दाब निर्माण होतो.

■ दाब पट्ट्यांचे हंगामी विस्थापन (Seasonal Shifting of Pressure Belts)

- हे पृथ्वीच्या अक्षाच्या कलनामुळे (23.5°) होणाऱ्या सूर्याच्या भासमान उत्तर-दक्षिण हालचालीमुळे घडते.
- सर्व दाब पट्टे जून-जुलैमध्ये उत्तर दिशेकडे आणि डिसेंबर-जानेवारीमध्ये दक्षिण दिशेकडे सरकतात.
- विषुववृत्तीय निम्न दाब पट्टा / ITCZ उत्तर उन्हाळ्यात 5-20° उत्तर दिशेकडे सरकतो → हा मान्सून निर्मितीसाठी महत्त्वाचा आहे.
- उपोष्ण कटिबंधीय उच्च दाब पट्टे उन्हाळ्यात ध्रुवांकडे सरकतात → उपोष्ण कटिबंधावर कोरडी, स्थिर परिस्थिती आणतात.
- उपध्रुवीय निम्न दाब पट्टे देखील हंगामानुसार ध्रुवांकडे/विषुववृत्ताकडे विस्थापित होतात, ज्यामुळे पश्चिमेकडील वाऱ्यांवर (westerlies) परिणाम होतो.
- ध्रुवीय उच्च दाब पट्टे फारसे बदलत नाहीत.
- जमीन-पाणी यातील भिन्नता उत्तर गोलार्धात (अधिक भूभाग असल्याने) विस्थापनाला अधिक बळ देते.

■ हवामानावर होणारे परिणाम (Climatic Impacts)

• भूमध्यसागरी हवामान (Mediterranean Climate):

- उन्हाळा (Summer): उपोष्ण कटिबंधीय उच्च दाब पट्टा भूमध्य समुद्रावर असतो → कोरडे उन्हाळे.
- हिवाळा (Winter): दाब पट्टा दक्षिणेकडे सरकतो → पश्चिमेकडील वारे पाऊस आणतात → हिवाळ्यात पर्जन्यवृष्टी.

• मान्सून प्रणाली (दक्षिण आशिया) (Monsoon System - South Asia):

- जूनमध्ये ITCZ उत्तरेकडे सरकतो → आर्द्र आग्नेय व्यापारी वाऱ्यांना आकर्षित करतो → नैऋत्य मान्सून.
- हिवाळ्यात दक्षिणेकडे माघार घेतो → इशान्य मान्सून तमिळनाडूवर सक्रिय होतो.

• वाळवंटी हवामान स्थिरता (Desert Climate Stability):

- उपोष्ण कटिबंधीय उच्च दाब पट्टे सरकतात, परंतु ते प्रभावी राहतात → सतत कोरडेपणा.

• जागतिक वाऱ्यांचे उलटण्याचे क्षेत्र (Global Wind Reversal Zones):

- सरकणारे दाब पट्टे (Shifting belts) → व्यापारी वारे, पश्चिमेकडील वारे आणि उष्णकटिबंधीय अभिसरण क्षेत्रात बदल करतात.



■ १. जगभरातील प्रमुख नैसर्गिक संसाधनांचे वितरण (दक्षिण आशिया आणि भारतीय उपखंडासह)

Distribution of Key Natural Resources across the world (including South Asia and the Indian sub-continent)

■ अ. जलसंपदा (Water Resource)

• स्थिती (Status)

■ जागतिक वितरण

- **पृथ्वीवरील पाणी:** 97\% महासागरांमध्ये, 3% गोडे पाणी.
- **गोडे पाणी:** 69% हिमनद्या/बर्फ मध्ये, 30% भूजल, 1% पृष्ठभागावरील पाणी.
- **असमान वितरण (Uneven distribution):**
 - विषुववृत्तीय आणि समशीतोष्ण पट्ट्यांमध्ये भरपूर.
 - कोरड्या प्रदेशांमध्ये दुर्मिळ.

■ प्रमुख जल-समृद्ध प्रदेश (Major Water-Rich Regions)

- **प्रदेश:** अमेझॉन खोरे, काँगो खोरे, हिमालयीन नद्या, ग्रेट लेक्स, आग्नेय आशिया, युरोप (व्हाइन-डॅन्यूब).
- **पाण्याचा साठा जास्त असलेले देश:** ब्राझील, रशिया, कॅनडा, चीन, इंडोनेशिया.

■ पाण्याची टंचाई असलेले प्रदेश (Water-Scarce Regions)

- पश्चिम आशिया, उत्तर आफ्रिका, मध्य आशिया, ऑस्ट्रेलिया, नैर्ऋत्य युएसए, साहेल.

■ भारत (India) IN

- **जागतिक पाण्याची उपलब्धता:** जगातील एकूण पाण्याच्या 4\% साठा भारतात आहे, पण लोकसंख्या 17\% आहे → यामुळे भारत जल-ताण असलेला देश आहे.
- **प्रमुख नदी खोरे (Major basins):** गंगा, गोदावरी, कृष्णा, सिंधू, ब्रह्मपुत्रा, नर्मदा, कावेरी.
- **नद्यांचे स्वरूप:**
 - हिमालयीन नद्या: बारमाही (वर्षभर पाणी असते).
 - द्वीपकल्पीय नद्या: हंगामी (पाऊस किंवा विशिष्ट ऋतूवर अवलंबून).
- **समस्या (Problems):**
 - अति-उपसा (over-extraction) (भूजलाचा),
 - आंतरराज्यीय वाद (interstate disputes),
 - प्रदूषण (pollution),
 - पर्जन्यमानातील बदल (rainfall variability),
 - हवामान बदल (climate change).



■ जगभरातील पाण्याच्या टंचाईची समस्या

Issue of Water Scarcity Around the World

■ मूलभूत संकल्पना (CORE IDEA)

- पृथ्वीवरील पाण्यापैकी केवळ 2.5% पाणी गोड्या स्वरूपात आहे; त्यापैकी 1% वापरण्यायोग्य आहे.
- ४ अब्ज लोकांना वर्षातून किमान एक महिना तरी पाण्याच्या तीव्र टंचाईचा सामना करावा लागतो (संयुक्त राष्ट्र - UN).
- २०३० पर्यंत ७० कोटी लोकांना पाण्याच्या ताणामुळे विस्थापित व्हावे लागू शकते (UN-WWDR).
- जागतिक लोकसंख्येपैकी 40% लोक जल-ताण असलेल्या प्रदेशांमध्ये राहतात.
- शेतीसाठी 70% जागतिक गोड्या पाण्याचा वापर होतो; उद्योगांसाठी 20%, घरगुती वापरासाठी 10%.
- सर्वाधिक जल-ताण असलेल्या ३० देशांपैकी २१ देश पश्चिम आशिया आणि उत्तर आफ्रिकेत आहेत.
- **जागतिक भूजल उपसा (Global groundwater extraction):** 1,000 km वर्ष (~1,000 km³/year); भारत, चीन, यूएसए हे सर्वाधिक वापरकर्ते आहेत.
- केप टाऊन (२०१८) आणि चेन्नई (२०१९) शहरांमध्ये पाण्याची पातळी जवळपास "डे झिरो" (Day Zero) पर्यंत पोहोचली होती (जेव्हा नळाचे पाणी उपलब्ध नसते).

■ मुख्य कारणे (KEY CAUSES)

- **भौतिक पाणी टंचाई (Physical Water Scarcity):** शुष्क हवामान जिथे पर्जन्यमान <200 मिमी वर्ष असते (उदा. सौदी अरेबिया, यूएई, लिबिया).
- **आर्थिक पाणी टंचाई (Economic Water Scarcity):** पाणी उपलब्ध असूनही पायाभूत सुविधांचा अभाव (उदा. इथिओपिया, डीआरसी; <50% लोकांना स्वच्छ पाणी उपलब्ध नाही).
- **शेतीत अतिवापर (Overuse in Agriculture):** अकार्यक्षम सिंचनामुळे 70% गोडे पाणी वापरले जाते (उदा. भारतातील पंजाबमध्ये भूजलाचा अति-उपसा).
- **लोकसंख्या वाढ आणि शहरी दबाव (Population Growth & Urban Pressure):** मेक्सिको सिटी आणि कैरोसारखी महानगरे पुनर्भरण क्षमतेपेक्षा जास्त भूजल उपसत आहेत.
- **भूजल कमी होणे (Groundwater Depletion):** भारत जगातील भूजलापैकी 25% उपसा करतो, ज्यामुळे पाण्याची पातळी वेगाने खाली जात आहे (नासा जीआरएसीड - NASA GRACE डेटा).
- **नद्या आणि तलावांचे प्रदूषण (Pollution of Rivers & Lakes):** जगातील 80% सांडपाणी प्रक्रिया न करता सोडले जाते (उदा. चीनमधील है नदी; भारतातील गंगा आणि यमुना).
- **हवामान बदल (Climate Change):** अति-दुष्काळ (हॉर्न ऑफ आफ्रिका, ऑस्ट्रेलिया) + हिमनद्यांचे आकुंचन (shrinking glaciers) (हिमालयाने १९८० पासून 28% बर्फ गमावला आहे).
- **प्रति व्यक्ती उपलब्धता कमी होणे (Declining Per Capita Availability):** जागतिक सरासरी 6,000m³ (१९००) वरून कमी होऊन सुमारे 2,000m³ (२०२०) झाली आहे.

■ परिणाम (Impacts)

- शेतीत घट → अन्न असुरक्षितता.
- भूजल कमी होणे → भूभागाचे खचणे (उदा. जकार्ता, मेक्सिको सिटी).
- असुरक्षित पाण्यामुळे आरोग्य संकट.





- **संघर्ष:** नाइल खोरे (Nile Basin), सिंधू खोरे (Indus Basin), जॉर्डन खोरे (Jordan Basin).
- उद्योग आणि ऊर्जा उत्पादनात (जलविद्युत) आर्थिक नुकसान.
- शहरी पाणी आणीबाणी (उदा. केप टाऊन "डे झिरो", चेन्नई संकट).

ब. खनिज संपदा (Mineral Resource)

■ प्रस्तावना

- खनिज संपदा म्हणजे नैसर्गिकरित्या आढळणारे अकार्बनी पदार्थ, ज्यांची निश्चित रासायनिक संरचना आणि आर्थिक मूल्य असते.
- भूवैज्ञानिक इतिहास, विवर्तनिक क्रिया आणि खडक निर्मिती प्रक्रिया यामुळे त्यांचे वितरण असमान आहे.
- ते उद्योग, ऊर्जा सुरक्षा, उत्पादन आणि रणनीतिक तंत्रज्ञान यांचा आधारस्तंभ बनवतात.
- **जागतिक वितरण स्पष्ट नमुने दर्शवते:** प्रीकॅम्ब्रियन शिल्ड्स (Precambrian shields) (धातू - metals), वली पट्टे (fold belts) (अधातू खनिजे - non-ferrous minerals), गाळाचे खोरे (sedimentary basins) (जीवाश्म इंधने - fossil fuels).

1. जग: लोह, तांबे आणि बॉक्साइट सारख्या प्रमुख खनिजांचे वितरण

World: Distribution of key mineral like Iron, Copper and Bauxite

■ १. लोहखनिज - जागतिक वितरण (Iron Ore - World Distribution)

- हे प्रीकॅम्ब्रियन शिल्ड्स (Precambrian shields) आणि गाळाच्या पट्ट्यांमध्ये एकवटलेले आहे.
- **शीर्ष उत्पादक (Top producers):** ऑस्ट्रेलिया, ब्राझील, चीन, भारत, रशिया.
- **प्रमुख पट्टे (Major belts):**
 - ऑस्ट्रेलिया: पिलबारा (Pilbara) (हॅमर्सले पर्वतरांग - Hamersley Range) - जगातील सर्वात मोठा उच्च-दर्जाचा साठा.
 - ब्राझील: कॅराजस (Carajás) (अमेझॉन शिल्ड) - समृद्ध हेमेटाइट (rich hematite).
 - चीन: लिओनिंग, हेबेइ (सर्वात मोठा ग्राहक).
 - भारत: ओडिशा-झारखंड-छत्तीसगड पट्टा.
 - रशिया/युक्रेन: कुरस्क मॅग्नेटिक अॅनोमली (Kursk Magnetic Anomaly), क्रिव्हॉय रोग (Krivoy Rog).
- **निर्यात दिग्गज (Export giants):** ऑस्ट्रेलिया आणि ब्राझील; आयात दिग्गज (import giants): चीन, जपान, दक्षिण कोरिया.

■ २. तांबे - जागतिक वितरण (Copper - World Distribution)

- हे वली पर्वत (fold mountains), अग्निजन्य अंतर्वेधन (igneous intrusions), ज्वालामुखी पट्टे, आणि पोर्फायरी तांबे साठ्यांशी (porphyry copper deposits) संबंधित आहे.
- **शीर्ष उत्पादक (Top producers):** चिली, पेरू, चीन, डीआरसी (DRC), यूएसए.
- **प्रमुख पट्टे (Major belts):**
 - चिली: अटाकामा वाळवंट (एस्कोन्डिडा - Escondida) - जगातील सर्वात मोठा साठा.
 - पेरू: अँडीज तांबे पट्टा.
 - यूएसए: अॅरिझोना (मोरेन्सी - Morenci), युटा (Utah).
 - डीआरसी/झांबिया: कॉपरबेल्ट प्रदेश (Copperbelt region) - आफ्रिकेतील प्रमुख साठा.

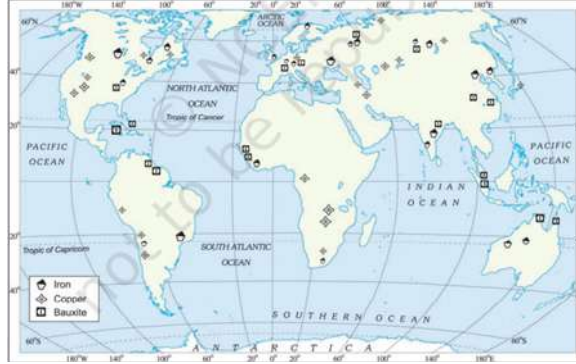




- चीन: जिआंग्शी (Jiangxi), युनान (Yunnan).
- अँडीज, आफ्रिकन कॉपरबेल्ट आणि वेस्टर्न यूएसए मध्ये उच्च-दर्जाचे धातुक (High-grade ores) आढळतात.

■ ३. बॉक्साइट - जागतिक वितरण (Bauxite - World Distribution)

- बॉक्साइटची उत्पत्ती उष्णकटिबंधीय/उपोष्णकटिबंधीय (tropical/subtropical) खडकांच्या विदारणातून (weathering of rocks) होते → ज्यामुळे जांभा खडक (laterites) तयार होतात.
- **शीर्ष उत्पादक (Top producers):** ऑस्ट्रेलिया, गिनी (Guinea), चीन, ब्राझील, भारत.
- **प्रमुख पट्टे (Major belts):**
 - ऑस्ट्रेलिया: वेइपा (Weipa), डार्लिंग पर्वतरांग (Darling Range) - जगातील सर्वात मोठे साठे.
 - गिनी (Guinea): बोके प्रदेश (Boké region) - जागतिक स्तरावर सर्वाधिक दर्जाचा बॉक्साइट.
 - चीन: शान्शी (Shanxi), हेनान (Henan).
 - ब्राझील: ट्रॉम्बेटास (Trombetas), पारा (Pará).
 - भारत: ओडिशा (कोरापुट), गुजरात, महाराष्ट्र.
- **निर्यात अग्रेसर (Export leaders):** ऑस्ट्रेलिया, गिनी; प्रमुख ग्राहक: चीन.



2. खनिज तेल आणि कोळशाचे वितरण

Distribution of Mineral oil and Coal

■ 1. खनिज तेल (पेट्रोलियम) - जागतिक वितरण (Mineral Oil - Petroleum)

- **जागतिक स्वरूप**
 - गाळाच्या खोऱ्यांमध्ये (sedimentary basins), खंडीय मंचांवर (continental shelves), आणि टेथिस पट्ट्यात (Tethyan belt) एकवटलेले आहे.
 - वितरण अत्यंत असमान आहे: मध्य पूर्व मध्ये जागतिक साठ्यापैकी -48% साठा आहे.
- **प्रमुख प्रदेश (Major Regions)**
 - मध्य पूर्व (सर्वात मोठा): सौदी अरेबिया (घावर - Ghawar), इराक, इराण, यूएइ, कुवैत, कतार.
 - उत्तर अमेरिका: यूएसए (टेक्सास, मेक्सिकोचे आखात, अलास्का), कॅनडा (तेल वाळू - oil sands).
 - दक्षिण अमेरिका: व्हेनेझुएला (ओरिनोको पट्टा - Orinoco Belt), ब्राझील (किनारपट्टीवरील सँटोस खोरे - offshore San-

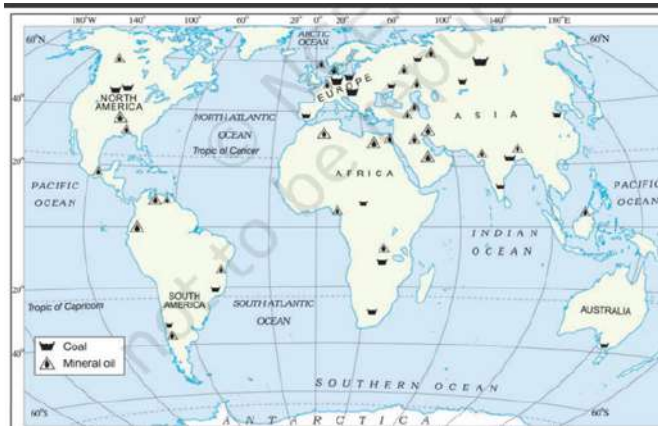


tos Basin).

- युरेशिया: रशिया (वोल्गा-उरल्स, पश्चिम सायबेरिया), कझाकस्तान, अझरबैजान.
- आफ्रिका: नायजेरिया, अंगोला, लिबिया, अल्जेरिया (सहारा खोरे).
- आशिया-पॅसिफिक: चीन, इंडोनेशिया, मलेशिया, ब्रुनेइ.
- **युरोप:** उत्तर समुद्र (North Sea) (यूके-नॉर्वे).
 - उत्पादन अग्रेसर (Production Leaders)
- **यूएसए, सौदी अरेबिया, रशिया, इराक, कॅनडा.**

■ 2. कोळसा - जागतिक वितरण (Coal - World Distribution)

- **जागतिक स्वरूप**
 - प्राचीन खंडीय मंच (ancient continental platforms), गोंडवाना खोरे, आणि नवीन तृतीयक साठ्यांमध्ये (younger Tertiary deposits) आढळतो.
 - कोळसा-समृद्ध प्रदेशांची निर्मिती कार्बोनिफेरस कालखंडात (Carboniferous period) झाली.
- **प्रमुख प्रदेश (Major Regions)**
 - आशिया: चीन (शान्शी, इनर मंगोलिया), भारत (झारखंड, ओडिशा, छत्तीसगड), इंडोनेशिया.
 - उत्तर अमेरिका: यूएसए (अपलेशियन, इंटिरियर खोरे, पावडर रिक्हर खोरे).
 - युरोप: रशिया (कुझनेत्स्क खोरे), जर्मनी, पोलंड, युक्रेन (डोनबास).
 - ऑस्ट्रेलिया: क्वीन्सलँड, न्यू साउथ वेल्स (प्रमुख निर्यातदार).
 - आफ्रिका: दक्षिण आफ्रिका (विटबँक).
- **उत्पादन अग्रेसर (Production Leaders)**
 - चीन (-50%), भारत, इंडोनेशिया, ऑस्ट्रेलिया, यूएसए.
- **प्रदेशानुसार प्रकार (Types by Region)**
 - अँथ्रेसायट (Anthracite): यूएसए (पेनसिल्व्हेनिया), रशिया.
 - बिट्युमिनस (Bituminous): चीन, भारत, ऑस्ट्रेलिया, यूएसए.
 - लिग्नाइट (Lignite): जर्मनी, ग्रीस, भारत (नेवेली), यूएसए.





■ ३. खनिज संपदा व्यवस्थापनातील जागतिक आव्हाने

(Global Challenges in Mineral Resource Management)

- **संसाधनांचा साठा कमी होणे:** → नूतनीकरण न होणाऱ्या संसाधनांचा साठा आकस्मिक आहे → खोलवर आणि अधिक खर्चिक (cost-lier) उत्खनन → धातुकाचा दर्जा (ore grades) घटत आहे.
- **पर्यावरणावर परिणाम (Environmental Impact):** खनन → वनतोड → जल/वायू प्रदूषण → हरितगृह वायू (GHG) उत्सर्जन → हवामानावर ताण (उदा. अॅमेझॉनमध्ये खाणकामामुळे होणारे नुकसान).
- **भू-राजकीय संघर्ष (Geopolitical Conflicts):** खनिज समृद्ध हॉटस्पॉट्स (Mineral hotspots) → तणाव निर्माण करतात (उदा. दक्षिण चीन समुद्रातील तेल/नैसर्गिक वायू, आफ्रिकेतील हिरे आणि सोने).
- **अवैध खनन (Illegal Mining):** अनियमित उपसा → पर्यावरणाचे नुकसान + मानवाधिकार उल्लंघन (उदा. डीआर काँगोमधील कोबाल्ट, ब्राझील अॅमेझॉन, भारतातील वाळूचे खनन).
- **आर्थिक अवलंबित्व (Economic Dependency):** खनिजांची निर्यात करणाऱ्या अर्थव्यवस्था → किंमतीतील धक्के → अस्थिरता (उदा. व्हेनेझुएला, नायजेरिया, सौदी अरेबिया).

■ खनिज संसाधन वापरातील जागतिक ट्रेंड (Global Trends in Mineral Resource Use)

- **अक्षय ऊर्जा संक्रमण (Renewable Energy Transition):** सौर/पवन ऊर्जेकडे वळणे ↓ जीवाश्म इंधनाची मागणी कमी → ↑ इलेक्ट्रिक वाहने (EVs) आणि बॅटरीसाठी लिथियम, कोबाल्ट, निकेलची मागणी वाढणे.
- **चक्रीय अर्थव्यवस्था (Circular Economy):** पुनर्वापर आणि पुनर्उपयोग ↑ → खननाचा ताण कमी (उदा. अॅल्युमिनियम, तांबे, सोन्याच्या पुनर्वापरातील वाढ).
- **शाश्वत खनन (Sustainable Mining):** स्वच्छ तंत्रज्ञान → कमी उत्सर्जन → कडक नियम → नैतिक, कमी-परिणाम करणारे खनन यासाठी प्रोत्साहन.

२. जगाच्या विविध भागांमध्ये प्राथमिक, द्वितीयक आणि तृतीयक क्षेत्रातील उद्योगांच्या स्थानासाठी जबाबदार घटक

■ प्राथमिक, द्वितीयक आणि तृतीयक उद्योग (Primary, Secondary & Tertiary Industries) (अति-संक्षिप्त)

- **प्राथमिक उद्योग (Primary Industries):** नैसर्गिक संसाधने काढणे/उत्खनन → उदा. शेती, मासेमारी, वनीकरण, खाणकाम.
- **द्वितीयक उद्योग (Secondary Industries):** कच्च्या मालाचे रूपांतरण करणे → उदा. उत्पादन, प्रक्रिया, बांधकाम.
- **तृतीयक उद्योग (Tertiary Industries):** सेवा पुरवणे → उदा. वाहतूक, माहिती तंत्रज्ञान (IT), बँकिंग, पर्यटन, शिक्षण.

प्राथमिक उद्योगांच्या स्थानासाठी जबाबदार घटक	द्वितीयक (उत्पादन) उद्योगांच्या स्थानासाठी जबाबदार घटक	तृतीयक (सेवा) उद्योगांच्या स्थानासाठी जबाबदार घटक
<ul style="list-style-type: none"> ● नैसर्गिक संसाधनांची उपलब्धता: खनिजे → खाणकाम समूह (उदा. ऑस्ट्रेलियाचा लोहखनिज पट्टा). ● हवामान आणि मृदा: अनुकूल कृषी हवामान → पिके (उदा. ब्राझीलमधील कॉफी, भारत-आसाममधील चहा). ● पाण्याची उपलब्धता: सिंचन + मासेमारी → नदी/किनारपट्टी प्रदेश. 	<ul style="list-style-type: none"> ● कच्च्या मालाची उपलब्धता: मोठ्या प्रमाणावर लागणारा कच्चा माल → पोलाद कोळशाजवळ (उदा. पिट्सबर्ग, जमशेदपूर). ● ऊर्जेचा पुरवठा: कोळसा, जलविद्युत, तेल → ऊर्जा-केंद्रित उद्योग (उदा. नॉर्वेमधील नॉर्स्क हायड्रो). 	<ul style="list-style-type: none"> ● शहरीकरण: शहरे → सेवांची मागणी वाढवते → रुग्णालये, बँकिंग, शिक्षण. ● कुशल मनुष्यबळ: ज्ञान आणि माहिती तंत्रज्ञान (IT) → टॅलेंट हब (उदा. बेंगळूरु, सिंगापूर). ● पायाभूत सुविधा: दूरसंचार → परिवहन → डिजिटल नेटवर्क → सेवा कार्यक्षमता.





<ul style="list-style-type: none">• भूभाग: मैदाने → शेती; पर्वत → वनीकरण आणि पशुधन.• कामगार गरजा: हंगामी, कमी कुशल कामगार → दाट ग्रामीण प्रदेश.• बाजारपेठेची मागणी: कच्च्या मालाच्या मागणी केंद्रांशी जवळीक.	<ul style="list-style-type: none">• परिवहन जोडणी: बंदरे/रेल्वे/महामार्ग → कमी खर्च (उदा. जपानी किनारी उद्योग).• बाजारपेठेची जवळीक: मोठे ग्राहक बाजारपेठा → एफएमसीजी समूह (उदा. यूएस, इयू, भारतातील मेट्रो शहरे).• कुशल कामगार: तंत्रज्ञान आणि अचूक काम → कुशल कामगार पट्टे (उदा. जर्मनीचे अभियांत्रिकी हब).• भांडवल उपलब्धता: वित्त + तंत्रज्ञान → औद्योगिक वाढ (उदा. सिलिकॉन व्हॅलीची भांडवल परिसंस्था).• औद्योगिक वातावरण: धोरणे, विशेष आर्थिक क्षेत्रे (SEZ), कमी कर → अनुकूल गुंतवणूक.• समुच्चयन (Agglomeration): औद्योगिक समूह → सामायिक सेवा आणि पुरवठादार (उदा. डेट्रॉइट ऑटो समूह).	<ul style="list-style-type: none">• बाजारपेठेची उपलब्धता: दाट लोकसंख्या → सेवा उपभोग.• सरकारी धोरणे: आयटी पार्क्स, प्रोत्साहन (उदा. भारताची एसटीपीआय योजना).• जागतिक जोडणी: विमानतळ, व्यापारी दुवे → वित्त आणि पर्यटन केंद्रे (उदा. दुबई, लंडन).• जीवनशैलीची गुणवत्ता: सुरक्षितता, जीवनशैली → उच्च श्रेणीतील सेवा उद्योगांना आकर्षित करते.
---	---	---



■ १. भारत आणि महाराष्ट्राचे भौतिकशास्त्रीय विभाग

1. Physiographic Divisions of India & Maharashtra

■ भारत (India)

- भारत सहा प्रमुख प्राकृतिक विभागांमध्ये विभागलेला आहे, जे विवर्तनिक क्रिया, हवामान आणि नदी प्रणालींनी आकारले आहेत.

■ सहा प्रमुख प्राकृतिक विभाग:

1. हिमालयीन पर्वत (The Himalayan Mountains)
2. उत्तर भारतीय मैदान (The Northern Plains)
3. द्वीपकल्पीय पठार (The Peninsular Plateau)
4. भारतीय वाळवंट (The Indian Desert)
5. किनारी मैदाने (The Coastal Plains)
6. बेटे (The Islands)



<p>1. उत्तरेकडील आणि इशान्येकडील पर्वत</p> <ul style="list-style-type: none"> • यात हिमालय (पारे (Trans)-हिमालय, बृहत् हिमालय, लघु हिमालय, शिवालिक) + इशान्येकडील टेकड्या (पूर्वांचल) समाविष्ट आहेत. • इंडो-युरेशियन प्लेट्सच्या टकरीमुळे तयार झाले; तरुण, घडीचे पर्वत. • वैशिष्ट्ये: उंच शिखरे, खोल दऱ्या, हिमनदी, खिंडी, सुपीक दऱ्या. • महत्त्व: हवामानातील अडथळा, बारमाही नद्या, जलविद्युत निर्मितीची ठिकाणे, जैवविविधतेचे हॉटस्पॉट. 	<p>2. उत्तरेकडील मैदाने</p> <ul style="list-style-type: none"> • सिंधू-गंगा-ब्रह्मपुत्रा नद्यांच्या गाळाने तयार झालेली आहेत. • भाबर, तराई, भांगर, खादर यांसारख्या विस्तृत गाळाच्या मैदानांचा समावेश. • अत्यंत सुपीक; भारतातील प्रमुख कृषी पट्टा. • सपाट भूभाग वाहतूक, शहरीकरणास मदत करतो.
<p>3. द्वीपकल्पीय पठार</p> <ul style="list-style-type: none"> • सर्वात जुना भूभाग; गोंडवानाचा भाग; कठीण खडकांचा स्थिर भूखंड. • यात दख्खनचे पठार, मध्यवर्ती उच्चभूमी, इशान्य पठार समाविष्ट आहेत. • वैशिष्ट्ये: लाव्हा पठार (दख्खन ट्रॅप्स), रिफ्ट दऱ्या (नर्मदा, तापी), तीव्र उतार (एस्कर्पमेंट्स), मेसा. • खनिजांनी समृद्ध; प्रमुख नदी खोरे (गोदावरी, कृष्णा, महानदी). 	<p>4. भारतीय वाळवंट</p> <ul style="list-style-type: none"> • थारचे वाळवंट: पश्चिम राजस्थानमध्ये. • शुष्क हवामान, वाळूचे ढिगारे (बरखान, अनुदैर्घ्य), विरळ वनस्पती. • लुनी ही एकमेव प्रमुख नदी; अंतर्गत जलप्रणाली. • कच्छच्या रणातही (Rann of Kachchh) विस्तारलेले आहे.



<p>5. किनारपट्टीची मैदाने</p> <ul style="list-style-type: none"> पश्चिम किनारपट्टीचे मैदान: अरुंद, तीव्र उतार (कोकण, कन्नड, मलबार), खाड्या, कयाल (लगून). पूर्व किनारपट्टीचे मैदान: रुंद, त्रिभुज प्रदेश (गोदावरी-कृष्णा-कावेरी), वाळूचे ढिगारे, किनारे. बंदरे, मत्स्यव्यवसाय, शेती, पर्यटन यांना आधार देते. 	<p>6. बेटे</p> <ul style="list-style-type: none"> अंदमान आणि निकोबार: ज्वालामुखी + पाण्याखालील पर्वतरांगा; घनदाट जंगले, जैवविविधता. लक्षद्वीप: प्रवाळ बेटे (अटोल); कयाल (लगून), प्रवाळशैलभित्ती, सखल भूभाग. संरक्षण आणि सागरी व्यापारासाठी सामरिक महत्त्व.
---	--

■ **भारताच्या द्वीपकल्पीय स्थानाचे महत्त्व**

Significance of India's Peninsular Location

- लांब किनारी पट्टीची निश्चिती (~7,500 km) → यामुळे व्यापार, बंदरे, मत्स्यव्यवसाय आणि पर्यटन यांना चालना मिळते.
- हिंदी महासागरात सागरी फायदा मिळतो पश्चिम आशिया, आफ्रिका आणि आग्नेय आशिया यांना जोडतो.
- पूर्व आणि पश्चिम यांच्यात सेतू (bridge) म्हणून काम करतो प्राचीन काळापासून जागतिक व्यापार मार्गांमध्ये भारताची भूमिका निश्चित करतो.
- हिंदी महासागरातील सागरी दळणवळण मार्गावर (SLOCs) नियंत्रण ठेवतो → रणनीतिक लाभ (strategic leverage) मिळतो.
- सागरी प्रभावामुळे हवामान मध्यम होते (द्वीपकल्पीय हवामान, अति टोकाच्या हवामानाची कमी तीव्रता).
- जमीन-समुद्र यांच्यातील औष्णिक भिन्नतेमुळे (land-sea thermal contrast) मान्सून यंत्रणेस मदत होते.
- समृद्ध सागरी जैवविविधतेस प्रोत्साहन देतो (प्रवाळ बेटे - coral reefs, खारफुटी - mangroves, खाड्या - backwaters).
- ऊर्जा संसाधनांपर्यंत पोहोचण्यास मदत होते (मुंबई हाय आणि कृष्णा-गोदावरी (KG) खोऱ्यातील (offshore) समुद्रकिनारी तेल आणि वायू).
- भारताच्या ब्लू इकॉनॉमीसाठी (blue economy) महत्त्वाचा आहे: शिपिंग, मासेमारी, खनिजे, अक्षय सागरी ऊर्जा.
- अंदमान-निकोबार आणि लक्षद्वीप मधील तळांमुळे संरक्षण आणि नौदल उपस्थितीस बळकटी मिळते.
- हिंदी महासागर प्रदेशात (IOR) भारताची निव्वळ सुरक्षा पुरवठादार म्हणून भूमिका वाढवतो.



Figure: Peninsular Plateau

■ **हवामान बदल आणि हिमालयीन परिसंस्था**

Climate Change and the Himalayan Ecosystem

■ **हिमालयीन परिसंस्थेचे महत्त्व (Importance of the Himalayan Ecosystem)**

- प्रमुख नद्यांचे उगमस्थान: गंगा, ब्रह्मपुत्रा, सिंधू.
- ध्रुवीय प्रदेशाव्यतिरिक्त सर्वात मोठी हिमनदी राशी (largest glacier mass) - याला "तिसरा ध्रुव" (Third Pole) म्हणतात.
- भारत, नेपाळ, भूतान, पाकिस्तान, बांगलादेशातील 1.3 अब्ज लोकांना आधार देतो.



- जागतिक जैवविविधता हॉटस्पॉट (Global biodiversity hotspot) (हिमालयीन + इंडो-बर्मा झोन).
- जलविद्युत, जंगल, शेती, पर्यटन आणि सांस्कृतिक वारसा पुरवतो.

■ हवामान बदलाचे निरीक्षण केलेले परिणाम (Observed Impacts of Climate Change)

1. हिमनद्या आणि बर्फ (Glaciers & Snow)

- वेगाने हिमनदी मागे हटणे (0.5 मीटर जल समतुल्य तोटा वार्षिक).
- हिमनदी सरोवरांचा विस्तार → जीएलओएफ (GLOF) (Glacial Lake Outburst Flood) संकट वाढणे.
- बर्फाचे आवरण कमी कालावधीसाठी टिकणे - वितळलेल्या पाण्याचे चक्र (meltwater cycles) बदलते.

2. जलसंपदा (Water Resources)

- मान्सून प्रवाह जास्त, उन्हाळी प्रवाह कमी → हंगामी असंतुलन (seasonal imbalance).
- भूजल पुनर्भरण कमी; नद्यांच्या आधार प्रवाहात (base flow) बदल.

3. परिसंस्था आणि जैवविविधता (Ecosystems & Biodiversity)

- वनस्पती क्षेत्रांचे वरच्या दिशेने विस्थापन; औषधी वनस्पतींचा न्हास.
- हिम बिबट्या (Snow leopard), रेड पांडा, हिमालयीन कस्तुरी मृग (musk deer) यांना धोका.
- आक्रमक प्रजाती (Invasive species) जास्त उंचीवर अतिक्रमण करत आहेत.

4. आपत्ती (Disasters)

- ढगाफुटी, भूस्खलन, हिमस्खलन, अचानक पूर वाढणे.
- नाजूक उतार (Fragile slopes) → संवेदनशीलता वाढणे.

5. उपजीविका आणि समुदाय (Livelihoods & Communities)

- हिमाचल प्रदेश (HP) आणि उत्तराखंडमधील सफरचंदाच्या पट्ट्यांचे उत्थान (shifting upward).
- पशुपालन, शेती, पर्यटन यावर ताण.
- धारण क्षमता कमी झाल्यामुळे स्थलांतर वाढणे.

6. भविष्यातील धोके (Future Risks)

- २१०० पर्यंत 1/3 - 1/2 हिमालयीन हिमनद्या नष्ट होण्याची शक्य.
- नद्या 'अति जास्त पाणी' (peak water - सर्वाधिक पाणी) पातळीवर पोहोचू शकतात, ज्यामुळे दीर्घकाळात पाण्याची टंचाई निर्माण होईल.
- पाणी संघर्ष, ऊर्जा टंचाई, हवामान स्थलांतर यांचा धोका वाढणे.

■ सरकारी आणि संस्थात्मक उपाययोजना (Government & Institutional Measures)

- हिमालयीन शाश्वततेसाठी (Himalayan sustainability) एनएपीसीसी (NAPCC) अंतर्गत एनएमएसएचई (NMSHE - National Mission for Sustaining the Himalayan Ecosystem).
- राज्य-स्तरीय हवामान अनुकूलनासाठी एनएएफसीसी (NAFCC - National Adaptation Fund for Climate Change).
- हवामान संशोधन आणि मूल्यांकनासाठी आयएनसीसीए (INCCA).





- हिंदू कुश हिमालयीन सहकार्यासाठी आयसीआयएमओडी (ICIMOD).
- पर्वतीय राज्यांच्या संवेदनशीलतेवर लक्ष केंद्रित करणारे एसएपीसीसी (SAPCCs - State Action Plans on Climate Change).

■ पुढील मार्ग (Way Forward)

- हिमनदी आणि नदी निरीक्षणाला बळकटी देणे (रिमोट सेन्सिंग + क्षेत्रीय केंद्रे).
- आपत्ती-लवचिक पायाभूत सुविधा तयार करणे; नाजुक उतारांवर बांधकामाचे नियमन करणे.
- परिसंस्था-आधारित अनुकूलनास प्रोत्साहन देणे (जंगल, जलस्रोते, झरे - springs).
- शाश्वत पर्यटन सुनिश्चित करणे आणि तीर्थक्षेत्रावरील दबाव नियंत्रित करणे.
- स्थानिक समुदायांना सक्षम करणे; स्थानिक ज्ञानाचा वापर करणे.
- सामायिक नद्या आणि सीमापार परिसंस्थांसाठी प्रादेशिक सहकार्यास प्रोत्साहन देणे.

गंगेचे मैदान (भारत-गंगेचे मैदान) Gangetic Plains (Indo-Gangetic Plains)

	<h3>■ निर्मिती (Formation)</h3> <ul style="list-style-type: none">• हिमालयीन नद्यांमधून होणाऱ्या गाळाच्या संचयनाने (alluvial deposition) हे मैदान तयार झाले आहे (उदा. गंगा, यमुना, घाघरा, गंडक, कोसी, सोन).• येथे स्तरित गाळाचे (layered alluvium) वैशिष्ट्य आढळते:<ul style="list-style-type: none">➤ भांगर (Bhangar) - जुना गाळ (old alluvium).➤ खादर (Khadar) - नवीन गाळ (new alluvium).
<h3>■ उपविभाग (Subdivisions)</h3> <ul style="list-style-type: none">• वरचे गंगा मैदान (Upper Ganga Plains): हरियाणा, पश्चिम उत्तर प्रदेश (Western UP); चांगले जलनिस्सारण, जास्त कोरडे (drier).• मध्य गंगा मैदान (Middle Ganga Plains): मध्य आणि पूर्व उत्तर प्रदेश; उच्च सुपीकता, दाट लोकसंख्या.• खालचे गंगा मैदान (Lower Ganga Plains): बिहार, पश्चिम बंगाल; मुबलक गाळ (abundant silt), पूरप्रवण (flood-prone).	<h3>■ प्रमुख भूस्वरूपे (Major Landforms)</h3> <ul style="list-style-type: none">• भाबर (Bhabar): हिमालयाच्या पायथ्याशी जाड गाळाचे खडक जमा झालेले आहेत; हा सच्छिद्र पट्टा (porous belt) आहे (येथे नद्या भूमिगत होतात).• तराई (Terai): भाबरच्या दक्षिणेकडील दलदलीचा पट्टा (marshy belt); दाट जंगले, उच्च पाण्याची पातळी (high water table).• भांगर (Bhangar): जुना गाळाचा थर (old alluvium terraces); यात कॅल्क्युरियस 'कंकर' गाठी (calcareous kankar nodules) आढळतात.• खादर (Khadar): नवे गाळाचे साठे; पुनर्निर्मित सुपीकता; हे पूर मैदाने आहेत.





<p>■ मुख्य वैशिष्ट्ये (Key Characteristics)</p> <ul style="list-style-type: none">सपाट भूभाग (Flat terrain); उतार सुमारे ~15-20 cm/km असतो.अत्यंत सुपीक गाळाची माती → भात, गहू, ऊस यांसारख्या पिकांसाठी उपयुक्त.समृद्ध भूजल; अनेक कालवे.सतत येणारे पूर (कोसी, घाघरा) आणि नद्यांचे नागमोडी वळण.दाट ग्रामीण आणि शहरी वस्त्या; प्रमुख शहरे: दिल्ली, कानपूर, लखनौ, पटना, कोलकाता.	<p>■ आर्थिक महत्त्व (Economic Significance)</p> <ul style="list-style-type: none">भारताचे कृषी हृदयस्थान (अन्नधान्य, ऊस, तेलबिया).औद्योगिक केंद्रे: कानपूर (चामड्याचे - leather), कोलकाता (बंदर - port), नोएडा-गाझियाबाद (उत्पादन).दाट वाहतूक जाळे: रेल्वे, महामार्ग, अंतर्गत जलमार्ग.
<p>■ पर्यावरणीय समस्या (Environmental Issues)</p> <ul style="list-style-type: none">नदी प्रदूषण (गंगा), भूजल कमी होणे (पश्चिम उत्तर प्रदेश).पूर आणि अपक्षरण/धूप (बिहार), गाळाचे साचणे, जलमयता (waterlogging).तराई प्रदेशात वनतोड; जलजमाव क्षेत्राचा न्हास, शहरी दबाव.	

किनारी प्रदेश (Coastal Region of India)

- भारताला अरबी समुद्र, बंगालचा उपसागर आणि हिंदी महासागर यासह 7,516 किमी लांबीची किनारपट्टी लाभली आहे, ज्यामुळे येथे विविध प्रकारचे किनारी भूभाग तयार झाले आहेत.



<p>■ पश्चिम किनारी मैदाने (Western Coastal Plains)</p> <ul style="list-style-type: none">हा किनारी प्रदेश अरुंद (Narrow) (10-80 किमी), तीव्र उतार असलेला असून त्याच्या मागच्या बाजूला पश्चिम घाट आहे. <p>■ उपविभाग (Subdivisions)</p> <ul style="list-style-type: none">कोकण किनारा (Konkan Coast): महाराष्ट्र-गोवा; येथे खडकाळ कडे (rocky cliffs) आणि खाड्या (estuaries) आढळतात.	<p>■ पूर्व किनारी मैदाने (Eastern Coastal Plains)</p> <ul style="list-style-type: none">हा किनारी प्रदेश रुंद (१२० किमी पर्यंत), सपाट, सखल (low-lying) असून त्याच्या मागच्या बाजूला पूर्व घाट आहे. <p>■ उपविभाग (Subdivisions)</p> <ul style="list-style-type: none">उत्तर सरकार (Northern Circars): आंध्र प्रदेश; येथे त्रिभुज प्रदेश, समुद्रकिनारे आढळतात.कोरोमंडल किनारा (Coromandel Coast): तमिळनाडू; येथे चक्रीवादळे, हिवाळी पर्जन्यमान आढळते.
--	--





<ul style="list-style-type: none">• कन्नड किनारा (Kannada Coast): कर्नाटक; मध्यम रुंदी, बंदरे (उदा. मंगळूरु).• मलबार किनारा (Malabar Coast): केरळ; खाड्या (lagoons), बॅकवॉटर (Vembanad), नारळाच्या बागा. <p>■ वैशिष्ट्ये (Characteristics)</p> <ul style="list-style-type: none">• हा किनारी प्रदेश बुडालेला/किनारी जलमग्नता आहे त्यामुळे खाड्या (estuaries) बंदरांसाठी आदर्श आहेत.• जास्त पर्जन्यमान (High rainfall); जांभा (lateritic) माती; मळे पिके (उदा. मसाले, रबर).• मान्सूनच्या तीव्र लाटा आणि किनारी धूप/अपक्षरण (coastal erosion).	<p>■ वैशिष्ट्ये (Characteristics)</p> <ul style="list-style-type: none">• मोठे त्रिभुज प्रदेश: महानदी, गोदावरी, कृष्णा, कावेरी.• अत्यंत सुपीक गाळाची माती; तांदळाचे कोठार.• चक्रीवादळे, समुद्री लाटा आणि पूर यांसाठी अधिक प्रवण.
--	--

■ **बेटे (Islands) (संबंधित किनारी प्रणाली)**

- **अंदमान आणि निकोबार (Andaman & Nicobar):** विवर्तनिक-ज्वालामुखी उत्पत्ती, येथे खारफुटी आणि प्रवाळ बेटे आढळतात.
- **लक्षद्वीप (Lakshadweep):** प्रवाळ बेटे (coral atolls), खाड्या (lagoons), कमी उंची, उच्च संवेदनशीलता.

■ **प्रमुख किनारी भूस्वरूपे (Major Coastal Landforms)**

- खाड्या (Lagoons) (उदा. चिल्का, पुलिकत), खाडीमुखे (estuaries), वाळूचे ढिगारे (sand dunes), स्पीट (spits), बार (bars), चिखलाचे सपाट प्रदेश (mudflats), खारफुटी.
- सागरी राष्ट्रीय उद्याने (Marine national parks) (उदा. मन्नारचे आखात, सुंदरबन).

आर्थिक महत्त्व (Economic Significance)	पर्यावरणीय समस्या (Environmental Issues)
<ul style="list-style-type: none">• बंदरे: मुंबई, कोची, चेन्नई, विशाखापट्टणम, पारादीप.• मत्स्यव्यवसाय आणि मत्स्यशेती: समृद्ध अनन्य आर्थिक क्षेत्र (EEZ) (2.3 दशलक्ष चौ. किमी).• खनिजे: offshore तेल आणि वायू (मुंबई हाय, केजी बेसिन), इल्मेनाइट, मोनाझाइट.• शेती: तांदूळ, नारळ, सुपारी, मसाले.• पर्यटन: किनारे, बॅकवॉटर, बेटे.	<ul style="list-style-type: none">• किनारपट्टीची धूप (केरळ, तामिळनाडू, ओडिशा).• चक्रीवादळे आणि वादळी लाटा (बंगालचा उपसागर).• खारफुटीचे नुकसान, पाणथळ जमिनीचा न्हास, प्रवाळांचे विरंजन (coral bleaching).• बंदरे, उद्योग, तेल गळती यामुळे होणारे प्रदूषण.• समुद्राची वाढती पातळी आणि खान्या पाण्याची घुसखोरी.
पर्यावरणीय समस्या (Environmental Issues)	सरकारी उपक्रम (Government Initiatives)
<ul style="list-style-type: none">• किनारपट्टीची धूप (केरळ, तामिळनाडू, ओडिशा).• चक्रीवादळे आणि वादळी लाटा (बंगालचा उपसागर).• खारफुटीचे नुकसान, पाणथळ जमिनीचा न्हास, प्रवाळांचे विरंजन (coral bleaching).• बंदरे, उद्योग, तेल गळती यामुळे होणारे प्रदूषण.• समुद्राची वाढती पातळी आणि खान्या पाण्याची घुसखोरी.	<ul style="list-style-type: none">• ICZM (एकात्मिक किनारपट्टी क्षेत्र व्यवस्थापन).• विकासाच्या नियंत्रणासाठी CRZ नियम.• बंदर-आधारित विकासासाठी सागरमाला प्रकल्प.• NAPCC अंतर्गत राष्ट्रीय किनारपट्टी अभियान.• खारफुटी आणि प्रवाळशैलभित्ती संवर्धन योजना.





महाराष्ट्राचे भौतिकशास्त्र Maharashtra Physiography



■ महाराष्ट्राचे प्राकृतिक विभाग (PHYSIOGRAPHIC DIVISIONS OF MAHARASHTRA)

- महाराष्ट्रात तीन प्रमुख प्राकृतिक प्रदेश आहेत: कोकण, पश्चिम घाट (Sahyadri) आणि दख्खनचे पठार (ज्यात विदर्भ, मराठवाडा आणि मध्य महाराष्ट्र यांचा समावेश होतो).
1. कोकण (किनारी सखल प्रदेश) (Konkan - Coastal Lowlands)
 - अरबी समुद्र आणि पश्चिम घाट यांच्या दरम्यानचा अरुंद किनारी पट्टा.
 - येथील वैशिष्ट्ये: जांभा माती (lateritic soils), खाड्या (creeks), मुहाने (estuaries) आणि मुसळधार पाऊस.
 - समुद्राच्या जवळिकीमुळे हवामान मध्यम असते.
 2. पश्चिम घाट (सह्याद्री रांग) (Western Ghats - Sahyadri Range)
 - किनाऱ्याला समांतर (parallel) उत्तर-दक्षिण धावणारी रांग; पश्चिमेकडील उतार तीव्र आहे.
 - उंची: 900-1600 मीटर; प्रमुख नद्यांचे उगमस्थान (उदा. गोदावरी, कृष्णा).
 - वाऱ्याच्या बाजूला जास्त पर्जन्यमान; थंड हवामान असलेले गिरीस्थाने (hill stations) (उदा. महाबळेश्वर, माथेरान).
 3. दख्खन पठार प्रदेश (Deccan Plateau Region)
 - सर्वात मोठा प्राकृतिक विभाग; बेसाल्टिक लाव्हाचे पठार (basaltic lava plateau).
 - यात तीन उप-प्रदेशांचा समावेश होतो:
 - मध्य महाराष्ट्र (Madhya Maharashtra): पर्जन्यछायेचा प्रदेश; कमी पर्जन्यमान; काही भागांमध्ये सुपीक काळी माती (fertile black soils).
 - मराठवाडा (Marathwada): अर्ध-शुष्क पठार (Semi-arid plateau); ओबडधोबड भूभाग; दुष्काळप्रवण.
 - विदर्भ (Vidarbha): पूर्वेकडील पठार आणि ओबडधोबड मैदाने; मध्यम पर्जन्यमान; जंगलांमध्ये समृद्ध (उदा. सातपुडा, मेळघाट).



**• नदी खोरे (River Basins)**

- गोदावरी, कृष्णा, भीमा, तापी आणि वर्धा-वैनगंगा खोऱ्यांनी पठाराला आकार दिला आहे.
- रुंद दऱ्या (Wide valleys) आणि काळी मातीची मैदाने हे अंतर्गत प्रदेशांचे वैशिष्ट्य आहे.

• सामान्य वैशिष्ट्ये (General Characteristics)

- घाटांमध्ये जास्त उंची (High relief in Ghats) तीव्र उतार आणि धबधबे.
- दख्खनमध्ये सपाट माथ्याची पठारे (Flat-topped plateaus) (मेसा - mesa, ब्यूट - butte भूस्वरूपे) सामान्य आहेत.
- किनारा-घाट-पठार यातील फरक हवामान आणि वनस्पतींमध्ये लक्षणीय फरक निर्माण करतो.

भारत आणि महाराष्ट्राचे हवामान Climate of India & Maharashtra**■ प्रस्तावना (Introduction)**

- भारताचे हवामान मान्सून वारे, हिमालय आणि जमीन-समुद्र भिन्नता (land-sea contrast) यांवर नियंत्रित असते, ज्यामुळे हंगामी बदल स्पष्टपणे दिसतात.
- भारत → उष्णकटिबंधीय मान्सून हवामान असलेला देश, ज्यात ओले (wet) आणि कोरडे (dry) असे विशिष्ट ऋतू असतात.
- हे हवामान अक्षांश (latitude), भूप्रदेश (relief), मान्सून वारे, जेट स्ट्रीम आणि चक्रीवादळ प्रणालीं द्वारे नियंत्रित केले जाते.

■ भारताचे हवामान नियंत्रित करणारे घटक (CONTROLLING FACTORS OF INDIA'S CLIMATE)**• अक्षांश (Latitude):**

- कर्कवृत्त (Tropic of Cancer) भारताचे विभाजन करते → उष्णकटिबंधीय दक्षिण आणि उप-उष्णकटिबंधीय उत्तर भाग.
- दक्षिण भारत → तापमानाची श्रेणी कमी; उत्तर भारत → तीव्र हंगामी भिन्नता (sharp seasonal contrast).

• उंची (Altitude):

- हिमालय (सरासरी > 6000मी) → मध्य आशियातील थंड वाऱ्यांना अडवतो → त्यामुळे हिवाळा सौम्य राहतो.
- उंच पर्वत → समशीतोष्ण, अल्पाइन हवामानास (temperate, alpine climates) आधार देतात; मैदाने उष्णकटिबंधीय राहतात.

• भूप्रदेश (Relief) (पर्वत, घाट, पठार):

- पश्चिम घाट → पश्चिमेकडील उतारांवर मुसळधार पाऊस → अंतर्गत दख्खनमध्ये पर्जन्यछायेचा प्रदेश निर्माण करतो.
- हिमालय → मान्सून वाऱ्यांना उंच जाण्यास भाग पाडतो → पायथ्याच्या प्रदेशात तीव्र पर्जन्यवृष्टी.
- इशान्येकडील टेकड्या → बंगालच्या उपसागराच्या मान्सूनला मॉसिनराम/चेरापुंजी येथे अति पर्जन्यवृष्टीसाठी वाहून नेतात.

• मान्सून वारे (Monsoon Winds):

- नैर्ऋत्य मान्सून (Southwest monsoon) → पर्जन्यमानाचा मुख्य स्रोत (जून-सप्टेंबर).
- इशान्य मान्सून (Northeast monsoon) → तामिळनाडूच्या किनारपट्टीवर पर्जन्यवृष्टी (ऑक्टोबर-डिसेंबर).
- वाऱ्यांचे हंगामी उलटमण (Seasonal reversal of winds) → ओले विरुद्ध कोरडे ऋतू निश्चित करते.

• जमीन-समुद्र भिन्नता (Land-Sea Contrast):

- उन्हाळ्यात जमीन लवकर गरम होते → निम्न दाब → समुद्रातून आर्द्र वाऱ्यांना आकर्षित करते.





- हिवाळ्यात जमीन लवकर थंड होते → उच्च दाब → कोरडे इशान्य वारे प्रभाव राहतात.
- **जेट स्ट्रीम (Jet Streams):**
 - उपोष्णकटिबंधीय पश्चिमी जेट स्ट्रीम (Subtropical Westerly Jet - STWJ) → हिवाळी हवामान; पश्चिमी विक्षोभ (Western Disturbances) संचलित करते.
 - उष्णकटिबंधीय पूर्वी जेट स्ट्रीम (Tropical Easterly Jet - TEJ) → मान्सूनची सुरुवात आणि तीव्रता यांच्याशी संबंधित आहे.
- **एल निनो-ला निनो (ENSO):**
 - एल निनो → कमकुवत मान्सून, दुष्काळाची प्रवृत्ती.
 - ला निनो → अधिक तीव्र मान्सून, पुराचा धोका.
- **पश्चिमी विक्षोभ (Western Disturbances):**
 - भू-बाह्य चक्रीवादळे (Extra-tropical storms) भूमध्य सागरी प्रदेशातून येतात.
 - उत्तर भारतात हिवाळी पाऊस आणतात → रब्बी गहू पिकासाठी महत्वाचे.
- **उष्णकटिबंधीय चक्रीवादळे (Tropical Cyclones):**
 - प्रामुख्याने बंगालचा उपसागर → पूर्व आणि दक्षिण किनारपट्टीवरील पर्जन्यमानावर परिणाम करतात.
 - मान्सूनपूर्व आणि मान्सूनोत्तर चक्रीवादळे मान्सूनच्या वर्तनात बदल करतात.
- **हिंदी महासागरातील स्थिती (Indian Ocean Conditions):**
 - सोमाली जेट, अरबी समुद्राचे पृष्ठभागाचे तापमान (Arabian Sea SST), बंगालमधील निम्न दाब (Bay depressions) → पर्जन्यमानाचे वितरण बदलतात.
 - उष्ण महासागरी प्रवाह मान्सून वाऱ्यांसाठी आर्द्रतेचा पुरवठा वाढवतात.

भारतातील प्रमुख हवामान ऋतू (MAJOR CLIMATE SEASONS IN INDIA)

1. उष्ण हवामानाचा ऋतू (Hot Weather Season) (मार्च-मे)

- तीव्र उष्णता (Strong heating) → वायव्य भारत मध्ये तापमान >45C लू वारे वाहतात.
- उत्तर भारतात → तीव्र निम्न दाब तयार होतो.
- स्थानिक वादळे : काल वैसाखी (Kalbaisakhi), नॉर्वेस्टर (Nor'westers), मँगो शॉवर्स (Mango showers), ब्लॉसम शॉवर्स (Blossom showers).
- द्वीपकल्पीय भारत (Peninsular India) → समुद्राच्या जवळ असल्यामुळे मध्यम हवामान असते.

2. नैर्ऋत्य मान्सूनचा ऋतू (Southwest Monsoon Season) (जून-सप्टेंबर)

- **मान्सूनचे आगमन (Onset):** केरळमध्ये → वेगाने उत्तर दिशेकडे सरकतो.
- **यंत्रणा (Mechanisms):** ITCZ चे विस्थापन, तिबेटच्या पठाराचे गरम होणे, सोमाली जेट, उष्ण समुद्र.
- अरबी समुद्राची शाखा (Arabian Sea branch) → पश्चिम घाटावर मुसळधार पाऊस; कोकण-गोवा.
- बंगालच्या उपसागराची शाखा (Bay of Bengal branch) → इशान्य भारतात (मॉसिनराम/चेरापुंजी) मुसळधार पाऊस.
- बंगालच्या उपसागरातून येणारी मान्सूनची दाब केंद्रे → मध्य आणि उत्तर भारतात पाऊस आणतात.



3. माघार घेणाऱ्या मान्सूनचा ऋतू (Retreating Monsoon Season) (ऑक्टोबर-नोव्हेंबर)

- नैर्ऋत्य मान्सूनची माघार (Withdrawal of SW monsoon) → स्वच्छ आकाश, वाढणारे तापमान + आर्द्रता (humidity).
- इशान्य मान्सून (Northeast monsoon) → तमिळनाडू आणि किनारी आंध्र प्रदेशात (coastal AP) पर्जन्यवृष्टी करतो.
- बंगालच्या उपसागरातील चक्रीवादळे (Bay cyclones) → पूर्व किनारपट्टीवर (ओडिशा-एपी-टीएन) धडकतात.
- उत्तर भारतात रब्बी पीक पेरणीसाठी हा आदर्श काळ असतो.

4. थंड हवामानाचा ऋतू (Cold Weather Season) (डिसेंबर-फेब्रुवारी)

- थंड, कोरडी हवा; उत्तर मैदानात कमी तापमान.
- पश्चिमी विक्षोभ (Western Disturbances) → पंजाब-हरियाणात हलका हिवाळी पाऊस आणि हिमालयात बर्फवृष्टी आणतात.
- स्वच्छ आकाश → तीव्र किरणोत्सर्जन (strong radiation) → वायव्य भारतात थंडीच्या लाटा (cold waves).
- द्वीपकल्पीय भारत → सौम्य कोरडा हिवाळा (mild dry winter).

■ भारतीय मान्सून (INDIAN MONSOON)

- भारतीय मान्सून हा जमीन-समुद्र तापमान भिन्नता आणि सरकणाऱ्या ITCZ (shifting ITCZ) मुळे चालणाऱ्या वाऱ्यांचे हंगामी उत्क्रमण (seasonal reversal of winds) आहे.
- या मान्सूनमुळे भारताला सुमारे 75% वार्षिक पर्जन्यमान मिळते, ज्यामुळे शेती, नद्या आणि हवामान निश्चित होते.

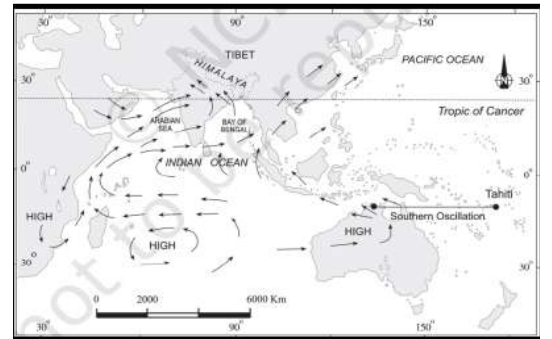
■ मान्सूनचे मुख्य चालक (Key drivers of Monsoon)

- जमीन आणि महासागराचे भिन्न गरम होणे → उन्हाळ्यात वायव्य (NW) भारतात निम्न दाब (low pressure) निर्माण होतो.
- ITCZ चे उत्तरेकडे विस्थापन (Northward shift).
- तिबेटच्या पठाराचे गरम होणे → तीव्र औष्णिक निम्न दाब (strong thermal low).
- सोमाली जेट आणि उष्ण अरबी समुद्र.
- बंगालच्या उपसागरात मान्सूनचे दाब केंद्र तयार होणे.
- पर्वत अडथळे (हिमालय, पश्चिम घाट).

■ नैर्ऋत्य मान्सूनचे आगमन (Onset of Southwest Monsoon)

(जून-सप्टेंबर)

- १ जूनच्या आसपास केरळात सुरुवात होते वेगाने उत्तर दिशेकडे सरकतो.
- अरबी समुद्राची शाखा पश्चिम घाटावर, कोकणमध्ये मुसळधार पाऊस आणते.
- बंगालच्या उपसागराची शाखा इशान्य भारत (मॉसिनराम/चेरापुंजी), गंगा खोऱ्यात (Ganga valley) पाऊस आणते.
- भूप्रदेशातील भिन्नतेमुळे (due to relief) संपूर्ण भारतात व्यापक पाऊस पडतो.



■ माघार / माघार घेणारा मान्सून (Withdrawal / Retreating Monsoon) (ऑक्टोबर-नोव्हेंबर)

- नैर्ऋत्य मान्सूनची वायव्य भारतातून माघार दक्षिण दिशेकडे सरकतो.
- उत्तर भारतात स्वच्छ आकाश आणि वाढणारे तापमान + आर्द्रता.
- इशान्य मान्सून तमिळनाडू आणि किनारी आंध्र प्रदेशात प्रमुख पर्जन्यवृष्टी करतो.



- बंगालच्या उपसागरातील चक्रीवादळे पूर्व किनारपट्टीवर धडकतात.

■ मान्सूनमधील परिवर्तनशीलता (Monsoon variability)

- मान्सूनमध्ये खंड (Breaks in monsoon) → तात्पुरते कोरडे टप्पे (temporary dry spells).
- सक्रिय टप्पे (Active spells) → मुसळधार पावसाचा काळ.
- एल निनो (कमकुवत मान्सून) आणि ला निनो (मजबूत मान्सून) चा प्रभाव असतो.
- पश्चिमी विक्षोभ → उत्तर भारतातील पर्जन्यमानात बदल करतात.
- आयओडी (IOD - Indian Ocean Dipole) मान्सूनच्या तीव्रतेवर परिणाम करतो.

■ पर्वतजन्य प्रभाव (Orographic influence)

- पश्चिम घाट वाऱ्याच्या बाजूच्या उतारावर (windward slope) मुसळधार पाऊस पाडतो आणि दख्खनच्या पठारावर पर्जन्यछायेचा प्रदेश (rainshadow) निर्माण करतो.
- इशान्येकडील टेकड्या आर्द्र वाऱ्यांना वाटेत अडवून (channel moist winds) अतिशय मुसळधार पाऊस (मॉसिनराम, चेरापुंजी).
- हिमालय थंड वाऱ्यांना अडवतो आणि मान्सून वाऱ्यांना वरच्या दिशेने (uplift) उचलतो.

■ महत्त्व (Significance)

- खरीप शेती आणि जलसंपदा नियंत्रित करतो.
- जलविद्युत (hydropower), भूजल पुनर्भरण (groundwater recharge) आणि नदी प्रणालींवर परिणाम करतो.
- संपूर्ण भारतातील दुष्काळ आणि पूर नमुने निश्चित करतो.

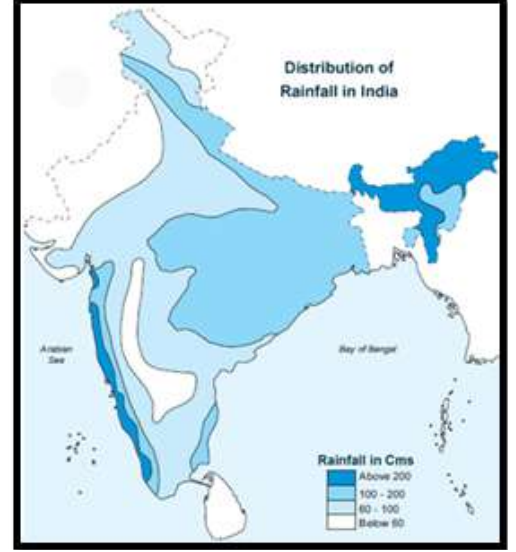
■ भारतीय मान्सूनवर परिणाम करणारे घटक (FACTORS AFFECTING THE INDIAN MONSOON)

- **जमीन-समुद्र उष्णता भिन्नता (Land-sea heating contrast):** वायव्य (NW) भारतावर निम्न दाब निर्माण करतो → आर्द्र वाऱ्यांना आकर्षित करतो.
- **ITCZ चे विस्थापन (ITCZ shift):** उन्हाळ्यात उत्तरेकडे सरकतो → मान्सून प्रवाह आकर्षित करतो.
- **तिबेटच्या पठाराचे गरम होणे (Tibetan Plateau heating):** तीव्र औष्णिक निम्न दाब (Strong thermal low) अभिसरणाला बळकट (strengthens circulation) करतो.
- **जेट स्ट्रीम (Jet streams):** पूर्वी जेट (Easterly jet) मान्सूनच्या आगमनास मदत करतो; पश्चिमी जेट उत्तरेकडे सरकतो, ज्यामुळे मान्सूनला प्रवेश मिळतो.
- **अरबी समुद्र आणि बंगाल उपसागर SST (Arabian Sea & Bay SST):** उष्ण समुद्र → जास्त आर्द्रतेचा पुरवठा (high moisture supply) करतो.
- **मान्सून दाब केंद्रे (Monsoon depressions):** बंगालच्या उपसागरातील निम्न दाब (Bay lows) → अंतर्गत प्रदेशात व्यापक पाऊस आणतात.
- **इएनएसओ (ENSO - El Niño-Southern Oscillation):** एल निनो (El Niño) कमकुवत मान्सून; ला निनो (La Niña) मजबूत मान्सून.
- **हिंदी महासागर द्विध्रुवीयता (Indian Ocean Dipole - IOD):** सकारात्मक IOD (Positive IOD) मान्सूनला चालना देतो.
- **भूप्रदेशाची वैशिष्ट्ये (Relief features):** हिमालय थंड वाऱ्यांना अडवतो; पश्चिम घाट पर्वतजन्य पाऊस पाडतो.
- **बर्फाचे आवरण (Snow cover):** युरेशियावरील जास्त बर्फ मान्सून कमकुवत करतो; कमी बर्फ मान्सूनला बळकट करतो.



भारतातील पर्जन्यमान नमुना (Rainfall Pattern in India)

- भारताला आपले बहुतांश पर्जन्यमान नैर्ऋत्य मान्सूनमधून (Southwest Monsoon) मिळते (जून-सप्टेंबर) हे वार्षिक पर्जन्यमानाच्या सुमारे 75% योगदान देते
- मान्सून वारे, भूप्रदेश (relief), अक्षांश आणि चक्रीवादळे यामुळे पर्जन्यमान अत्यंत असमान आहे.
- **खूप जास्त पर्जन्यमान असलेले क्षेत्र (>२०० सेमी):** पश्चिम घाट (वाऱ्याच्या दिशेने), इशान्य भारत (मावसिनराम, चैरापुंजी), अंदमान-निकोबार बेटे.
- **जास्त ते मध्यम पर्जन्यमान (१००-२०० सेमी):** बंगाल-ओडिशा किनारा, हिमालयाच्या पायथ्याशी, पूर्व आणि मध्य भारत.
- **कमी पर्जन्यमान (५०-१०० सेमी):** दख्खन पठारावरील पर्जन्यछाया (कर्नाटक, तेलंगणा, महाराष्ट्र), पूर्वेकडील घाट.
- **खूप कमी पर्जन्यमान (<५० सेमी):** थारचे वाळवंट (जैसलमेर, बारमेर), लडाखचे थंड वाळवंट.



■ हंगामी नमुना (Seasonal Pattern)

- **नैर्ऋत्य मान्सून (Jun-Sep):** मुख्य पावसाळी हंगाम, मान्सून दाब केंद्रे (monsoon depressions) आणि पर्वतजन्य उचल (orographic uplift) यामुळे पाऊस पडतो.
- **इशान्य मान्सून (Oct-Dec):** तमिळनाडू आणि किनारी आंध्र प्रदेशासाठी महत्त्वाचा.
- **हिवाळी पर्जन्यमान (Winter rainfall):** पश्चिमी विक्षोभ (Western Disturbances) पंजाब, हरियाणा, पश्चिम उत्तर प्रदेशात हलका पाऊस आणतात.
- **मान्सूनपूर्व सरी (Pre-monsoon showers):** काल वैसाखी (Kalbaisakhi), नॉर्वेस्टर (Nor'westers), मँगो शॉवर्स (Mango showers) शेतकऱ्यांना मदत करतात.

■ परिणाम करणारे घटक (Controlling Factors)

- **पर्वतजन्य परिणाम (Orographic effects):** पश्चिम घाट पश्चिमेकडील उतारांवर मुसळधार पाऊस पाडतो; पूर्वेकडील दख्खन कोरडा राहतो.
- **इशान्येकडील टेकड्या आर्द्र वाऱ्यांना वाटेत अडवून → पृथ्वीवरील काही ठिकाणी सर्वाधिक पाऊस पाडतात.**
- **हिमालय आर्द्र वाऱ्यांची उचल करतो → पायथ्याच्या प्रदेशात मुसळधार पाऊस.**
- **पूर्व-पश्चिम प्रवणता (East-west gradient):** आसाम/बंगाल (150-200 सेमी) पासून राजस्थानपर्यंत (<50 सेमी) पर्जन्यमान कमी होते.
- **चक्रीवादळी पर्जन्यमान (Cyclonic rainfall):** बंगालच्या उपसागरातील चक्रीवादळे ओडिशा-एपी-टीएन वर परिणाम करतात; अरबी समुद्रातील चक्रीवादळे कधीकधी गुजरात-कोकणवर परिणाम करतात.
- **पर्जन्यमानातील परिवर्तनशीलता (Rainfall variability):** मान्सूनमध्ये खंड, सक्रिय टप्पे, एल निनो (El Niño) आणि ला निनो (La Niña) चक्रांमुळे वायव्य/मध्य भारतात दुष्काळ आणि इशान्य/बिहार/आसाममध्ये पूर येतात.



महाराष्ट्राचे हवामान - संक्षिप्त नोट्स (CLIMATE OF MAHARASHTRA - SHORT NOTES)

- महाराष्ट्रात स्पष्ट हंगामी भिन्नता (clear seasonal contrast) असलेले उष्णकटिबंधीय मान्सून हवामान (tropical monsoon climate) आहे.
- **तीन मुख्य ऋतू:** उन्हाळा (मार्च-मे), मान्सून (जून-सप्टेंबर), हिवाळा (ऑक्टोबर-फेब्रुवारी).

■ प्रमुख ऋतूंची वैशिष्ट्ये (Features of Major Seasons)

• उन्हाळा (Summer):

- अतिशय उष्ण आणि कोरडा, विशेषतः विदर्भात (>45°C).
- सागरी प्रभावामुळे किनारी कोकण मध्यम राहतो.

• नैर्ऋत्य मान्सून (Southwest Monsoon):

- कोकणात मुसळधार पाऊस (200-300 सेमी; मुंबई, रत्नागिरी).
- पश्चिम घाटावर अति जास्त पर्जन्यमान मिळते.
- पर्जन्यछायेचा प्रदेश (Rainshadow region) (मध्य महाराष्ट्र, मराठवाडा) कमी पर्जन्यमान (50-100 सेमी) मिळते.
- विदर्भात प्रामुख्याने बंगालच्या उपसागरातील दाब केंद्रांमुळे मध्यम पर्जन्यमान मिळते.

• हिवाळा (Winter):

- थंड आणि कोरडा; अंतर्गत जिल्ह्यांमध्ये किमान तापमानात घट होते.
- किनारी प्रदेश सौम्य राहतो; अंतर्गत भागात थंड रात्री अनुभवल्या जातात.

■ पर्जन्यमान आणि आर्द्रतेचा नमुना (Rainfall and Humidity Pattern)

• पर्जन्यमान नमुना (Rainfall pattern):

- पश्चिम - अति जास्त पर्जन्यमान;
- घाट - जास्तीत जास्त;
- पूर्व (मराठवाडा-विदर्भ) - कमी ते मध्यम.
- भूभाग (topography) आणि मान्सून वाऱ्यांमुळे अत्यंत असमान.

• आर्द्रता (Humidity):

- किनारी पट्ट्यात जास्त; अंतर्गत पठारात कमी.

• चक्रीवादळाचा प्रभाव (Cyclonic influence):

- कोकणात कधीकधी चक्रीवादळे येतात; अंतर्गत भागावर क्वचितच परिणाम होतो.

महाराष्ट्राच्या हवामानावर भूभागाचा प्रभाव (INFLUENCE OF TOPOGRAPHY ON CLIMATE OF MAHARASHTRA)

- पश्चिम घाट एक प्रमुख हवामान अडथळा (climatic barrier) म्हणून कार्य करतो, नैर्ऋत्य मान्सूनला अडवून पर्जन्यमानामध्ये तीव्र भिन्नता निर्माण करतो.
- कोकण (घाटाच्या पश्चिमेकडील) आर्द्र मान्सून वाऱ्यांच्या पर्वतजन्य उचलामुळे (orographic uplift) अति जास्त पर्जन्यमान मिळते.
- वाऱ्याच्या विरुद्ध बाजू (Leeward side) (मध्य महाराष्ट्र आणि मराठवाडा) पर्जन्यछायेच्या प्रदेशात येते, ज्यामुळे कमी पाऊस पडतो





आणि कोरड्या (dry) परिस्थितीचा अनुभव येतो.

- विदर्भ पठार घाटापासून दूर आहे → त्याला प्रामुख्याने बंगालच्या उपसागरातील दाब केंद्रांमुळे (Bay depressions) मध्यम पर्जन्यमान मिळते, थेट मान्सूनचा प्रभाव नसतो.
- उंचीतील फरक तापमानातील भिन्नता निर्माण करतो: घाट थंड राहतात; अंतर्गत पठारात उन्हाळ्यात जास्त उष्णता असते.
- किनारी भूभाग (Coastal topography) तापमान मध्यम ठेवतो → कोकणात हंगामी भिन्नता कमी असते.
- पठाराच्या अंतर्गत भागात मोकळ्या, कोरड्या भूभागामुळे उन्हाळ्यात तीव्र उष्णता वाढते → तापमानाचे उच्च टोक अनुभवले जाते.
- दऱ्या आणि खोरे (उदा. भीमा खोरे - Bhima basin) उष्णता अडकवून ठेवतात → उन्हाळ्यात उष्ण परिस्थिती, हिवाळ्यात सौम्य थंडी.
- भूभागाची दिशा (Topographic orientation) वाऱ्याचा प्रवाह, आर्द्रतेची पातळी आणि स्थानिक पर्जन्यमान नमुन्यांवर परिणाम करते.

■ महाराष्ट्रातील पर्जन्यमान नमुना (RAINFALL PATTERN IN MAHARASHTRA)

- महाराष्ट्रातील पर्जन्यमान प्रामुख्याने नैर्ऋत्य मान्सूनमधून (Southwest Monsoon) मिळते (जून-सप्टेंबर).
- पश्चिम घाट आणि पठाराच्या भूभागामुळे (plateau topography) पर्जन्यमानाचे वितरण अत्यंत असमान आहे.

■ प्रदेशानुसार पर्जन्यमान (Region-wise Rainfall)

• कोकण किनारा (Konkan Coast):

- पर्वतजन्य उचलमुळे (orographic uplift) अति जास्त पर्जन्यमान मिळते (२००-३००+सेमी).
- मुसळधार सलग मान्सून; सतत पूर.

• पश्चिम घाट (Western Ghats):

- राज्यातील सर्वात जास्त पावसाच्या पट्ट्यांपैकी एक (४०० सेमी पर्यंत).
- तीव्र उतारामुळे पर्वतजन्य पर्जन्यमान (orographic rainfall) वाढते.

• मध्य महाराष्ट्र (वाऱ्याच्या विरुद्ध बाजू) (Madhya Maharashtra - leeward side):

- पर्जन्यछायेच्या प्रदेशात येतो → कमी पर्जन्यमान (५०-१०० सेमी).
- पुणे, सोलापूर, अहमदनगर यांसारख्या जिल्ह्यांना मर्यादित मान्सून पाऊस मिळतो.

• मराठवाडा (Marathwada):

- कमी आणि अनियमित पर्जन्यमान (६०-९० सेमी).
- मान्सूनमधील परिवर्तनशीलतेमुळे उच्च दुष्काळ वारंवारता (High drought frequency).

• विदर्भ (Vidarbha):

- मध्यम पर्जन्यमान (१००-१२५ सेमी).
- हा पाऊस प्रामुख्याने पश्चिमेकडे सरकणाऱ्या बंगालच्या उपसागरातील दाब केंद्रांमुळे (Bay of Bengal depressions) मिळतो.

■ इतर वैशिष्ट्ये (Other Characteristics)

• हंगामी वितरण (Seasonal Distribution):

- जून-जुलै: बहुतेक प्रदेशात जास्तीत जास्त पर्जन्यमान.





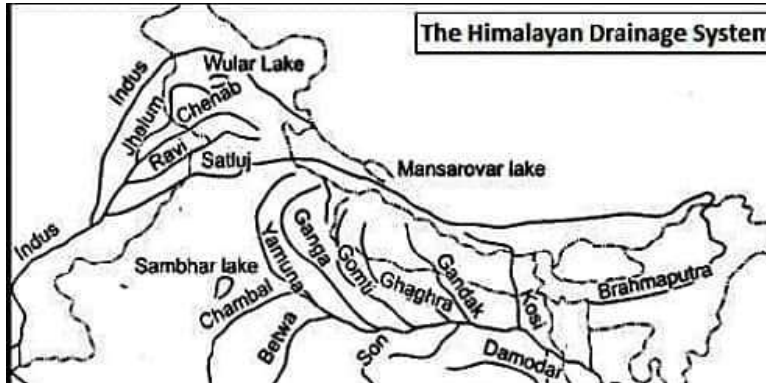
- ऑगस्ट: तीव्रतेत घट.
 - सप्टेंबर: मान्सून कमकुवत होतो.
 - मान्सूननंतरचा काळ (ऑक्टोबर-नोव्हेंबर): काही जिल्ह्यांमध्ये हलका पाऊस; मराठवाड्याला कधीकधी चक्रीवादळाच्या अवशेषांमुळे पाऊस मिळतो.
- **चक्रीवादळाचा प्रभाव (Cyclonic Influence):**
 - कोकणाला अरबी समुद्रातील चक्रीवादळामुळे मुसळधार पाऊस मिळू शकतो.
 - मराठवाडा आणि विदर्भाला कधीकधी बंगालच्या उपसागरातील चक्रीवादळाच्या अवशेषांमुळे पाऊस मिळतो.
 - **एकूण कल (Overall Trend):**
 - पश्चिम → अति जास्त पर्जन्यमान;
 - घाट → जास्तीत जास्त;
 - अंतर्गत भाग → कमी;
 - पूर्वेकडील पठार → मध्यम.

२. जलप्रणाली (Drainage System)

- भारतातील नदी प्रणाली ही हिमालयीन आणि द्वीपकल्पीय भूगर्भशास्त्रामुळे (Peninsular geology) आकार घेतलेली एक विशाल जलप्रणाली (vast drainage network) आहे, जी उपखंडातील शेती, पाणीपुरवठा, परिसंस्था आणि संस्कृतीला आधार देते.
- यात बारमाही हिमालयीन नद्या आणि हंगामी द्वीपकल्पीय नद्या यांचा समावेश आहे, ज्या प्रत्येकी विशिष्ट उगम, प्रवाह नमुने आणि भू-आकृतिक वैशिष्ट्ये दर्शवतात.

■ हिमालयीन नदी प्रणाली (Himalayan River System)

- या मोठ्या, बारमाही (perennial) नद्या हिमालयीन हिमनद्या आणि बर्फाच्छादित प्रदेशांमधून उगम पावतात, त्या खोल दऱ्यांमधून (deep gorges) आणि रुंद गाळाच्या मैदानातून (broad alluvial plains) वाहतात.



■ मुख्य वैशिष्ट्ये (Key Characteristics)

- बारमाही प्रवाह (Perennial flow) (हिमनदी + पर्जन्यमान-आधारित).
- विस्तृत नागमोडी वळणे (Extensive meandering), पूर मैदाने, आणि गाळाचे साठे (alluvial deposits).
- उच्च अपक्षरण शक्ती (High erosive power); हिमालयात खोल दऱ्या (gorges) आणि मैदानी प्रदेशात त्रिभुज प्रदेश (deltas) तयार करतात.
- प्रमुख भू-आकृतिक वैशिष्ट्ये (Major geomorphic features): नालकृती सरोवरे (oxbow lakes), नैसर्गिक बंधारे (levees),





गुंफलेले प्रवाह (braided channels).

- सिंचन, शेती आणि जलविद्युत (hydropower) साठी महत्त्वाचे. महत्त्व (Significance)
- भारताच्या सर्वाधिक सुपीक प्रदेशांना (most fertile regions) आधार देतात (इंडो-गंगेचे मैदान - Indo-Gangetic Plains).
- बारमाही सिंचन (perennial irrigation) आणि पिण्याचे पाणी पुरवतात.
- प्रमुख जलविद्युत प्रकल्पांचा आधार (Basis of major hydropower projects) (उदा. टिहरी, नाथपा झाक्री).
- हवामान, शेती आणि वस्तीच्या नमुन्यांवर (settlement patterns) प्रभाव टाकतात.

■ प्रमुख नदी प्रणाली (Major River Systems)

1. सिंधू प्रणाली (Indus System)

- उगम: मानसरोवर सरोवर (Lake Mansarovar) (तिबेट).
- उप-नद्या: झेलम, चिनाब, रावी, बियास, सतलज (पश्चिम); श्योक, गिलगिट, झास्कर (वरच्या भागातील).
- प्रवाह: भारत पाकिस्तानमधून वाहते; कराची येथे मोठा त्रिभुज प्रदेश तयार करते.

2. गंगा प्रणाली (Ganga System)

- उगम: गंगोत्री हिमनदी (Gangotri Glacier) (उत्तराखंड) येथे भागीरथी म्हणून.
- प्रमुख उप-नद्या:
 - डाव्या किनाऱ्यावरील: गोमती, घाघरा, गंडक, कोसी.
 - उजव्या किनाऱ्यावरील: यमुना, सोन.
- भारतातील सर्वात मोठे नदी खोरे; ब्रह्मपुत्रेशी मिळून सुंदरबन त्रिभुज प्रदेश तयार करते.

3. ब्रह्मपुत्रा प्रणाली (Brahmaputra System)

- उगम: चेमायुंगदुंग हिमनदी (Chemayungdung Glacier) (तिबेट) येथे सांगपो (Tsangpo) म्हणून.
- अरुणाचलमधून सियांग/दिहांग (Siang/Dihang) म्हणून भारतात प्रवेश करते.
- प्रमुख उप-नद्या: सुबसिरी, लोहित, मानस, धनसिरी.
- बांगलादेशात गंगेला मिळते आणि जगातील सर्वात मोठा त्रिभुज प्रदेश तयार करते.

■ द्वीपकल्पीय नदी प्रणाली (Peninsular River System)

- ही प्राचीन, हंगामी नद्यांची (Ancient, seasonal rivers) प्रणाली आहे, जी स्थिर द्वीपकल्पीय पठारावरून (stable Peninsular Plateau) वाहते. या नद्यांमध्ये हिमनदीच्या वितळण्याएवजी (glacial melt) पर्जन्यमानाचे वर्चस्व असते.

■ मुख्य वैशिष्ट्ये (Key Characteristics)

- प्रवाह: हंगामी (मान्सूनवर अवलंबून).
- निश्चित मार्ग: खोल दऱ्या आणि विकसित भूरूपांमधून (mature landscapes) वाहतात.
- बारमाही नसलेल्या नद्या: गोदावरीच्या उगमाकडील भाग आणि नर्मदेचा अपवाद वगळता बहुतेक नद्या बारमाही नाहीत.
- मैदाने: हिमालयातील नद्यांच्या तुलनेत अरुंद पूर मैदाने आणि कमी नागमोडी वळणे.
- त्रिभुज प्रदेश: प्रमुख पूर्ववाहिनी नद्या मोठे त्रिभुज प्रदेश (deltas) तयार करतात. महत्त्व (Significance)





- **सिंचन:** नागार्जुन सागर, सरदार सरोवर, हिराकुड यांसारख्या मोठ्या प्रकल्पांद्वारे सिंचन.
- **कृषी विकास:** दख्खनचे पठार, तामिळनाडू, किनारी आंध्र प्रदेश येथील शेतीला आधार.
- **जलविद्युत निर्मितीचा आधार:** शरावती, पेरियार यांसारख्या नद्या जलविद्युत निर्मितीसाठी महत्त्वाच्या.
- **पिण्याच्या पाण्याची सोय:** पिण्याच्या पाण्याचा पुरवठा करतात.
- **भातशेतीचे प्रमुख प्रदेश:** त्रिभुज प्रदेश (डेल्टा) हे प्रमुख भातशेतीचे प्रदेश आणि मुख्य बंदरे आहेत.

■ 1. पूर्ववाहिनी नद्या (बंगालच्या उपसागरात मिळणाऱ्या)

■ मुख्य वैशिष्ट्ये (Key Characteristics)

- **प्रवाह:** हळूवार उताराच्या द्वीपकल्पीय प्रदेशातून पूर्वेकडे वाहतात.
- **त्रिभुज प्रदेश:** मोठे त्रिभुज प्रदेश (उदा. गोदावरी, कृष्णा, कावेरी, महानदी) तयार करतात.
- **लांबी:** लांब पल्ल्याच्या नद्या, मोठे जलनिस्सारण खोरे (drainage basins).
- **बारमाही प्रभाव:** पश्चिम घाटातील पर्जन्यमानामुळे अधिक बारमाही प्रभाव दिसून येतो.
- **प्रमुख कृषी पट्टे:** त्रिभुज प्रदेशात प्रमुख कृषी पट्टे (भात खाती) आहेत.

■ प्रमुख नद्या (Major Rivers)

- **गोदावरी:** द्वीपकल्पीय भारतातील सर्वात मोठी नदी; उपनद्या: मांजरा, प्राणहिता, इंद्रावती.
- **कृष्णा:** प्रमुख उपनद्या: तुंगभद्रा, भीमा.
- **कावेरी:** पश्चिम घाटातून उगम पावते; सुपीक तामिळनाडू डेल्टा तयार करते.
- **महानदी:** छत्तीसगड-ओडिशातून वाहते; कटकजवळ मोठा त्रिभुज प्रदेश.
- **सुवर्णरेखा आणि बैतरणी:** ओडिशा-झारखंड प्रदेशातून वाहणाऱ्या लहान नद्या.

■ 2. पश्चिमवाहिनी नद्या (अरबी समुद्रात मिळणाऱ्या)

■ मुख्य वैशिष्ट्ये (Key Characteristics)

- **प्रवाह:** पश्चिम घाटाच्या किनाऱ्याशी जवळीक असल्याने लहान, वेगवान, तीव्र उताराच्या नद्या आहेत.
- **खाड्या (Estuaries):** त्रिभुज प्रदेशांएवजी (deltas) खाड्या (पाण्यात बुडालेले/किनारी भूरूप) तयार करतात.
- **जलविद्युत क्षमता:** उच्च जलविद्युत क्षमता; अरुंद जलनिस्सारण खोरे.
- **हंगामी:** नियंत्रित अपवाद वगळता अनेकदा हंगामी असतात.

■ प्रमुख नद्या (Major Rivers)

- **नर्मदा:** रिफ्ट व्हॅलीतून वाहणारी नदी; सरळ मार्ग; धुवाँधार धबधबा.
- **तापी:** नर्मदेला समांतर वाहते; कमी लांबीचा मार्ग; धुवाँधार धबब्याची नोंद चुकीची आहे.
- **लुनी:** अंतर्गत जलनिस्सारण (inland drainage); कच्छच्या रणात समाप्त होते.
- **पेरियार, भरतपुझा, शरावती:** लहान, वेगवान, पश्चिम घाटातील नद्या.





■ हिमालयीन नद्या आणि द्वीपकल्पीय नद्या: तुलना

वैशिष्ट्ये (Feature)	हिमालयीन नद्या (Himalayan Rivers)	द्वीपकल्पीय नद्या (Peninsular Rivers)
उगम (Origin)	हिमनदी आणि बर्फाच्छादित क्षेत्र (बारमाही)	द्वीपकल्पीय पठार (पावसावर अवलंबून)
प्रवाहाचा प्रकार (Flow Type)	बारमाही; एकसमान प्रवाह	हंगामी; मान्सून काळात जास्त प्रवाह
दऱ्या (Valleys)	खोल घळी (Gorges), 'V' आकाराच्या दऱ्या (तरुण अवस्था)	रुंद, उथळ दऱ्या (परिपक्व अवस्था)
मार्ग (Course)	लांब, नागमोडी वळणे	आखूड, निश्चित मार्ग
भूपृष्ठाची झीज/गाळ (Erosion/Deposits)	जास्त भूपृष्ठाची झीज; मोठ्या प्रमाणावर गाळाचे संचयन	प्रामुख्याने भूपृष्ठाची झीज; मर्यादित गाळाचे संचयन
पूर मैदाने (Floodplains)	रुंद पूर मैदाने; भाबर-तराई-भांगर-खादर	अरुंद पूर मैदाने
त्रिभुज प्रदेश (Deltas)	मोठे त्रिभुज प्रदेश (उदा. गंगा-ब्रह्मपुत्रा)	केवळ पूर्ववाहिनी नद्यांमध्ये मोठे त्रिभुज प्रदेश
उपनद्या (Tributaries)	असंख्य, मोठ्या उपनद्या	कमी, लहान उपनद्या
प्रवाहाची दिशा (Direction of Flow)	प्रामुख्याने उत्तर → दक्षिण किंवा पश्चिम → पूर्व	पूर्ववाहिनी (बंगालचा उपसागर) > पश्चिमवाहिनी (अरबी समुद्र)
जलविद्युत (Hydropower)	वरच्या टप्प्यात जास्त क्षमता	मध्यम; प्रामुख्याने पश्चिम घाटातील नद्या
जलवाहतूक (Navigation)	बारमाही प्रवाहामुळे चांगली	मर्यादित (हंगामी प्रवाह, जलद प्रवाहामुळे)
उदाहरणे (Examples)	सिंधू, गंगा, ब्रह्मपुत्रा	गोदावरी, कृष्णा, कावेरी, नर्मदा, तापी

■ भारताच्या पूर्व किनारपट्टीवरील त्रिभुज प्रदेश (DELTA IN THE EASTERN COAST OF INDIA)

- पूर्व किनारपट्टीवर रुंद, सु-विकसित त्रिभुज प्रदेश (broad, well-developed deltas) आहेत, कारण नद्या बंगालच्या उपसागरात प्रवेश करण्यापूर्वी सपाट किनारी मैदानातून हळू वाहतात.
- हे त्रिभुज प्रदेश प्रामुख्याने मोठ्या द्वीपकल्पीय नद्या (large peninsular rivers) आणि हिमालयीन नद्यांनी आणलेला मोठा गाळाचा साठा (huge sediment loads) जमा केल्यामुळे तयार झाले आहेत.

■ प्रमुख त्रिभुज प्रदेश (Major Deltas)

- गंगा-ब्रह्मपुत्रा त्रिभुज प्रदेश (Ganga-Brahmaputra Delta):**
 - जगातील सर्वात मोठा त्रिभुज प्रदेश; भारत आणि बांगलादेश यांच्यात विभागलेला.
 - अत्यंत सुपीक; सुंदरबन खारफुटी प्रदेश (Sundarbans mangrove region) तयार करतो.
- महानदी त्रिभुज प्रदेश (Mahanadi Delta):**
 - ओडिशा मध्ये स्थित; मोठा आणि सक्रियपणे वाढत असलेला.
 - भात लागवड आणि पुनरावृत्ती होणाऱ्या पुरासाठी ओळखला जातो.
- गोदावरी त्रिभुज प्रदेश (Godavari Delta):**
 - आंध्र प्रदेशातील रुंद, सुपीक त्रिभुज प्रदेश.
 - दाट शेती (dense agriculture) आणि जलसंवर्धनाचे (aquaculture) समर्थन करतो.





- **कृष्णा त्रिभुज प्रदेश (Krishna Delta):**
 - विजयवाडा-मच्छलीपट्टणम प्रदेशाजवळ तयार झालेला.
 - अत्यंत सिंचन (Highly irrigated) - ऊस आणि धान्य (paddy) हे प्रमुख पिके आहेत.
- **कावेरी त्रिभुज प्रदेश (Cauvery Delta):**
 - “दक्षिण भारताचे धान्याचे कोठार” (Granary of South India) म्हणून ओळखला जातो.
 - तमिळनाडूमधील (तंजावर प्रदेश) सुपीक गाळाची मैदाने (Fertile alluvial plains).

■ पूर्व किनारा त्रिभुज प्रदेशांची सामान्य वैशिष्ट्ये (General Characteristics of Eastern Coast Deltas)

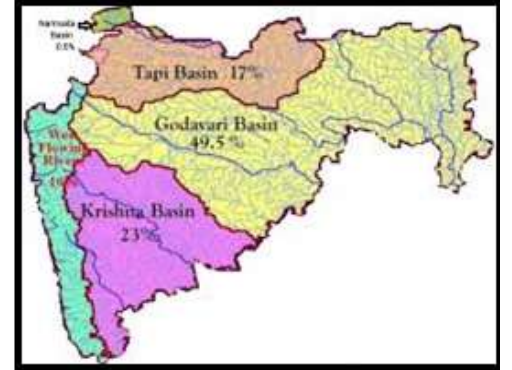
- मऊ गाळाची माती (Soft alluvial soils) - उच्च कृषी उत्पादकता (high agricultural productivity).
- चक्रीवादळे, पूर आणि गाळ साचण्यातील बदलांसाठी (sedimentation changes) प्रवण.
- रुंद वितरिका (Broad distributaries) - पंख्याच्या आकाराचे (fan-shaped) किंवा चाप-आकाराचे (arcuate deltas) त्रिभुज प्रदेश तयार करतात.
- येथे दाट वस्ती आणि गहन शेतीचे वर्चस्व आहे.

■ महाराष्ट्रातील प्रमुख नदी खोरे (Major River basins in Maharashtra)

- **महाराष्ट्रात पाच प्रमुख नदी खोरे आहेत:** गोदावरी, कृष्णा, भीमा, तापी आणि वर्धा-वैनगंगा.

1. गोदावरी खोरे (Godavari Basin)

- महाराष्ट्रातील सर्वात मोठे नदी खोरे.
- **उगम:** त्र्यंबक (नाशिक) येथे पश्चिम घाटात.
- **प्रमुख उप-नद्या:** प्रवरा, पूर्णा, मांजरा, वैनगंगा, वर्धा.
- नाशिक, अहमदनगर, जालना, नांदेड या जिल्ह्यांतील शेतीला आधार देते.



2. कृष्णा खोरे (Krishna Basin)

- **उगम:** महाबळेश्वरजवळ.
- **महाराष्ट्रातील उप-नद्या:** कोयना, वारणा, पंचगंगा, दूधगंगा.
- सातारा-कोल्हापूर-सांगली येथे भात, ऊस आणि फळबाग लागवडीला आधार देते.

3. भीमा खोरे (Bhima Basin)

- कृष्णा नदीची प्रमुख उप-नदी; भीमाशंकरजवळ उगम पावते.
- पुणे, सोलापूर मधून वाहते.
- **उप-नद्या:** मुळा, मुठा, घोड, सीना.
- सिंचन आणि पिण्याच्या पाण्याकरिता (पुणे प्रदेश) महत्त्वाचे.

4. तापी खोरे (Tapi Basin)

- **उगम:** सातपुडा पर्वतरांगेत (मुलताइ, मध्य प्रदेश) - पण उत्तर महाराष्ट्रातून वाहते.
- **राज्यातील उप-नद्या:** पूर्णा, गिरणा, पांझरा.





- जळगाव, धुळे वर प्रभाव टाकते; काही भागांमध्ये सुपीक गाळाची मैदाने तयार करते.

5. वर्धा-वैनगंगा (प्राणहिता) खोरे (Wardha-Wainganga - Pranhita - Basin)

- गोदावरी प्रणालीचे प्रमुख उप-खोरे (Major sub-basin).
- वर्धा - मुलताइ (MP) मध्ये उगम पावते आणि वैनगंगा - सिवनी (MP) मध्ये.
- पूर्व महाराष्ट्राचा (नागपूर, चंद्रपूर, गडचिरोली) प्रदेश समाविष्ट करते.
- दाट जंगले आणि चांगल्या भूजल उपलब्धतेसाठी ओळखले जाते.

■ पश्चिम वाहिनी किनारी नद्या (West-flowing Coastal Rivers) (दुय्यम)

- कोकणातून थेट अरबी समुद्रात वाहणाऱ्या लहान, वेगवान नद्या.
- उदाहरणे: वैतरणा, उल्हास, सावित्री, शास्त्री, वशिष्ठी.

■ कोकण नद्या (KONKAN RIVERS) (महाराष्ट्र)

- कोकण नद्या या लहान, वेगवान, पश्चिमेकडे वाहणाऱ्या नद्या आहेत, ज्या थेट अरबी समुद्रात मिळतात.
- त्यांचा उगम पश्चिम घाटात होतो आणि त्या तीव्र उतारावरून (descend steeply) खाली उतरतात, ज्यामुळे अरुंद दऱ्या (narrow valleys) तयार होतात.

■ प्रमुख कोकण नद्या (Major Konkan Rivers)

- वैतरणा नदी (Vaitarna River): नाशिक-पालघरमधून वाहते; मुंबईच्या पाणीपुरवठ्याचा प्रमुख स्रोत आहे.
- उल्हास नदी (Ulhas River): कर्जतजवळ उगम पावते; ठाण्यातून वाहते; ठाणे खाडी (Thane Creek) तयार करते.
- सावित्री नदी (Savitri River): महाबळेश्वरजवळ उगम; महाडमधून वाहते; अरबी समुद्रात मिळते.
- कुंडलिक नदी (Kundalika River): कोलाड येथील व्हाइट-वॉटर राफ्टिंगसाठी ओळखली जाते; लहान पण जलद प्रवाहाची.
- पाताळगंगा नदी (Patalganga River): खोपोली-रसायनीजवळील औद्योगिक पट्ट्यातील नदी.
- वशिष्ठी नदी (Vashishti River): रत्नागिरी जिल्ह्याची प्रमुख नदी; चिपळूणजवळ बॅकवॉटर (backwaters) तयार करते.
- जगबुडी नदी (Jagbudi River): रत्नागिरीतील खेड-दापोली प्रदेशातून वाहते.
- शास्त्री नदी (Shastri River): राजापूरजवळ वाहते; जयगडजवळ समुद्राला मिळते.
- तेरेखोल नदी (Terekhol River): महाराष्ट्र-गोवा सीमा बनवणाऱ्या भागापैकी एक.
- गड, काजवी, भारजा, मुचकुंदी: लहान वेगवान किनारी प्रवाह (coastal streams).

■ कोकण नद्यांची वैशिष्ट्ये (Characteristics of Konkan Rivers)

- लहान लांबी पण तीव्र उतारांमुळे (steep gradient) जास्त वेग (high velocity).
- हंगामी प्रवाह (Seasonal flow) → मान्सूनमध्ये मोठा विसर्ग, उन्हाळ्यात कमी प्रवाह.
- किनारपट्टीवर अरुंद खाडीमुखे (narrow estuaries), खाड्या (creeks) आणि बॅकवॉटर तयार करतात.
- मत्स्यव्यवसाय, जलवाहतूक (खाड्यांमध्ये) आणि स्थानिक सिंचनासाठी महत्त्वाचे.





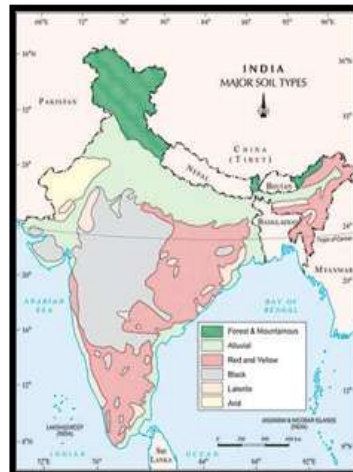
■ महाराष्ट्रातील नदी प्रदूषणाच्या समस्या (PROBLEMS OF RIVER POLLUTION IN MAHARASHTRA)

- **औद्योगिक सांडपाणी (Industrial effluents):** पुणे, ठाणे, तारापूर एमआयडीसी (MIDC) मधून रासायनिक पदार्थ (chemicals) आणि जड धातू (heavy metals) यामुळे मुळा-मुठा, उल्हास नद्या प्रदूषित होतात.
- **शहरांतील प्रक्रिया न केलेले सांडपाणी (Untreated city sewage):** पुणे, नाशिक, नागपूरमधून → उच्च बीओडी (BOD) → दुर्गंधी आणि आरोग्यासाठी धोका (health risks).
- **कृषी धावन (Agricultural runoff):** गोदावरी आणि कृष्णा खोऱ्यांमधील खते/कीटकनाशके → नद्यांमध्ये प्रवाहित होतात → ज्यामुळे यूट्रोफिकेशन (eutrophication - जलपर्णीची वाढ) होते.
- **गणेश मूर्ती विसर्जन:** मुंबई, पुणे, नाशिकमध्ये प्लॅस्टर, रंग, पीओपी (POP) → यामुळे विषारी गाळ तयार होतो.
- **नाले आणि नदीकाठी घनकचरा टाकणे (Solid waste dumping):** प्लॅस्टिक, कचरा प्रवाह अडवतो आणि पाण्याची गुणवत्ता घटवतो.
- मिठी, गोदावरी, भीमाजवळ अतिक्रमण (Encroachment) नदीची रुंदी कमी होते → प्रदूषण एकाग्र होते.
- मराठवाडा आणि सोलापूर भागातील नद्यांमध्ये मान्सूनचा प्रवाह कमी → विरलन (dilution) कमी → प्रदूषकांचे प्रमाण जास्त (higher pollutant load).
- वाढत्या शहरांमध्ये अपुरे एसटीपी (STPs - Sewage Treatment Plants) प्रक्रिया न केलेले सांडपाणी नद्यांमध्ये सतत सोडले जाते.
- उजनी, गंगापूर, मुळशी येथील जलाशयांची स्थिरता (Reservoir stagnation) शेवाळ फुलणे (algal blooms) कमी ऑक्सिजन पातळी.
- प्रदूषण मासे मरतात आणि जलचरांचा न्हास (loss of aquatic life) होतो → ज्यामुळे शेतकरी, मच्छीमार आणि स्थानिक परिसंस्थेवर परिणाम होतो.

३. मृदा प्रणाली (Soil System)

■ भारतातील मृदा (SOILS IN INDIA)

- मृदा (Soil) = अपक्षयित खडक (weathered rock) + सेंद्रिय पदार्थ (organic matter) → पर्जन्यमान, मूळ खडक, भूप्रदेश (relief) आणि वेळेनुसार आकारलेली असते.
- भारताचे विविध भूगर्भशास्त्र + हवामान → विविध प्रकारच्या मृदेची निर्मिती → शेतीचे नमुने, वनस्पती आणि जमिनीच्या वापराचा आधार आहे.
- विरोधाभासी प्राकृतिक रचनेमुळे (contrasting physiography) भारतात ८ प्रमुख मृदा प्रकार आहेत.





■ प्रमुख मृदा प्रकार (Major Soil Types)

1. गाळाची मृदा (ALLUVIAL SOIL)

- **उगम (Origin):** नद्यांद्वारे वाहून आणलेला गाळ (River-borne sediments) → इंडो-गंगेचे मैदान + त्रिभुज प्रदेश (deltas).
- **वितरण (Distribution):** पंजाब-हरियाणा-उत्तर प्रदेश-बिहार-बंगाल; कृष्णा-गोदावरी-कावेरी त्रिभुज प्रदेश.
- **स्वरूप (Nature):** पोयटा ते चिकणमाती (Loamy to clayey); खोल प्रोफाइल (deep profile) (अनेक मीटरपर्यंत).
- **पोषक घटक (Nutrients):** पोटॅश, फॉस्फोरिक ॲसिडने समृद्ध; नायट्रोजन कमी; मध्यम ह्युमस (humus).
- **पोतातील भिन्नता (Texture Variation):** वरच्या भागात जाडी (Coarse in upper reaches) समुद्राकडे बारीक (finer toward the sea).
- **प्रकार (Types):**
 - खादर (Khadar): नवीन, गाळयुक्त, अत्यंत सुपीक, दरवर्षी साचलेला (deposited annually).
 - भांगर (Bangar): जुनी, कॅल्क्युरियस 'कंकर' गाठी (calcareous kankar nodules) असलेली, कमी सुपीक.
- **जलशास्त्र (Hydrology):** उत्कृष्ट ओलावा टिकवून ठेवते (Excellent moisture retention), चांगले निचरा (well-drained).
- **पिके (Crops):** गहू, भात, मका, ऊस, ताग, कडधान्ये.
- **महत्व (Significance):** भारताच्या अन्नधान्य क्षेत्रांना (food bowl regions) आधार देते.

2. काळी मृदा (REGUR) (BLACK SOIL)

- **उगम (Origin):** दख्खन ट्रॅपमधील (Deccan Trap) बेसाल्टचे अपक्षय (Weathering of basalt).
- **वितरण (Distribution):** महाराष्ट्र, गुजरात, मध्य प्रदेश, आंध्र आणि कर्नाटकाचे काही भाग.
- **स्वरूप (Nature):** चिकणमातीयुक्त (४०-६०% चिकणमाती); उन्हाळ्यात खोल भेगा (deep cracks) पडतात → ज्यामुळे हवा खेळती राहते.
- **पोषक घटक (Nutrients):** चुनखडी (lime), लोह (iron), मॅग्नेशियाने समृद्ध; नायट्रोजन आणि फॉस्फरसमध्ये कमतरता (poor).
- **गुणधर्म (Properties):** जास्त ओलावा टिकवून ठेवण्याची क्षमता (High moisture retention) → ओली असताना चिकट, कोरडी झाल्यावर कठीण.
- **उप-प्रकार (Sub-types):**
 - खोल काळी (Deep black): ($\geq 1\text{m}$ depth) → कापूस लागवडीसाठी उत्कृष्ट.
 - मध्यम काळी (Medium black): तृणधान्ये (cereals) आणि तेल-बिया (oilseeds).
- **पिके (Crops):** कापूस, ऊस, ज्वारी, सूर्यफूल, भुइमूग.
- **महत्व (Significance):** कापूस लागवडीसाठी आदर्श → याला "काळी कापूस मृदा पट्टा" (Black Cotton Soil belt) म्हणतात.

3. तांबडी मृदा (RED SOIL)

- **उगम (Origin):** ग्रॅनाइट (granite) आणि नाइस (gneiss) च्या अपक्षयामुळे.
- **वितरण (Distribution):** तमिळनाडू, कर्नाटक, आंध्र प्रदेश, ओडिशा, छत्तीसगड.
- **स्वरूप (Nature):** वाळूमय ते चिकणमातीयुक्त (Sandy to clayey); सच्छिद्र (porous); चांगला निचरा (well-drained).
- **पोषक घटक (Nutrients):** लोह-समृद्ध (तांबडा रंग याचामुळे येतो), ह्युमस कमी; एनपीके (NPK) मध्ये कमतरता (deficient).





- **pH:** हलकी आम्लधर्मी (Slightly acidic) ते उदासीन (neutral).
- **उप-प्रकार (Sub-types):**
 - तांबडी पोयटा (Red loamy): चांगली सुपीकता (better fertility).
 - तांबडी वाळूमय (Red sandy): कमी पाणी टिकवून ठेवण्याची क्षमता.
- **पिके (Crops):** भरड धान्य (Millets), कडधान्ये (pulses), भुइमूग, कापूस, भाजीपाला.
- **मानवी हस्तक्षेप (Human Intervention):** उच्च उत्पादकतेसाठी - खते + सिंचनाची गरज असते.

4. जांभा मृदा (LATERITE SOIL)

- **उगम (Origin):** जास्त पर्जन्यमान (high rainfall) + उच्च तापमानात होणारे तीव्र निक्षालन (Intense leaching).
- **वितरण (Distribution):** पश्चिम घाट, पूर्व घाट, इशान्येकडील राज्ये, बंगालचे काही भाग.
- **स्वरूप (Nature):** सच्छिद्र (Porous), जाड (coarse), कोरडी झाल्यावर विटांसारखी (brick-like).
- **पोषक घटक (Nutrients):** लोह (iron) आणि अॅल्युमिनियमने समृद्ध; सेंद्रिय पदार्थ (organic matter) आणि नायट्रोजन मध्ये कमी.
- **निर्मिती प्रक्रिया (Formation Process):** निक्षालन (Leaching) → सिलिका (silica) दूर होते → लोह/अॅल्युमिना (iron/alumina) मागे राहते.
- **पिके (Crops):** चहा, कॉफी, रबर, काजू, नारळ (आदानांसह - with inputs).
- **उपयोग (Use):** जांभा दगडाचे ठोकळे (Laterite blocks) बांधकाम साहित्य म्हणून वापरले जातात.
- **मर्यादा (Limitation):** कमी सुपीकता (Low fertility) → खत (manuring) देण्याची गरज असते.

5. वाळवंटी मृदा (ARID SOIL)

- **उगम (Origin):** कोरड्या हवामानातील (dry climate) यांत्रिक अपक्षय (Mechanical weathering).
- **वितरण (Distribution):** राजस्थान, कच्छ, पश्चिम हरियाणा.
- **स्वरूप (Nature):** वाळूमय (Sandy), हलकी (loose), ह्युमस कमी; जास्त बाष्पीभवन.
- **पोषक घटक (Nutrients):** विद्राव्य क्षारांनी (soluble salts) समृद्ध; सेंद्रिय कार्बन कमी (low organic carbon).
- **कॅल्शियमची उपस्थिती (Presence of Calcium):** चुनखडीयुक्त (Calcareous); जिप्समच्या गाठी (gypsum nodules) सामान्यपणे आढळतात.
- **रंग (Colour):** कमी आर्द्रतेमुळे (low moisture) पिवळसर-तपकिरी (Yellowish-brown).
- **पिके (Crops):** बाजरी, गुआर (Guar), तीळ (sesame) (सिंचनासह - with irrigation).
- **विशेष नोंद (Special Note):** इंदिरा गांधी कालवा (Indira Gandhi Canal) काही भागांना लागवडीयोग्य जमिनीमध्ये (cultivable land) रूपांतरित करतो.

6. वनी/पर्वतीय मृदा (FOREST / MOUNTAIN SOIL)

- **उगम (Origin):** तीव्र उतारावर (steep slopes) यांत्रिक अपक्षय.
- **वितरण (Distribution):** हिमालय, इशान्येकडील टेकड्या, पश्चिम घाट उच्च प्रदेश (highlands).
- **स्वरूप (Nature):** पातळ, अपरिपक्व (immature), आम्लधर्मी (acidic); जंगलाच्या आच्छादनाखाली ह्युमसने समृद्ध.





- **परिवर्तनशीलता (Variability):**
 - जास्त उंचीवर → आम्लधर्मी, ह्युमस-समृद्ध.
 - कमी उंचीवर → गाळाचे मिश्रण.
- **धुपेचा धोका (Erosion Risk):** उतारांमुळे जास्त.
- **पिके (Crops):** चहा, सफरचंद, वेलची, मसाले.
- **महत्व (Significance):** दाट वन परिसंस्थेला आधार देते.

7. खारट / अल्कधर्मी मृदा (SALINE / ALKALINE SOIL)

- **उगम (Origin):** खराब निचरा, जास्त बाष्पीभवन, अति सिंचन.
- **वितरण (Distribution):** पंजाब, हरियाणा, राजस्थान, उत्तर प्रदेश च्या शुष्क/अर्ध-शुष्क प्रदेशात (Arid/semi-arid regions).
- **स्वरूप (Nature):** पांढऱ्या क्षाराचे थर (White salt crusts); कणखर कंकरचा थर (hard kankar layer); pH जास्त.
- **क्षारतेचे स्रोत (Salinity Sources):** सोडियम क्लोराइड, सोडियम कार्बोनेट.
- **परिणाम (Effects):** खराब संरचना → कमी पारगम्यता (low permeability).
- **सुधारणा (Reclamation):** जिप्सम, खोल नांगरणी (deep ploughing), पाण्याने धुणे.
- **पिके:** मर्यादित; सहनशील पिके (tolerant crops) मध्ये जवस (barley), कापूस (उपचारांनंतर) समाविष्ट आहेत.

8. पीटमय / दलदलीची मृदा (PEATY / MARSHY SOIL)

- **उगम (Origin):** जलमयता (Waterlogging) + सेंद्रिय पदार्थांचे संचयन.
- **वितरण (Distribution):** केरळ, बंगालमधील सुंदरबन, बिहारचे काही भाग.
- **स्वरूप (Nature):** गडद, अत्यंत सेंद्रिय, आम्लधर्मी, खारट तुकडे (saline patches).
- **पोषक घटक (Nutrients):** जास्त ह्युमस पण कमी खनिजे.
- **जलशास्त्र (Hydrology):** खराब निचरा (Poor drainage) → ऑक्सिजनशिवाय विघटन (anaerobic decomposition).
- **पिके (Crops):** भात, ताग, नारळ (सुधारित भागात).
- **पर्यावरण भूमिका (Environmental Role):** कार्बन-समृद्ध → कार्बन सिंक (carbon sink) म्हणून कार्य करते.

महाराष्ट्रातील मृदा (SOILS OF MAHARASHTRA)

- महाराष्ट्रातील मृदा प्रामुख्याने दख्खनच्या बेसाल्ट (Deccan basalt), मान्सून प्रक्रिया (monsoon processes) आणि नदीच्या गाळ साठ्यामुळे तयार झाली आहे.
- **राज्यात चार प्रमुख मृदा प्रकार आहेत:** काळी मृदा, जांभा मृदा (Laterite Soil), गाळाची मृदा (Alluvial Soil), आणि किनारी मृदा (स्थानिक उप-प्रकारांसह).

■ प्रमुख मृदा प्रकार (Major Soil Types)

1. काळी मृदा (रेगूर) (Black Soil - Regur):

- महाराष्ट्रातील सर्वात व्यापक मृदा प्रकार.
- विदर्भ, मराठवाडा, खान्देश, सोलापूर, अहमदनगर, पुणे येथे आढळते.
- खोल, चिकणमातीयुक्त, ओलावा टिकवून ठेवणारी; उन्हाळ्यात भेगा पडतात.





- कापूस, सोयाबीन, ज्वारी, कडधान्यांसाठी अत्यंत उपयुक्त.
- मध्यम आणि खोल काळी मृदा (Medium and Deep Black Soils):
- खोल काळी - गोदावरी, कृष्णा, तापी नदी खोऱ्यांमध्ये आढळते.
- मध्यम काळी - पठारी प्रदेशांमध्ये आढळते.
- सुपीक (Fertile) असते पण नायट्रोजन (nitrogen) आणि फॉस्फोरससाठी (phosphorus) खतांची गरज असते.

2. जांभा मृदा (Laterite Soil):

- पश्चिम घाट आणि कोकणच्या उंच प्रदेशात (Konkan uplands) आढळते.
- मुसळधार पाऊस आणि निक्षालनामुळे (leaching) तयार होते; लालसर, सच्छिद्र (porous).
- खत वापरल्यास काजू, नारळ, रबर, फळबाग लागवडीस आधार देते.

3. किनारी गाळाची मृदा (Coastal Alluvial Soil):

- कोकण किनारपट्टीवर आढळते.
- वाळूमय ते पोयटा (Sandy to loamy); खाडीच्या प्रदेशात सेंद्रिय पदार्थांनी समृद्ध.
- भात, फळे (आंबा, कोकम), नारळासाठी उपयुक्त.

4. नदी गाळाची मृदा (River Alluvial Soil) (मर्यादित विस्तार):

- भीमा, गोदावरी, कृष्णा नदीच्या खोऱ्यांजवळ आढळते.
- सुपीक, हलक्या पोताची (light-textured); ऊस, भाजीपाला, चारा पिकांसाठी उपयुक्त.

5. तांबड्या मृदेचे पॉकेट्स (Red Soil Pockets):

- भंडारा, गोंदिया, चंद्रपूर च्या काही भागांमध्ये उपस्थित आहे.
- ह्युमस (humus) मध्ये कमी; भरड धान्य (millets, coarse grains) आणि कडधान्यांना आधार देते.

6. खारट आणि अल्कधर्मी मृदा (Saline and Alkaline Soils):

- सोलापूर, अहमदनगर च्या सखल, कमी निचऱ्याच्या भागांमध्ये आढळते.
- बाष्पीभवन आणि दोषपूर्ण सिंचन पद्धतींमुळे तयार होते.

मृदा धूप आणि जमिनीचा न्हास (Soil Erosion and Land Degradation)

■ व्याख्या (Definition)

- मृदा धूप (Soil Erosion): नैसर्गिक शक्ती (उदा. हवा, पाणी) किंवा मानवी गतिविधी द्वारे मातीचा वरचा थर दूर करणे.
- जमिनीचा न्हास (Land Degradation): नैसर्गिक किंवा मानव-प्रेरित प्रक्रियांद्वारे (उदा. धूप, क्षारता वाढणे - salinization, जलमयता - waterlogging, वनतोड) जमिनीच्या उत्पादकतेत आणि परिसंस्थेच्या आरोग्यात घट होणे.

■ मृदा धूप आणि जमिनीच्या न्हासाची कारणे (Causes of Soil Erosion and Land Degradation)

■ नैसर्गिक कारणे (Natural Causes)

१. जल धूप (Water erosion): वाहते पाणी, पूर, नदीकाठची धूप .
२. वायु धूप (Wind erosion): विशेषतः शुष्क (arid) आणि अर्ध-शुष्क प्रदेशात (राजस्थान, गुजरात).
३. भूकंपीय आणि हवामानविषयक घटना: भूस्खलन, दुष्काळ, वाळवंटीकरण.





■ मानववंशजन्य कारणे (Anthropogenic Causes)

- वनतोड (Deforestation): मुळांद्वारे मातीचे बंधन कमी करते.
- अति चराइ (Overgrazing): वनस्पतींचे आवरण दूर करते.
- अशाश्वत शेती (Unsustainable agriculture): अति प्रमाणात नांगरणी (Excessive tilling), स्थलांतरित शेती, एकल पीक पद्धत.
- औद्योगिक आणि खाणकाम गतिविधी (Industrial and mining activities): उघड्या खाणी (Open-cast mining), खाणकाम.
- शहरीकरण आणि पायाभूत सुविधा प्रकल्प (Urbanization and infrastructure projects): जमीन रूपांतरण (Land conversion), उत्खनन.
- खते आणि कीटकनाशकांचा अतिवापर: मृदा सुपीकतेत घट.

■ भारतातील समस्येची व्याप्ती (Extent of the Problem in India)

- इस्रोच्या वाळवंटीकरण आणि जमिनीचा न्हास अॅटलास (ISRO's Desertification and Land Degradation Atlas - 2021) नुसार, भारताच्या जमिनीपैकी सुमारे ~30%(१६.४ दशलक्ष हेक्टर) न्हासाच्या प्रक्रियेतून जात आहे.
- सर्वात जास्त बाधित राज्ये: राजस्थान, महाराष्ट्र, गुजरात, कर्नाटक, झारखंड, ओडिशा, मध्य प्रदेश.
- केवळ पाण्यामुळे होणारी मृदा धूप न्हास झालेल्या जमिनीपैकी १०% हून अधिक आहे.

■ परिणाम (Impacts)

- कृषी परिणाम (Agricultural Impact): मृदा सुपीकतेत, पीक उत्पादकतेत आणि अन्न सुरक्षेत घट.
- पारिस्थितिक परिणाम (Ecological Impact): वाळवंटीकरण (Desertification), जैवविविधतेचा न्हास, पूर आणि दुष्काळात वाढ.
- आर्थिक परिणाम (Economic Impact): शेतकऱ्यांचे उत्पन्न कमी, जास्त खर्च, खाणकामाशी संबंधित नुकसान.
- सामाजिक परिणाम (Social Impact): ग्रामीण संकट, स्थलांतर, जमीन आणि पाण्यावरून संघर्ष.
- हवामान परिणाम (Climate Impact): न्हास झालेली मृदा कार्बन बाहेर टाकते, ज्यामुळे जागतिक तापमानवाढीस योगदान मिळते.

■ भारतात केलेली उपाययोजना (Measures Taken in India)

■ धोरण आणि संस्थात्मक (Policy and Institutional)

- राष्ट्रीय वाळवंटीकरण आणि जमिनीचा न्हास मुकाबला कृती योजना (National Action Plan for Combating Desertification and Land Degradation - NAPCD).
- राष्ट्रीय वनीकरण कार्यक्रम आणि ग्रीन इंडिया मिशन.
- पावसावर आधारित क्षेत्रांसाठी राष्ट्रीय पाणलोट विकास प्रकल्प (National Watershed Development Project for Rainfed Areas - NWDPR).
- मृदा आरोग्य कार्ड योजना.
- प्रधानमंत्री कृषी सिंचन योजना (Pradhan Mantri Krishi Sinchayee Yojana - PMKSY) – कार्यक्षम सिंचनासाठी.
- भारत UNCCD (युनायटेड नेशन्स कन्व्हेंशन टू कॉम्बॅट डेझर्टिफिकेशन) वर स्वाक्षरी करणारा देश आहे; २०३० पर्यंत २६ दशलक्ष हेक्टर न्हास झालेली जमीन पूर्ववत करण्याची प्रतिबद्धता.





■ तांत्रिक आणि सामुदायिक उपाययोजना (Technological and Community Measures)

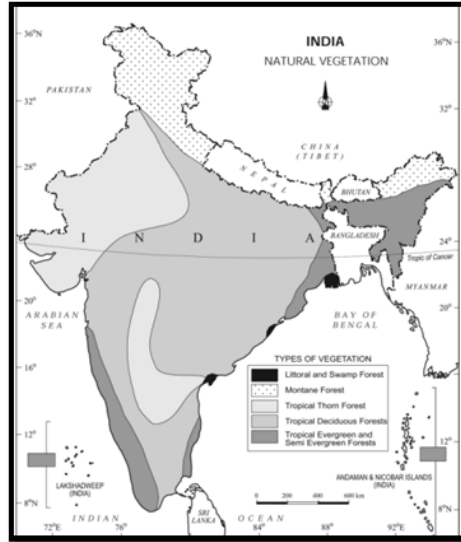
- कंटूर बंडिंग (Contour bunding), टेरेस फार्मिंग (terracing), वनीकरण, निवारा पट्टे (shelter belts) धूप कमी करण्यासाठी.
- मृदा ओलावा जतन करण्यासाठी पावसाचे पाणी साठवणे आणि चेक डॅम (check dams).
- मृदा संरचना सुधारण्यासाठी कृषी-वनीकरण आणि मिश्र पीक पद्धत.
- सुपीकता जपण्यासाठी सेंद्रिय शेती आणि रासायनिक निविष्टा कमी करणे.

■ पुढील वाटचाल (Way Forward)

- स्थानिक पातळीवर एकात्मिक पाणलोट व्यवस्थापन मजबूत करणे.
- अशाश्वत शेती (sustainable agriculture) आणि पीक विविधीकरणास प्रोत्साहन देणे.
- सामुदायिक नेतृत्वाखालील मृदा संवर्धन प्रकल्पांना प्रोत्साहन देणे.
- खाणकाम आणि वनतोडीचे कठोर नियमन.
- न्हास झालेल्या जमिनीचे मॅपिंग (mapping) आणि निरीक्षण करण्यासाठी रिमोट सेंसिंग आणि जीआयएस (GIS) चा वापर करणे.
- मनरेगा (MGNREGA), वनीकरण योजना आणि सिंचन प्रकल्पांमध्ये अधिक मजबूत अभिसरण (Stronger convergence).

४. भारतातील नैसर्गिक वनस्पती (Natural Vegetation in India)

- नैसर्गिक वनस्पती (Natural vegetation) = मानवी हस्तक्षेप न करता वाढलेल्या वनस्पती समुदाय.
- भारतातील हवामान विविधता → उष्णकटिबंधीय जंगलांपासून ते अल्पाइन कुरणांपर्यंत (alpine meadows) विशिष्ट वनस्पति पट्टे (distinct vegetation zones) तयार करते.
- ही वनस्पती पर्जन्यमान → तापमान → मृदा → उंचीच्या श्रेणीनुसार निश्चित केली जाते.



■ १. उष्णकटिबंधीय सदाहरित वने (TROPICAL EVERGREEN FORESTS)

- **ठिकाण (Where):** पश्चिम घाट (मलबार), इशान्येकडील राज्ये (आसाम, मेघालय, नागालँड), अंदमान-निकोबार बेटे.
- **हवामान (Climate):** पर्जन्यमान >२०० सेमी; तापमान २५-२७°C; आर्द्रता >७५%.
- **रचना (Structure):** ४-५ थरांची स्तरीकरण (stratification) → उंच झाडे → छत → मध्यम थर → झुडपे → वनस्पती (herbs).
- **वैशिष्ट्ये (Features):** दाट, गडद, सदाहरित; झाडे एकाच वेळी पाने गाळत नाहीत.





- **प्रजाती (Species):** रोजवूड, महोगनी, रबर, एबोनी, सिनकोना.
- **वेली आणि अपिरोही वनस्पती (Creepers & epiphytes):** ऑर्किड, फर्न, बांबू.
- **मृदा (Soil):** जांभा (Lateritic) पण निक्षालनामुळे (leaching) पोषक तत्वांनी कमी.
- **वन्यजीव (Wildlife):** लायन-टेल्ड मॅकॉक, मलबार सिव्हेट, हॉर्नबिल, हुलॉक गिबबन.
- **महत्त्व (Significance):** उच्च जैवविविधता; दाट वाढीमुळे शोषण करणे कठीण.

■ २. उष्णकटिबंधीय पानझडी (मान्सून) वने (TROPICAL DECIDUOUS (MONSOON) FORESTS)

■ अ. आर्द्र पानझडी वने (Moist Deciduous)

- **ठिकाण (Where):** पूर्व भारत (झारखंड, ओडिशा), हिमालयीन पायथा, इशान्य पठार, पश्चिम घाटाची वाऱ्याच्या विरुद्ध बाजू (lee-ward side).
- **पर्जन्यमान (Rainfall):** १००-२०० सेमी.
- **वैशिष्ट्ये (Features):** कोरड्या हंगामात १-२ महिन्यांसाठी पाने गाळतात; छत उघडे (open canopy) असते.
- **प्रजाती (Species):** साग (Teak), साल, शिसम, बांबू, महुआ.
- **मृदा (Soil):** गाळाची (Alluvial), चिकणमातीयुक्त, सुपीक.
- **वन्यजीव (Wildlife):** हत्ती, बायसन, हरणांच्या प्रजाती.
- **महत्त्व (Importance):** व्यावसायिक लाकडाचे प्रमुख स्रोत (Major commercial timber sources).

■ ब. शुष्क पानझडी वने (Dry Deciduous)

- **ठिकाण (Where):** मध्य भारत (मध्य प्रदेश, छत्तीसगड), पर्जन्यछायेचे प्रदेश (महाराष्ट्र, कर्नाटक).
- **पर्जन्यमान (Rainfall):** ७०-१०० सेमी.
- **वैशिष्ट्ये (Features):** अधिक मोकळे, लहान झाडे, काटेरी मिश्रण (thorny mixes).
- **प्रजाती (Species):** पलाश, खैर, बाभूळ, तेंदू.
- **मानवी उपयोग (Human Use):** जळाऊ लाकूड (Fuelwood), विडीसाठी तेंदूची पाने.

■ ३. उष्णकटिबंधीय काटेरी वने (Tropical Thorn Forests)

- **स्थान (Where):** राजस्थान, गुजरात, हरियाणा, दख्खनचे पठार (अंतर्भाग).
- **पर्जन्यमान (Rainfall):** ७० सें.मी. पेक्षा कमी; बाष्पीभवन आणि बाष्पोत्सर्जनाचा उच्च दर (> उच्च बाष्पोत्सर्जन).
- **वनस्पती (Vegetation):** विरळ झुडपे (Open scrub) → काटेरी वृक्ष → कोरडवाहू वनस्पती (Xerophytes) (उदा. बाभूळ).
- **प्रजाती (Species):** बाभूळ (Babool), खैर (kikar), खजूर (date palm), निवडुंग (cactus), बोर (ber).
- **वैशिष्ट्ये (Features):** जाड साल (पाण्याचे बाष्पीभवन कमी करण्यासाठी), लहान पाने → जलन्हास कमी करतात; खोलवर गेलेली मुळे.
- **मृदा (Soil):** वालुकामय, खारट (saline), कमी सेंद्रिय पदार्थ (poor humus).
- **वन्यजीव (Wildlife):** काळवीट (Blackbuck), भारतीय रानगाढव (Indian wild ass - कच्छचे लहान रण).
- **महत्त्व (Significance):** वाळवंटीकरण क्षेत्रांचे (desertification zones) सूचक.





■ ४. पर्वतीय वने (Montane Forests)

■ अ. हिमालयीन आर्द्र समशीतोष्ण वने (Himalayan Moist Temperate) (१५००-३००० मी.)

- **हवामान (Climate):** उन्हाळे थंड; हिवाळे तीव्र; १००-२०० सें.मी. पर्जन्यमान.
- **प्रजाती (Species):** ओक (Oak), चेस्टनट (chestnut), देवदार (deodar), नीळ पाइन (blue pine), स्पूस (spruce).
- **वैशिष्ट्ये (Features):** दाट वने; मिश्र सूचीपर्णी (mixed coniferous); उत्कृष्ट इमारती लाकूड मूल्य (high timber value).
- **वन्यजीव (Wildlife):** हिमालयीन काळे अस्वल, लाल पांडा.

■ ब. हिमालयीन शुष्क समशीतोष्ण वने (Himalayan Dry Temperate)

- **स्थान (Where):** आतील हिमालय (उदा. लडाख, लाहुल-स्पिती).
- **पर्जन्यमान (Rainfall):** कमी; शीत वाळवंट.
- **प्रजाती (Species):** जुनिपर, बर्च (birch), फर (fir), पाइन (pine).
- **मृदा (Soil):** विरळ (Thin), गोटे असलेली (gravelly).
- **अनुकूलन (Adaptations):** सुड्या आकाराची पाने (Needle leaves), शंकूच्या आकाराचा वृक्ष (बर्फ खाली टाकण्यासाठी).

■ ५. अल्पाइन आणि उप-अल्पाइन वनश्री (Alpine & Sub-Alpine Vegetation)

- **स्थान (Where):** हिमालयात ३०००-५००० मी. उंचीच्या वर.
- **वनस्पती विभाग (Vegetation Zones):**
 - उप-अल्पाइन ३०००-४००० मी. → बुटके झुडूपे (dwarf shrubs), उदा. रोडोडेड्रॉन.
 - अल्पाइन गवताळ प्रदेश (Alpine meadows) → ४०००-५००० मी. → गवत, शेवाळे (mosses), दगडफूल (lichens).
- **हवामान (Climate):** लहान वाढीचा काळ; दीर्घकाळ बर्फाच्छादन.
- **वन्यजीव (Wildlife):** हिम बिबट्या, आयबेक्स, हिमालयीन ताहर (Himalayan tahr).
- **मानवी उपयोग (Human Use):** उन्हाळ्यातील कुरणे (Summer grazing areas) → बुग्याल (उत्तराखंड).

■ ६. किनारी आणि दलदलीची वने (Littoral & Swamp Forests)

■ अ. खारफुटी वने (Mangroves)

- **स्थान (Where):** सुंदरबन, गोदावरी-कृष्णा त्रिभुज प्रदेश, महानदी (त्रिभुज प्रदेश), अंदमान (आणि निकोबार).
- **परिस्थिती (Conditions):** भरती-ओहोटीची कक्षा (Tidal range), खारे पाणी, चिखलाची खारट मृदा (muddy saline soils).
- **अनुकूलन (Adaptations):** हवाइ मुळे (Aerial roots / न्यूमॅटोफोर्स - pneumatophores), आधाराची मुळे (stilt roots).
- **प्रजाती (Species):** सुंदरी (Sundari - सुंदरबनमध्ये प्रमुख), ऱ्हायझोफोरा (rhizophora), एव्हिसेनिया (avicennia), निपा पाम (nipa palm).
- **वन्यजीव (Wildlife):** रॉयल बंगाल टायगर, मगर (crocodile), चिखली मासे (mudskipper).
- **महत्त्व (Significance):** चक्रीवादळासाठी संरक्षक आवरण; कार्बन सिंक; माशांच्या पिलांसाठी नैसर्गिक निवासस्थान.





■ ब. गोड्या पाण्याची दलदल / पाणथळीची वने (Freshwater Swamp/Marsh Forests)

- **स्थान (Where):** बिहारचा तराई प्रदेश, आसाम, किनारी सरोवरे/खाजणे (coastal lagoons).
- **वैशिष्ट्ये (Features):** नियमितपणे पूर येणारा; समृद्ध वनश्री.
- **प्रजाती (Species):** वेत (Cane), पंडानस (pandanus), दलदलीचे पाम (swamp palm).

■ वनस्पतीचे निर्धारक घटक (Determinants of Vegetation)

- पर्जन्यमान → तापमान → व्यवस्था → मृदेचा प्रकार → उंची (Altitude) → आर्द्रता (Humidity) → सूर्यप्रकाश उपलब्धता → परिणामी वनस्पती विभाग (Resulting vegetation zone).

■ पर्यावरणीय महत्त्व (Ecological Significance)

- मान्सून चक्राचे नियमन करते.
- जैविक विविधता हॉटस्पॉटमध्ये स्थानिक वनस्पती / प्राणी यांना आधार देते.
- मृदेची धूप थांबवते आणि जलस्रोतांच्या प्रणालीचे व्यवस्थापन करते.
- कार्बनचे विलगीकरण (carbon sequestration) आणि हवामानाचे संतुलन राखण्यास मदत करते.

भारतातील वनक्षेत्र (Forest Cover in India)

■ प्रस्तावना (Introduction)

- भारताचे वनक्षेत्र हवामान विभाग आणि संवर्धनाचे प्रयत्न यांचे प्रतिबिंब दर्शवते → हे पर्यावरणशास्त्र, जैवविविधता आणि उपजीविकेसाठी अत्यंत महत्त्वाचे आहे.
- वनक्षेत्र (Forest Cover) म्हणजे: भारतीय वनस्थिती अहवाल (ISFR) नुसार, १ हेक्टरपेक्षा जास्त जमीन, ज्यावर वृक्षांच्या छत्राची घनता (tree canopy density) १०% किंवा त्याहून अधिक आहे.
- वर्गीकरण:
 - अति घन वन (Very Dense) (> ७०% घनता)
 - मध्यम घन वन (Moderately Dense) (४०-७०% घनता)
 - विरळ/खुले वन (Open Forest) (१०-४०% घनता)
- वृक्ष आच्छादन (Tree Cover): नोंदी केलेल्या वनक्षेत्राबाहेरील विखुरलेल्या वृक्षांना (scattered trees) संदर्भित करते.

■ वितरण नमुना (Distribution Pattern)

- **सर्वाधिक वनक्षेत्र (टक्केवारीनुसार):** मिझोराम, अरुणाचल प्रदेश, मेघालय, मणिपूर, नागालँड (इशान्य भारतातील राज्यांमध्ये जास्त).
- **सर्वाधिक क्षेत्रफळानुसार:** मध्य प्रदेश > अरुणाचल प्रदेश > छत्तीसगड > ओडिशा.
- **पश्चिम घाट (Western Ghats):** उच्च सदाहरित वनक्षेत्र (High evergreen cover).
- **हिमालय:** आर्द्र → शुष्क समशीतोष्ण → अल्पाइन स्थित्यंतरे (transitions).
- **मध्य भारत:** सागवान (teak) आणि सालाचे (sal) पानगळीचे पट्टे (Deciduous belts).
- **वाळवंटी/दख्खनचे पठार (अंतर्भाग):** विरळ/खुले वनक्षेत्र (Sparse/open forests).





■ प्रमुख वैशिष्ट्ये (Key Features)

- भारताचे एकूण वनक्षेत्र, वृक्ष आच्छादनासह (वनक्षेत्र + वृक्ष आच्छादन), एकूण भौगोलिक क्षेत्राच्या अंदाजे एक-चतुर्थांश आहे.
- घन वने प्रामुख्याने इशान्य भारत, पश्चिम घाट आणि हिमालयीन पायथ्याच्या प्रदेशात आढळतात.
- अधःपतनामुळे (degradation) विरळ/खुली वने मध्य भारतात मोठ्या प्रमाणावर पसरलेली आहेत.
- **खारफुटी वने:** सुंदरबन, गोदावरी-कृष्णा आणि महानदीच्या त्रिभुज प्रदेशात मुख्य पट्टे आहेत.

■ महत्त्व (Importance)

- मान्सूनचे नियमन → बाष्पोत्सर्जन → स्थानिक पर्जन्यमानास मदत.
- जैवविविधता हॉटस्पॉट (उदा. पश्चिम घाट, हिमालय, इशान्य भारत).
- भू-धूप नियंत्रण → पुराचे संतुलन (flood moderation).
- आदिवासींसाठी उपजीविका → वन्येतर गौण उत्पादने (NTFP) (उदा. तेंदूपत्ता, बांबू, लाख).
- कार्बन सिंक (Carbon sink) → हवामान बदलाचे शमन (climate mitigation).

■ सामाजिक वनीकरण (Social Forestry)

- नैसर्गिक वनांवरील ताण कमी करण्यासाठी आणि ग्रामीण भागातील इंधनाच्या लाकडाची (fuelwood) गरज पूर्ण करण्यासाठी, समुदायांना सोबत घेऊन सामाजिक वनीकरणाचा उदय झाला.
- पारंपरिक वनक्षेत्राबाहेर सामुदायिक जमिनी, शेतीच्या जमिनी, पडीक जमिनी, रस्त्यांच्या कडेला अशा ठिकाणी वनीकरण करणे.
- उद्देश (Aim): इंधन, चारा (fodder), लहान लाकूड (small timber) आणि पर्यावरणीय संतुलन राखण्यासाठी वृक्ष वाढविण्यात सामुदायिक सहभाग (Community participation) वाढवणे.

■ घटक (Components)

1. कृषी-वनीकरण (Farm Forestry)

- शेतकऱ्यांनी त्यांच्या खाजगी जमिनीवर लावलेले वृक्ष.
- कृषी-वनीकरण प्रणाली (Agroforestry systems) → पीक + वृक्ष (उदा. कडुलिंब, निलगिरी, पॉपलर).
- फायदे: उत्पन्न वाढवणे → मृदेची सुपीकता वाढवणे → सूक्ष्म हवामान (microclimate) सुधारणे.

2. सामुदायिक वनीकरण (Community Forestry)

- गावाच्या सामायिक जमिनीवर (उदा. चराऊ कुरणे, ग्रामपंचायत जमीन) वृक्ष वाढवणे.
- स्थानिक संस्थांमार्फत व्यवस्थापन → उत्पादनाचा वापर करण्याचे संयुक्त अधिकार (joint rights).

3. विस्तारीत वनीकरण (Extension Forestry)

- रस्ते, कालवे, रेल्वेमार्ग, पडीक जमिनी आणि औद्योगिक पट्ट्यांभोवती वृक्ष लागवड.
- एकूण हरित आच्छादन (overall green cover) वाढवणे.

4. शहरी वनीकरण (Urban Forestry)

- शहरांमध्ये → उद्याने (parks), हरित पट्टे, मार्गिका वृक्षारोपण (avenue plantations) → या ठिकाणी वृक्ष लावणे.
- प्रदूषण कमी करते → उष्णता बेटे कमी करते → शहरी हवेची गुणवत्ता सुधारते.





■ उद्देश (Objectives)

- नैसर्गिक वनांवरील ताण कमी करणे.
- परवडणारे लाकूड, चारा, इंधनासाठी लाकूड पुरवणे.
- ग्रामीण पर्यावरण आणि मृदेचे आरोग्य सुधारणे.
- सामुदायिक सक्षमीकरण आणि उपजीविकेस आधार देणे.
- पर्यावरण जागृती वाढवणे.

■ महत्त्व (Significance)

- अधःपतित जमिनींमध्ये (degraded lands) वनीकरण आणि पुनर्वनीकरणास मदत करते.
- कार्बनचे विलगीकरण (carbon sequestration) आणि हवामान लवचिकता (climate resilience) सुधारते.
- सामुदायिक सहभाग बळकट करते - विकेंद्रित वन प्रशासन (decentralised forest governance).
- ग्रामीण / शहरी भूदृश्यांमध्ये जैवविविधता वाढवते.

■ उदाहरणे / उपक्रम (Example Schemes / Initiatives)

- राष्ट्रीय वनीकरण कार्यक्रम (National Afforestation Programme - NAP).
- संयुक्त वन व्यवस्थापन (Joint Forest Management - JFM).
- हरित भारत मिशन (Green India Mission).
- राज्यांनी सुरू केलेली मोठ्या प्रमाणावरील वृक्षारोपण मोहीम (उदा. मध्य प्रदेश, उत्तर प्रदेश, महाराष्ट्र).

भारतातील नैसर्गिक संसाधने (Resources in India)

■ १. भारतातील खनिज संसाधने (Mineral Resources in India)

- भारतात लोहयुक्त (ferrous), अलोहयुक्त (non-ferrous) आणि इंधन खनिजे (fuel minerals) यांचे समृद्ध साठे आहेत → जे कोअर उद्योगांना (उदा. स्टील, वीज, सिमेंट) आधार देतात.
- खनिजांचे वितरण असमान आहे → प्रमुख पट्टे झारखंड-ओडिशा-छत्तीसगड, राजस्थान, कर्नाटक आणि गोवा या राज्यांमध्ये आहेत.

■ प्रमुख खनिज प्रदेश (Major Mineral Regions)

- बस्तर पठार आणि छत्तीसगड येथे कोळसा, लोह खनिज आणि बॉक्साइट यांचे मोठे साठे आहेत.
- झारखंड, ओडिशा आणि छत्तीसगड हे कोळसा खाणकामाचे प्रमुख केंद्र आहेत.
- राजस्थान हे संगमरवर (marble), जिप्सम, चुनखडी (limestone) आणि तांबे (copper) यांच्या साठ्यांसाठी ओळखले जाते.
- कर्नाटक आणि गोवा लोह खनिजाचे महत्त्वपूर्ण उत्पादक आहेत.
- आंध्र प्रदेश आणि तेलंगणा येथे बॉक्साइट आणि चुनखडीचे साठे आहेत.
- मध्य प्रदेशात हिरा (diamond), कोळसा आणि बॉक्साइटचे साठे आढळतात.
- तमिळनाडूमध्ये चुनखडीचे महत्त्वपूर्ण साठे आहेत, विशेषतः कुड्डलोर आणि रामनाथपुरम प्रदेशात.





■ भारतातील खनिज संसाधनांसमोरील आव्हाने (Challenges to Mineral Resources in India)

- **संसाधनांचा न्हास (Resource Depletion):** ओडिशा-झारखंड पट्ट्यात उच्च उत्खनन दर → उच्च-दर्जाचे साठे कमी होत आहेत
- **असमान वितरण (Uneven Distribution):** खनिजे काही राज्यांमध्ये एकवटलेली → विकासामध्ये प्रादेशिक असमतोल निर्माण.
- **पर्यावरणाचा न्हास (Environmental Degradation):** गोवा, बेल्लारी, कोरबा येथे खाणकाम → जंगलतोड, मृदा धूप, प्रदूषित पाणी.
- **बेकायदेशीर खाणकाम (Illegal Mining):** वाळू, लोह खनिज आणि मँगनीजची चोरी → महसुलाचे नुकसान → असुरक्षित, अनियमित पद्धती.
- **कमी तंत्रज्ञान पातळी (Low Technology Levels):** कालबाह्य यंत्रसामग्री → कमी उत्पादकता → भूगर्भातील खाणींमध्ये जास्त अपव्यय (wastage).
- **जमीन अधिग्रहण समस्या (Land Acquisition Issues):** छत्तीसगड-झारखंडमध्ये आदिवासी समुदायांचे विस्थापन → संघर्ष आणि विलंब.
- **नियामक विलंब (Regulatory Delays):** मंजूरी (वन, पर्यावरण) मिळण्यास विलंब → प्रकल्पांचा कामे धीमे होणे (project slowdown) → उच्च गुंतवणुकीचा धोका.
- **पायाभूत सुविधांमधील तफावत (Infrastructure Gaps):** खनिज पट्ट्यांमध्ये खराब रस्ते आणि रेल्वे कनेक्टिव्हिटी → जास्त वाहतूक खर्च → अकार्यक्षमता (inefficiency).
- **सुरक्षिततेची चिंता (Safety Concerns):** कोळसा खाणींमध्ये अपघात (झरिया, धनबाद) → कामगारांसाठी अपुरे संरक्षण.
- **जागतिक बाजारातील अस्थिरता (Global Market Volatility):** लोह खनिज, बॉक्साइटच्या दरांतील चढ-उतार → निर्यात आणि खाणकामाच्या क्षमतेवर परिणाम.
- **पाण्याची टंचाई (Water Scarcity):** दुष्काळग्रस्त भागांमध्ये खाणकाम (उदा. विदर्भ, राजस्थान) → स्थानिक जल संसाधनांवर ताण.
- **दीर्घकालीन पर्यावरणीय समस्या (Sustainability Issues):** सोडून दिलेल्या खाणी (abandoned mines) → जमिनीचा न्हास → दीर्घकालीन पर्यावरणीय नुकसान.

■ महाराष्ट्रातील खनिज संसाधने (Mineral Resources in Maharashtra)

- महाराष्ट्रात साधारण (moderate) खनिज संसाधने आहेत → प्रामुख्याने मँगनीज, कोळसा, बॉक्साइट, चुनखडी, लोह खनिज आणि गौण खनिजे (minor minerals).

■ प्रमुख खनिजे:

- **मँगनीज (Manganese):**





- राज्याचे प्रमुख खनिज.
- नागपूर, भंडारा, चंद्रपूर जिल्ह्यांमध्ये आढळते.
- मुख्य साठे: मानसर, रामटेक, सावनेर → स्टीलचे मिश्रधातू (steel alloys) आणि बॅटरी मध्ये वापरले जाते.
- **कोळसा (Coal):**
 - विदर्भ प्रदेशातील महत्त्वपूर्ण कोळसा क्षेत्रे (coalfields).
 - प्रमुख क्षेत्रे: वर्धा व्हॅली (वणी), कामठी, बल्लारपूर.
 - कोराडी, चंद्रपूर टी.पी.एस. सारख्या विद्युत केंद्रांना आधार देतो.
- **लोह खनिज (Iron Ore):**
 - मध्य भारताच्या तुलनेत मर्यादित साठा.
 - चंद्रपूर, गडचिरोली (सूरजागड प्रदेश) येथे आढळते → लहान स्टील युनिट्सना आधार देतो.
- **बॉक्साइट (Bauxite):**
 - प्रामुख्याने कोल्हापूर, रत्नागिरी, सिंधुदुर्ग (कोकण पट्टा) येथे आढळते.
 - अॅल्युमिनियम उत्पादनासाठी वापरले जाते.
- **चुनखडी (Limestone):**
 - यवतमाळ, चंद्रपूर, गडचिरोली येथे आढळते.
 - सिमेंट प्रकल्पांसाठी आवश्यक → उदा. माणिकगड सिमेंट, अल्ट्राटेक.
- **डोलोमाइट (Dolomite):**
 - चंद्रपूर, नागपूर येथे आढळते → लोह आणि स्टील उद्योगात वापरले जाते.
- **क्वार्ट्झ आणि सिलिका वाळू (Quartz & Silica Sand):**
 - बुलढाणा, नागपूर येथे आढळते → काच आणि बांधकाम उद्योगात वापरले जाते.
- **जांभा दगड (Laterite):**
 - कोकणात मोठ्या प्रमाणात आढळतो (Abundant) → विटा आणि स्थानिक बांधकामासाठी वापरला जातो.
- **गौण खनिजे (Minor Minerals):**
 - ब्लॅक स्टोन, खडी (gravel), वाळू पुणे, नाशिक, ठाणे येथे मोठ्या प्रमाणावर काढली जाते.
 - मातीचे साठे (Clay deposits) रायगड, रत्नागिरी येथे आहेत.
- **सामान्य वैशिष्ट्ये (General Features):**
 - खनिज-समृद्ध पट्टा प्रामुख्याने विदर्भ आणि कोकण प्रदेशात आहे.
 - ही खनिजे सिमेंट, अॅल्युमिनियम, स्टील, वीज आणि बांधकाम यांसारख्या उद्योगांना आधार देतात.
- **महाराष्ट्रातील खनिज संसाधनांसमोरील आव्हाने (Challenges to Mineral Resources in Maharashtra)**
 - मर्यादित साठा (Limited reserves): ओडिशा/झारखंडच्या तुलनेत राज्यात मोठे साठे कमी → औद्योगिक वाढीला मर्यादा.
 - कमी दर्जाचे धातू (Low-grade ores): विशेषतः लोह खनिज (गडचिरोली) आणि बॉक्साइट (कोकण) मध्ये → उत्खनन कार्यक्षमता





- कमी होते.
- बेकायदेशीर खाणकाम (Illegal mining): पुणे, ठाणे, रायगड येथे वाळू, दगड आणि गौण खनिजे अवैधपणे काढली जातात → महसुलाचे नुकसान.
 - पर्यावरणाचे नुकसान (Environmental damage): चंद्रपूर, गडचिरोली, कोल्हापूर येथे खाणकाम → जंगलतोड, मृदा धूप, पाण्याचे प्रदूषण.
 - आदिवासींचे विस्थापन (Tribal displacement): गडचिरोली आणि चंद्रपूरमधील खाण प्रकल्प → वनवासी समुदायांवर परिणाम → विरोध आणि विलंब.
 - खराब वाहतूक पायाभूत सुविधा (Poor transport infrastructure): दुर्गम खनिज पट्टे (विदर्भातील जंगले) → जास्त वाहतूक खर्च → कमी नफा.
 - पाण्याची टंचाई (Water scarcity): मराठवाडा आणि विदर्भाच्या काही भागांसारख्या दुष्काळग्रस्त प्रदेशात खाणकाम → स्थानिक पाण्यावर ताण.
 - नियामक विलंब (Regulatory delays): वन/पर्यावरण मंजूरी मिळण्यास विलंब → प्रकल्पांमध्ये अनिश्चितता → खाजगी गुंतवणूक कमी.
 - सुरक्षिततेचे मुद्दे (Safety issues): लहान प्रमाणात सिलिका वाळू आणि दगडी खाणी → कामगारांचे अपघात → संरक्षक उपकरणांचा अभाव.

भारतातील ऊर्जा संसाधने (Energy Resources in India)

- भारताकडे विविध ऊर्जा आधार आहे → कोळसा, तेल, नैसर्गिक वायू, अणुऊर्जा, जलविद्युत आणि वेगाने वाढणारे अपारंपरिक ऊर्जा स्रोत (renewables).
- शहरीकरण, उद्योग आणि लोकसंख्या वाढीमुळे ऊर्जेची मागणी वाढत आहे.

1. कोळसा (Coal):

- मुख्य ऊर्जा स्रोत (वीज आणि उद्योगासाठी).
- प्रमुख क्षेत्रे: झरिया, रानीगंज, ताल्चेर, कोरबा.
- मुख्य उपयोग: औष्णिक ऊर्जा प्रकल्प (thermal power plants) → सर्वाधिक वीज निर्मिती.

2. पेट्रोलियम आणि नैसर्गिक वायू (Petroleum & Natural Gas):

- तेल क्षेत्रे: मुंबई हाय, आसाम, खंभात खोरे (Cambay Basin).
- नैसर्गिक वायू क्षेत्रे: कृष्णा-गोदावरी खोरे (KG Basin), गुजरात, त्रिपुरा.
- वाहतूक, पेट्रोकेमिकल्स, खते यासाठी वापर.

3. जलविद्युत (Hydropower):

- प्रमुख प्रकल्प: भाक्रा-नांगल, तेहरी, हिराकुड, सरदार सरोवर.
- स्वच्छ अपारंपरिक स्रोत (Clean renewable source) → नदी खोरे आणि मान्सूनवर अवलंबून.

4. अणुऊर्जा (Nuclear Energy):

- प्रकल्प: तारापूर, कुडनकुलम, काकरापार, कैगा.
- युरेनियम: झारखंड, आंध्र प्रदेश मधून प्राप्त.





- दीर्घकालीन ऊर्जा सुरक्षेसाठी महत्वाचे.

5. अपारंपरिक ऊर्जा (Renewable Energy):

- सौर ऊर्जा (Solar): राजस्थान, गुजरात, तेलंगणा → सर्वात वेगाने वाढणारा स्रोत.
- पवन ऊर्जा (Wind): तमिळनाडू, गुजरात, महाराष्ट्र → पवन कॉरिडॉर).
- बायोमास (Biomass): ग्रामीण भारत → बायोगॅस, शेतीचा कचरा.
- लहान जलविद्युत आणि भरती-ओहोटी ऊर्जा (Small hydro & tidal): मर्यादित, परंतु विस्तारत आहे.

6. बिगर-व्यावसायिक ऊर्जा (Non-commercial Energy - Rural areas):

- जळण, कोळसा, शेणाच्या गोवऱ्या → आजही अनेक घरांमध्ये वापरल्या जातात.

■ प्रमुख आव्हाने (Key Challenges):

- तेल आणि वायूवर जास्त आयात अवलंबित्व (High import dependence).
- कोळसा प्रदूषण → पर्यावरणाचे प्रश्न.
- ग्रिडमधील तोटा (Grid losses), वितरणातील अकार्यक्षमता (distribution inefficiencies).
- अधिक अपारंपरिक स्रोतांचे एकत्रीकरण करण्याची गरज.

■ शासकीय उपक्रम (Government Initiatives):

- राष्ट्रीय सौर मिशन (National Solar Mission), पवन ऊर्जा पार्क, ग्रीन हायड्रोजनवर भर.
- इव्ही (EVs), ऊर्जा कार्यक्षमता (energy efficiency), स्मार्ट ग्रिड्सना प्रोत्साहन.

■ भारतातील अपारंपरिक ऊर्जा संसाधनांची क्षमता (Renewable Resource Potential in India)

- भारतात उच्च अपारंपरिक ऊर्जा क्षमता आहे → तीव्र सूर्यप्रकाश, लांब किनारी पट्टी, चांगले पवन कॉरिडॉर आणि मोठा कृषी कचरा साठा (agro-residues).
- लक्ष्य (Target): २०३० पर्यंत ५०० गिगावॉट (GW) अपारंपरिक ऊर्जा क्षमता स्थापित करण्याचे लक्ष्य.

■ अपारंपरिक ऊर्जा स्रोतांचे स्वरूप:

1. सौर ऊर्जा (Solar Energy):

- सर्वाधिक क्षमता असलेले पट्टे: राजस्थान, गुजरात, तेलंगणा, आंध्र प्रदेश.
- केवळ राजस्थानमध्येच २५०-३०० दिवस सूर्यप्रकाश → मोठे सौर पार्क (Bhadla).
- शहरी भागांमध्ये छतावरील सौर ऊर्जा (Rooftop solar) वाढत आहे.

2. पवन ऊर्जा (Wind Energy):

- मजबूत पवन कॉरिडॉर: तमिळनाडू, गुजरात, महाराष्ट्र, कर्नाटक.
- गुजरात-तमिळनाडू किनारपट्टीवर समुद्री पवन ऊर्जा (Offshore wind) क्षमता.

3. जलविद्युत (Hydropower):

- हिमालयीन नद्या: उत्तराखंड, हिमाचल, सिक्कीम, जम्मू आणि काश्मीर.
- डोंगराळ प्रदेशात अनेक लहान जलविद्युत प्रकल्प (small hydro sites).





4. बायोमास आणि बायोएनेर्जी (Biomass & Bioenergy):

- उच्च क्षमता: पंजाब, हरियाणा, उत्तर प्रदेश, कर्नाटक → कृषी अवशेष (agri residues).
- शहरांमध्ये बायोगॅस आणि कचऱ्यापासून ऊर्जा (waste-to-energy) प्रकल्पांचा विस्तार होत आहे.

5. भरती-ओहोटी आणि भूगर्भीय उष्णता (Tidal & Geothermal):

- भरती-ओहोटी: कच्छचे आखात, खंभातचे आखात.
- भूगर्भीय उष्णता: पुगा व्हॅली (लडाख).

■ महाराष्ट्रातील अपारंपरिक ऊर्जा संसाधनांची क्षमता (Renewable Resource Potential in Maharashtra)

- महाराष्ट्र भारतातील प्रमुख अपारंपरिक ऊर्जा उत्पादक राज्यांपैकी एक आहे → चांगली सौर, पवन, बायोमास आणि लहान जलविद्युत क्षमता आहे.

■ प्रमुख क्षमता:

• सौर ऊर्जा (Solar Energy):

- मराठवाडा, विदर्भ, पश्चिम महाराष्ट्र येथे उच्च सूर्यप्रकाश (High irradiation).
- प्रमुख सौर पार्क: धुळे, उस्मानाबाद, सोलापूर.
- मुंबई-पुणे पट्ट्यात छतावरील सौर ऊर्जा वाढत आहे.

• पवन ऊर्जा (Wind Energy):

- मजबूत पवन स्थळे: सातारा, सांगली, कोल्हापूर, पुणे (चाळकेवाडी-सातारा पवन कॉरिडॉर).
- महाराष्ट्र पवन ऊर्जेमध्ये शीर्ष राज्यांमध्ये गणला जातो.

• बायोमास ऊर्जा (Biomass Energy):

- ऊस उत्पादक प्रदेश: कोल्हापूर, सांगली, अहमदनगर, पुणे → बगास-आधारित वीज (bagasse-based power).
- कापूस आणि सोयाबीन पट्टा: विदर्भ → बायोमास ब्रिकेट्स (biomass briquettes).

• लहान जलविद्युत (Small Hydropower):

- पश्चिम घाट आणि कोकण प्रदेशात उपलब्ध → तीव्र उतार आणि बारमाही प्रवाहांमुळे (perennial streams).
- कुंडलिकेसारख्या नद्यांमध्ये, वशिष्ठी, सावित्री येथे क्षमता.

• शहरी कचऱ्यापासून ऊर्जा (Urban Waste-to-Energy):

- मुंबई, पुणे, नागपूर, नाशिक येथे उच्च क्षमता → मोठ्या प्रमाणात महानगरपालिका कचरा निर्माण होतो.

कृषी (Agriculture)

■ भारतातील कृषी (AGRICULTURE IN INDIA)

- भारत हा मान्सूनवर अवलंबून असलेला, शेतीप्रधान अर्थव्यवस्था असलेला देश आहे → कृषी क्षेत्रावर ५०% पेक्षा जास्त लोकसंख्या अवलंबून आहे.
- येथील शेतीत लहान आणि सीमांत शेतकर्यांचे वर्चस्व आहे → यामुळे जमिनीचे तुकडे पडले आहेत.
- प्रमुख शेतीचे हंगाम:





- खरीप (जून-ऑक्टोबर): भात, कापूस, ज्वारी, मका, भुइमूग → नैऋत्य मान्सूनवर अवलंबून.
- रबी (नोव्हेंबर-एप्रिल): गहू, जवस/बाली, मोहरी, हरभरा → हिवाळ्यात सिंचनाद्वारे घेतले जातात.
- जायद (एप्रिल-जून): कलिंगड, काकडी, चारा पिके.
- **प्रमुख पिके:**
 - अन्नधान्य: भात/तांदूळ (पूर्व, दक्षिण), गहू (उत्तर, वायव्य), भरड धान्य/तृणधान्ये (राजस्थान, कर्नाटक).
 - व्यावसायिक पिके: कापूस (महाराष्ट्र, गुजरात), ऊस (उत्तर प्रदेश, महाराष्ट्र), ताग/जूट (बंगाल).
 - मळा पिके (Plantation crops): चहा (आसाम, दार्जिलिंग), कॉफी (कर्नाटक), रबर (केरळ).
 - तेल बिया: भुइमूग, मोहरी, सोयाबीन.
 - फलोत्पादन (Horticulture): आंबा, केळी, बटाटा → यात भारत जागतिक नेता आहे.
- **शेतीवर परिणाम करणारे घटक:**
 - मान्सूनचा पाऊस \rightarrow अनियमित \rightarrow दुष्काळ आणि पूर.
 - माती/मृदा: गाळाची मृदा (Alluvial) \rightarrow गहू आणि भात; काळी मृदा (Black soils) \rightarrow कापूस; तांबडी मृदा (Red soils) \rightarrow भरड धान्य/तृणधान्ये आणि कडधान्ये.
 - सिंचन: कालवे + विहिरी/कूपनलिका + तलाव \rightarrow रबी पिकांसाठी आवश्यक.
- **प्रादेशिक नमुने (Regional Patterns):**
 - इंडो-गंगेचे मैदान \rightarrow अत्यंत उत्पादनक्षम \rightarrow गहू-भात पट्टा.
 - द्वीपकल्पीय पठार \rightarrow भरड धान्य/तृणधान्ये, कडधान्ये, कापूस (पावसावर अवलंबून).
 - किनारी प्रदेश \rightarrow भात, नारळ, मसाले.

■ **भारतातील कृषी क्षेत्रातील प्रमुख आव्हाने (MAJOR CHALLENGES WITH AGRICULTURE IN INDIA)**

- मान्सूनवर अवलंबून असणे \rightarrow अनियमित पावसामुळे दुष्काळ/पूर (विदर्भ, राजस्थान).
- लहान आणि विखुरलेली जमीन धारणे \rightarrow कमी उत्पादनक्षमता \rightarrow शेतकर्यांसाठी उच्च खर्च.
- कमी सिंचन कवरेज \rightarrow केवळ अर्धी शेतजमीन सिंचित \rightarrow रबी पिके धोक्यात.
- मातीचा न्हास (Soil degradation) \rightarrow अति-खत वापर, धूप, क्षारता (पंजाब, हरियाणा).
- भूजल कमी होणे \rightarrow उत्तर प्रदेश, पंजाब, हरियाणा येथे कूपनलिकांचा मोठ्या प्रमाणावर वापर \rightarrow पाण्याची पातळी खालावणे.
- प्रमुख पिकांची कमी उत्पादनक्षमता \rightarrow जागतिक सरासरीपेक्षा कमी उत्पन्न (भात, कडधान्ये).
- उच्च निविष्टा खर्च (High input costs) \rightarrow बियाणे, खते, कीटकनाशके, डिझेल \rightarrow नफा कमी होतो.
- काढणीपश्चात नुकसान (Post-harvest losses) \rightarrow खराब साठवणूक आणि कोल्ड चेनचा अभाव \rightarrow फळे/भाज्यांची नासाडी.
- किमान आधारभूत किंमत (MSP) ची मर्यादित पोहोच \rightarrow फक्त काही पिकांची प्रभावी खरेदी (मुख्यतः गहू, भात).
- बाजारातील अस्थिरता \rightarrow कांदा, टोमॅटो, कापूस यांच्या दरात मोठी घसरण \rightarrow शेतकर्यांचे संकट.
- पत/कर्ज समस्या \rightarrow अनौपचारिक सावकारांवर अवलंबित्व \rightarrow उच्च व्याजाचा बोजा.
- कीटक आणि रोगांचा प्रादुर्भाव \rightarrow टोळ, फळमाशी, बोंडअळीमुळे उत्पादनावर परिणाम.





- हवामान बदल → अनियमित मान्सून, उष्णतेच्या लाटांमुळे पिकांचे उत्पादन कमी होते.
- विविधीकरणाचा अभाव → काही राज्यांमध्ये गहू-भातावर अति-अवलंबित्व.
- खराब विस्तार सेवा (Poor extension services) → शेतकऱ्यांना हवामान आणि तंत्रज्ञानाविषयी वेळेवर माहितीचा अभाव.

■ कृषी-हवामान विभाग (AGRO-CLIMATIC ZONES IN INDIA)

- कृषी-हवामान विभाग (Agro-climatic zones) हे हवामान, माती, तापमान, पर्जन्यमान (पाऊस) आणि पीक पद्धती यावर आधारित असलेले प्रदेशांचे गट आहेत.
- प्रदेश-विशिष्ट शेतीला प्रोत्साहन देण्यासाठी, उत्पादनक्षमता सुधारण्यासाठी आणि पिकांना स्थानिक परिस्थितीशी जुळवून घेण्यासाठी भारताचे विभागांमध्ये विभाजन केले आहे.
- हे वर्गीकरण प्रत्येक विभागासाठी योग्य असलेल्या सिंचन, खते, बियाणे आणि शेती पद्धतींचे नियोजन करण्यास मदत करते.

■ भारताचे कृषी-हवामान विभाग आणि त्यांचे महत्त्व

■ भारतातील कृषी-हवामान विभाग (AGRO-CLIMATIC ZONES OF INDIA)

- भारताला खालील १५ प्रमुख कृषी-हवामान विभागांमध्ये विभागले आहे:
 1. पश्चिम हिमालयीन प्रदेश \rightarrow थंड हवामान; सफरचंद, समशीतोष्ण फळे; डोंगरांमध्ये पायऱ्यांची शेती (टेरेस फार्मिंग).
 2. पूर्व हिमालयीन प्रदेश \rightarrow अतिवृष्टी; भात, मका, चहा; समृद्ध जैवविविधता (इशान्येकडील राज्ये).
 3. कनिष्ठ गंगा मैदान (Lower Gangetic Plain) - दमट हवामान; सुपीक गाळाची माती; भात-ताग; सघन शेती (पश्चिम बंगाल).
 4. मध्य गंगा मैदान (Middle Gangetic Plain) - उच्च लोकसंख्या घनता; भात-गहू; पूरप्रवण क्षेत्र (बिहार-पूर्व उत्तर प्रदेश).
 5. वरिष्ठ गंगा मैदान (Upper Gangetic Plain) - सिंचन क्षेत्र; गहू, ऊस; गाळाची माती (पश्चिम उत्तर प्रदेश).
 6. ट्रान्स-गंगा मैदान (Trans-Gangetic Plain) - उच्च निविष्ठांची शेती; गहू-भात, कापूस; कालवा सिंचन (पंजाब, हरियाणा).
 7. पूर्व पठार आणि टेकड्या (Eastern Plateau & Hills) - उंचसखल पठार; भरड धान्य, तेलबिया; आदिवासी शेती (ओडिशा, झारखंड).
 8. मध्य पठार आणि टेकड्या (Central Plateau & Hills) - अर्ध-शुष्क; सोयाबीन, कडधान्ये; काळी आणि तांबडी माती (मध्य प्रदेश-बुंदेलखंड).
 9. पश्चिम पठार आणि टेकड्या (Western Plateau & Hills) - पर्जन्यछायेचा प्रदेश (Rainshadow zone); ज्वारी, कापूस; दुष्काळग्रस्त (महाराष्ट्र, कर्नाटक).
 10. दक्षिण पठार आणि टेकड्या (Southern Plateau & Hills) - उबदार हवामान; भरड धान्य, भुइमूग, फलोत्पादन (तमिळनाडू, कर्नाटक, आंध्र प्रदेश).
 11. पूर्व किनारपट्टीचे मैदान आणि टेकड्या (East Coast Plains & Hills) - किनारी शेती; भात, नारळ; चक्रीवादळ-प्रवण.
 12. पश्चिम किनारपट्टीचे मैदान आणि घाट (West Coast Plains & Ghats) - अतिवृष्टी; मसाले, रबर, भात; मळा पिके (केरळ, कोकण).
 13. गुजरात मैदान आणि टेकड्या (Gujarat Plains & Hills) - अर्ध-शुष्क; कापूस, भुइमूग; कच्छमध्ये खारट माती (Saline soils).
 14. पश्चिम शुष्क प्रदेश (Western Dry Region) - अत्यंत शुष्क; बाजरी, चारा; वाळवंटी शेती (राजस्थान).
 15. बेटे प्रदेश (Islands Region) - दमट उष्णकटिबंधीय; नारळ, सुपारी, मत्स्यव्यवसाय (अंदमान-निकोबार, लक्षद्वीप).





■ कृषी-हवामान विभागांचे महत्त्व (SIGNIFICANCE OF AGRO-CLIMATIC ZONES)

- पिकांना स्थानिक हवामान आणि मातीशी जुळवून घेण्यास मदत करते → उत्पादनक्षमता आणि शाश्वतता सुधारते.
- प्रदेश-विशिष्ट शेती धोरणे (बियाणे, खते, सिंचन) सक्षम करते.
- नैसर्गिक संसाधनांचा इष्टतम वापर करण्यास समर्थन → पाणी, जमीन आणि निविष्टांचा (inputs) अपव्यय कमी होतो.
- प्रत्येक विभागासाठी योग्य असलेल्या पीक विविधीकरणास प्रोत्साहन → पीक अपयशाचा धोका कमी होतो.
- निश्चित परिणामांसाठी कृषी संशोधन आणि विस्तार सेवांचे नियोजन करण्यास मदत करते.
- मागासलेल्या भागांमध्ये योग्य पिकांना प्रोत्साहन देऊन प्रादेशिक असमतोल कमी करण्यास मदत करते.
- हवामान-लवचिक शेतीस (climate-resilient agriculture) समर्थन → दुष्काळ, पूर आणि अति तापमानाशी उत्तम जुळवून घेणे.
- कार्यक्षम विभागीय नियोजन आणि उच्च उत्पादनक्षमतेद्वारे अन्नसुरक्षा सुधारते.
- स्थानिक गरजांवर आधारित सरकारी योजना, सबसिडी आणि ग्रामीण विकास कार्यक्रम तयार करण्यात मदत करते.

■ महाराष्ट्राचे कृषी-हवामान विभाग (AGRO-CLIMATIC ZONES OF MAHARASHTRA)

- महाराष्ट्राचे कृषी-हवामान विभाग हे पर्जन्यमान (पाऊस), तापमान, माती आणि भूप्रदेशावर (topography) आधारित आहेत, जे पीक पद्धतींवर मोठा प्रभाव टाकतात.
- हे विभाग प्रदेश-विशिष्ट कृषी नियोजन करण्यासाठी, योग्य पिके ओळखण्यासाठी आणि उत्पादनक्षमता सुधारण्यासाठी मदत करतात.
- महाराष्ट्रात हवामानातील उच्च भिन्नता (high climatic variation) दिसून येते → यात किनारी दमट पट्टा, घाटांचा जास्त पाऊस असलेला विभाग आणि कोरडे अंतर्गत पठार यांचा समावेश आहे.

■ महाराष्ट्रातील कृषी-हवामान विभाग

■ महाराष्ट्राचे कृषी-हवामान विभाग खालीलप्रमाणे वर्गीकृत केले आहेत, जे पर्जन्यमान (पाऊस), माती आणि पीक पद्धतीनुसार ठरतात:

- **VRL - अतिवृष्टी विभाग (जांभ्या मातीचा-Lateritic Soils)**
 - सिंधुदुर्ग, रत्नागिरी, रायगडच्या किनारी पट्ट्यात आढळतो.
 - अतिवृष्टी (300+सें.मी.) → भात, नारळ, काजू, फलोत्पादन.
- **VRN - अतिवृष्टी विभाग (बिगर-जांभ्या मातीचा-Non-Lateritic Soils)**
 - ठाणे, पालघर, मुंबई उपनगरांच्या काही भागांत.
 - मिश्र मातीसह जास्त पाऊस → भात, फळे, मत्स्यव्यवसाय.
- **GH - घाट विभाग (पश्चिम घाट)**
 - पुणे, सातारा, कोल्हापूरच्या पश्चिम उतारावर पसरलेला.
 - अतिवृष्टी, तीव्र उतार → फलोत्पादन, मसाले, मळा पिके (plantation crops).
- **TR1 - संक्रमण विभाग I (Transition Zone I)**
 - नाशिक, धुळे, नंदुरबारचा समावेश.
 - मध्यम पाऊस → द्राक्षे, कांदे, ज्वारी, कडधान्ये.





- **TR2 - संक्रमण विभाग II (Transition Zone II)**
 - अहमदनगर, जळगाव, औरंगाबाद पट्ट्याचा समावेश.
 - अर्ध-शुष्क → ज्वारी, बाजरी, कापूस, ऊस (सिंचनासह).
- **SC - तुटवडा विभाग (Scarcity Zone)**
 - सोलापूर, बीड, उस्मानाबाद आणि लगतचे भाग.
 - अतिशय कमी पाऊस (50-75 सें.मी.) → दुष्काळप्रवण → ज्वारी, बाजरी, तेलबिया.
- **AR - सुनिश्चित पर्जन्य विभाग (Assured Rainfall Zone)**
 - पश्चिम विदर्भ (अकोला, अमरावती, यवतमाळ).
 - खात्रीचा पाऊस (100-120 सें.मी.) कापूस, सोयाबीन, तूर.
- **MR - मध्यम पर्जन्य विभाग (Moderate Rainfall Zone)**
 - मराठवाडा आणि मध्य पठारी भाग → हिंगोली, परभणी, लातूर.
 - मध्यम पाऊस → कापूस, कडधान्ये, तेलबिया, भरड धान्य.
- **HRM - जास्त पर्जन्य विभाग (मिश्र मूळ मातीचा-Mixed Parent Soils)**
 - पूर्व विदर्भ (भंडारा, गोंदिया, चंद्रपूर, गडचिरोली).
 - जास्त पाऊस + वन माती → भात, लहान भरड धान्य (minor millets), फलोत्पादन.

