

3.वातावरण (Atmosphere)

वातावरण हा पृथ्वीप्रणालीमधील दुसरा महत्त्वाचा घटक किंवा आवरण आहे, वातावरण या आवरणाबद्दल सविस्तर अभ्यास वातावरणशास्त्र व हवामानशास्त्रात केला जातो. वातावरणाची निर्मिती सुमारे 4.5 अब्ज वर्षापूर्वी झालेली आहे असे मानले जाते. वातावरण हे सर्व सजीवांच्या अस्तित्वासाठी अतिशय महत्त्वाचे आहे, वातावरणाची रचना बघण्यापूर्वी वातावरणाचा अर्थ व वातावरणातील प्रमुख घटकांचा थोडक्यात आढावा घेणे गरजेचे आहे. यामुळे वातावरणाची रचना अधिक चांगल्या प्रकारे स्पष्ट करता येईल व समजेल.

वातावरण हा मराठी शब्द इंग्रजी Atmosphere या शब्दाचे मराठीत भाषांत आहे. तर इंग्रजी Atmosphere हा शब्द ग्रीक भाषेतील Atmos व Spheria या दोन शब्दांपासून तयार झालेला आहे. यातील Atmos या शब्दाचा अर्थ वाफ (Vapour) तर Spheria या शब्दाचा अर्थ थर (Sphere) असा होतो, या दोन शब्दांचा एकत्रित अर्थ लक्षात घेतला तर तो वाफेचा थर असा अर्थ होतो. पण आपण येथे पृथ्वीच्या संदर्भातील वातावरणाचा संदर्भ घेत असल्यामुळे वातावरण म्हणजे पृथ्वीभोवती असलेला वाफेचा थर असा होतो. एक महत्त्वाची बाब म्हणजे येथे वाफ या व्यापक शब्दामध्ये विविध वायूंचाही समावेश गृहीत धरला आहे. पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षण शक्तीमुळे वातावरण हे पृथ्वीपासून वेगळे होत नाही. वातावरणाची उंची भूपृष्ठापासून सुमारे 1,600 कि.मी. मानली जाते. या उंचीबद्दल अचूक माहिती उपलब्ध नाही, कारण काही तज्ज्ञांनी सदर उंची 29,000 कि.मी. पर्यंत असावी असे मत व्यक्त केले आहे.

पृथ्वीभोवती असणाऱ्या रंगहीन, चवहीन व गंधहीन बायूच्या आवरणाला वातावरण असे म्हणतात, याचाच अर्थ वातावरण म्हणजे पृथ्वीभोवती असलेले वायूंचे आवरण होय.

त्रिवार्या, कोपेन, डिलॉग, गेडेस यांसारख्या अभ्यासकांनी वातावरणाचा अभ्यास करून वातावरणाबद्दल सविस्तर माहिती दिली, वातावरणातील वायू, बाष्प, धूलिकण हे स्थिर नसून प्रवाही असतात. वातावरण हे प्रामुख्याने पृथ्वीच्या घन व द्रव भागाभोवती वेढलेल्या स्वरूपात असून तो एक पृथ्वीचा अविभाज्य भाग मानला जातो. वातावरणातील वायूंचे आकुंचन व प्रसरण होत असते. पृथ्वीच्या उत्पत्तीनंतर वातावरणाची निर्मिती झाली. पृथ्वीवरील वातावरण हे पारदर्शी असून आपल्याला उघड्या डोळ्यांनी त्यातील सर्व घटक दिसत नाहीत.

वातावरणाचे संघटन (Composition of Atmosphere) :

वातावरणाचे संघटन हे प्रामुख्याने तीन घटकांपासून बनलेले आहे. यात विविध वायू, पाण्याची वाफ व धूलिकणांचा समावेश होतो. पृथ्वीच्या गुरुत्वाकर्षणामुळे हे सर्व घटक पृथ्वीभोवती फिरत असतात. वातावरणातील प्रत्येक घटकाचे अस्तित्व वातावरणात त्यांच्या वेगवेगळ्या कार्यामुळे दिसून येते. या प्रत्येक घटकाची सजीवसृष्टीला प्रत्यक्ष व अप्रत्यक्ष गरज लागते.

1) विविध वायू : वातावरणाचा पहिला घटक म्हणजे वातावरणातील विविध वायू होय. कारण वातावरण हे विविध वायूंचे मिश्रण असते. या वायूंमध्ये नत्रवायू, प्राणवायू, अरगॉन, कार्बन डायऑक्साइड, निऑन, हेलियम, ओझोन, मिथेन, हायड्रोजन इत्यादींचा समावेश होतो. यामध्ये नत्रवायूचे प्रमाण 78.084%, प्राणवायूचे प्रमाण 20.946%, अरगॉनचे प्रमाण 0.934%, कार्बन डायऑक्साइडचे प्रमाण 0.033% इतके असते. तर इतर उरलेल्या विविध वायूंचे प्रमाण 0.003% इतके असते. यापैकी पहिल्या दोन वायूंनी एकत्रितपणे एकूण वायूपैकी वातावरणाचा 99.03% भाग व्यापला आहे. नत्रवायू हा वातावरणातील प्रमुख वायू असून तो नायट्रोजन चक्राद्वारे वनस्पतींना मिळतो. वनस्पतींच्या पेशी मजबूत करण्याचे काम हा वायू करतो, भूपृष्ठापासून 140 कि.मी. अंतरावर हा वायू प्रामुख्याने आढळतो. प्राणवायू हा दुसरा महत्त्वाचा वायू वातावरणात आढळतो. सदर वायू रासायनिकदृष्ट्या क्रियाशील असून मानव व प्राणी यांच्या श्वसनासाठी प्राणवायू खूपच उपयोगी पडतो. हा वायू ज्वलनासाठीही मदत करतो. उंचीनुसार वातावरणात प्राणवायूचे प्रमाण कमी होते. यामुळे अति उंचावर गेल्यावर आपणास दम लागतो व अति उंचीवर आपणास कृत्रिम प्राणवायूची गरज लागते. या वायूचे अस्तित्व समुद्रसपाटीपासून 140 कि.मी. पर्यंतच आढळते. मात्र या वायूची घनता अतिशय विरळ असते.

अरगॉन हा वातावरणातील तिसरा वायू आहे. हा वायू अल्प क्रियाशील आहे. मात्र याचे महत्त्व इतर वायूंच्या मानाने कमी आहे. कार्बन डायऑक्साइड हा वातावरणातील एक महत्त्वाचा वायू आहे. वनस्पतींना अन्न बनविण्यासाठी हा वायू प्रकाशसंश्लेषण प्रक्रियेत महत्त्वाचे योगदान देतो. या वायूची निर्मिती प्राण्यांचे श्वसन, ज्वलनक्रिया, ज्वालामुखीची क्रिया व वनस्पतींच्या विघटनातून होते, या वायूचे प्रमाण जरी अल्प असले तरी ते सर्व ठिकाणी सारखे नाही. पण एखाद्या ठिकाणी जर याचे प्रमाण या वायूच्या सरासरीपेक्षा अधिक वाढले तर तेथे पर्यावरणाचे संतुलन बिघडते, हा वायू भूपृष्ठापासून 20 किलो- मीटरपर्यंतच आढळतो, कार्बन डायऑक्साइड चक्रामुळे तो विविध घटकांना उपलब्ध होतो. ओझोन हा आणखी एक महत्त्वाचा वायू वातावरणाच्या स्थितांबर या घरामध्ये केंद्रित झालेला आढळतो. या वायूचे वातावरणातील प्रमाण जरी खूपच अल्प (0.00064%) असले तरी सजीवसृष्टीचे सूर्याच्या अतिनील सूर्यकिरणांपासून रक्षण करण्याचे महत्त्वाचे कार्य हा वायू करतो. या वायूचे केंद्रीकरण भूपृष्ठापासून सुमारे 25 ते 40 कि.मी. उंचीवर झालेले आढळते, क्लोरो फ्ल्युरोकार्बनच्या वाढत्या वापरामुळे, सुपरसॉनिक विमानाचे उड्डाण, रासायनिक खतांचा वापर, वायू प्रदूषण यामुळे या वायूचे आवरण दिवसेंदिवस पातळ होत आहे. या थराला ठिकठिकाणी छिद्रे पडत आहेत. वातावरणातील वजनाने हलके असलेले हेलियम व हायड्रोजनसारखे वायू वातावरणाच्या वरच्या थरात प्रामुख्याने 150 कि.मी. उंचीच्या पलीकडे आढळतात.

2) पाण्याची वाफ : पाण्याची वाफ किंवा जलबाष्प हा वातावरणातील दुसरा महत्त्वाचा घटक आढळतो. हा घटक प्रामुख्याने वातावरणाच्या खालच्या थरातच आढळतो व याने वातावरणाच्या एकूण प्रमाणातील सुमारे 4% जागा

व्यापलेली आहे. जलचक्राच्या कार्यात जलबाष्प अतिशय महत्वाची भूमिका पार पाडतात. पृथ्वीवरील जीवसृष्टीसाठी हा घटक महत्वाचा मानला जातो. भूपृष्ठापासून सुमारे 6 कि.मी. उंचीपर्यंत बाष्प आढळतात. या उंचीच्या पलीकडे सांद्रीभवन होत असल्यामुळे बाष्प अस्तित्वात राहत नाही. जलबाष्पाचे प्रमाण स्थलकालानुसार व ऋतूनुसार बदलत असते. हे प्रमाण समुद्रकिनारी जास्त असते तर खंडांतर्गत भागात ते कमी आढळते. पावसाळ्यात वातावरणातील बाष्प वाढतात व इतर दोन ऋतूंत ते कमी होतात. याप्रमाणेच बाष्पाचे प्रमाण विषुववृत्तीय प्रदेशात ध्रुवीय प्रदेशापेक्षा अधिक आढळते. जलाशयातून बाष्पीभवनाद्वारे व वनस्पतीतील बाष्पोत्सर्जन आणि ज्वालामुखीतून बाष्पाची प्रामुख्याने निर्मिती होते. बाष्पामुळेच आपणास वृष्टीची विविध रूपे अनुभवायला मिळतात.

3) धूलिकण : वातावरणाचा तिसरा महत्वाचा घटक म्हणून धूलिकण ओळखले जातात. धूलिकणाचे अस्तित्त्व प्रामुख्याने वातावरणाच्या खालच्या घरात आढळते. धूलिकणांमुळेच आपणास दिवसा आकाश निळे दिसते. अँटकीन या शास्त्रज्ञाने धूलिकण मोजण्याचे मापनयंत्र शोधले. धूलिकण हे जमिनीच्या भागात दर घन सेंटीमीटरला सुमारे 1 लाख असतात तर महासागराच्या भागात ते फक्त दर घन सेंटीमीटरला 500 ते 2000 पर्यंतच असतात. धूलिकण प्रामुख्याने सेंद्रिय व असेंद्रिय प्रकारचे असतात. सेंद्रिय धूलिकणात बीजे, पराग कण, राख यांचा समावेश होतो तर असेंद्रिय धूलिकण मध्ये धूर, धूल, मुदावरण, दगडी कोळशाचे काय करायाचे सुक्ष्म क इत्यादींचा समावेश होतो, धूलिकण पाणी शोषून ठेवण्याचे कार्य करतात. सांद्रीभवनाची प्रक्रिया घडवून आणण्यासाठी धूलिकणांचा आधार अतिशय महत्वाचा ठरतो. धूलिकणां- मुळेच प्रकाशाचे विकिरण होऊन सूर्योदय व सूर्यास्ताच्या वेळी आपणास संधिप्रकाशाचा अनुभव येतो, खाणकाम, भूकंप, ज्वालामुखी, ज्वलन, बांधकाम, शेती नांगरणे, दरड कोसळणे यासारख्या क्रियांद्वारे वारा वावटळच्या माध्यमातून धूलिकण वातावरणात येत असतात, उष्णता काही प्रमाणात शोषण करण्याचे कार्यही बाष्प करत असतात.

अशा प्रकारे वातावरण के प्रामुख्याने विविध वायु, पाण्याचे बाष्प व धूलिकणांपासून बनले आहे. यांच्या एकत्रित अस्तित्वातून वातावरणाचे कार्य चालते, वातावरणाची सविस्तर माहिती आपणास वातावरणाच्या रचनेतून अधिक चांगल्या प्रकारे स्पष्ट करता येईल.

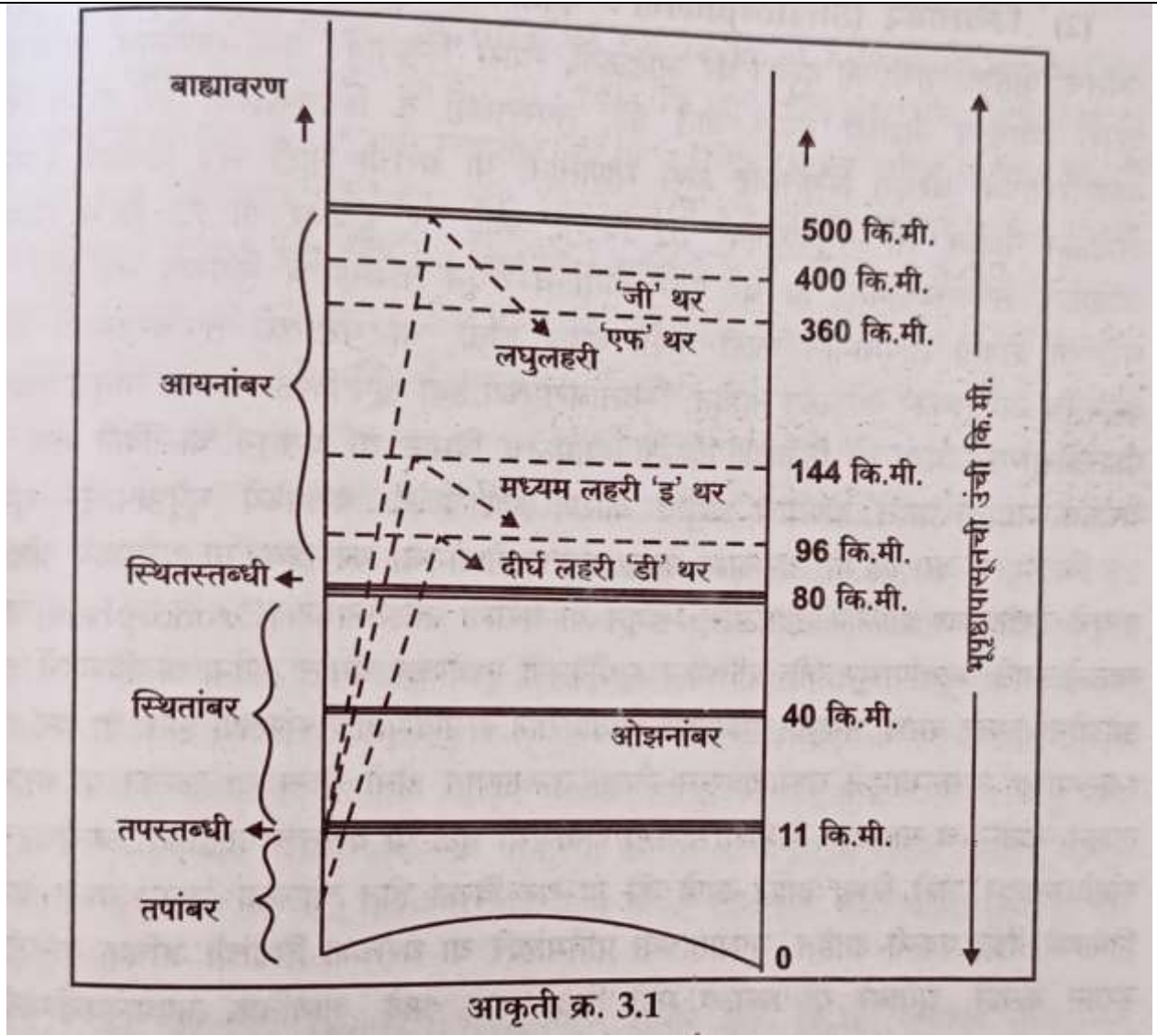
वातावरणाची रचना (Structure of the Atmosphere)

वातावरणाची रचना आपणास वातावरणाच्या थरांच्या अभ्यासातून अधिक चांगल्या प्रकारे स्पष्ट करता येते. भूपृष्ठापासून वातावरणाच्या किती उंचीपर्यंत वातावरणाचे अस्तित्त्व आहे याबद्दल अचूक माहिती आजपर्यंत आपणास मिळालेली नाही. तरी आजपर्यंत जो अभ्यास झाला आहे, यानुसार वातावरणाची उंची 1600 कि.मी. पर्यंत मानली जाते. तर दुसऱ्या एका मतप्रवाहानुसार ती सुमारे 29,000 कि.मी. पर्यंत मानली जाते. वातावरणाच्या रचनेचा अभ्यास मानव अनेक वर्षांपासून करत आहे. मानवाने भूपृष्ठापासून 16 कि.मी. पर्यंत स्वतः वातावरणातील नोंदी घेऊन वातावरणाच्या रचनेबद्दल काही माहिती जमा केली आहे. यापेक्षा अधिक

उंचीवरील वातावरणातील अभ्यासासाठी मानवाने रॉकेट, अग्निबाण, विमान, कृत्रिम उपग्रह प्रतिमांचा वापर करून माहिती मिळविली आहे. याशिवाय ध्वनिलहरी, विद्युतलहरी व रेडिओलहरींच्या माध्यमातूनही मानवाने वातावरणाची माहिती मिळविली आहे. आजपर्यंतच्या उपलब्ध माहितीच्या आधारे वातावरणाची रचना आपणास खालील चार घरांच्या माध्यमातून स्पष्ट करता येते.

तपांबर (Troposphere) :

भूपृष्ठापासून सुमारे 11 कि.मी. उंचीपर्यंत असलेल्या वातावरणाच्या सर्वांत खालच्या थराला 'तपांबर' असे म्हणतात. या थराची दुसरी व्याख्या अशीही सांगता येते की भूपृष्ठ व तपस्तब्धी या दरम्यानच्या वातावरणाच्या थराला तपांबर असे म्हणतात. तपांबराची सरासरी उंची जरी 11 कि.मी. असली तरी ती सर्व ठिकाणी भूपृष्ठावर सारखी नाही. विषुववृत्तीय प्रदेशात ती उंची 18 कि.मी. पर्यंत आढळते. तर ध्रुवीय प्रदेशात ती फक्त 8 कि.मी. पर्यंतच आढळते. तसेच 45° अक्षवृत्ताजवळ ती 9.6 कि.मी. इतकी आढळते. ऋतुमानानुसारही उंचीमध्ये बदल होतो. साधारणपणे उन्हाळ्यात या थराची उंची वाढते व हिवाळ्यात तुलनेने कमी होते. वातावरणाच्या या थराबद्दल मानवाला अचूक माहिती निरीक्षणाद्वारे इतर थरांपेक्षा जास्त मिळाली आहे. या थरामध्ये वातावरणातील तापमान उंचीनुसार कमी-कमी होत जाते. सर्वसाधारणपणे या थरामध्ये प्रत्येक 160 मीटरला 1° सेल्सिअसने तापमान कमी होते. म्हणजेच दर 1 कि.मी. उंचीला तापमान 6.5° सेल्सिअसने कमी होते. तापमान या थरामध्ये उंचीनुसार कमी होत जाते, यालाच तापमान हाय प्रमाण (Lapse Rate) असे म्हणतात, वातावरणाच्या या थरामध्येच हवेचे विविध आविष्कार आढळून येतात. यामध्ये प्रामुख्याने विजा चमकणे, ढंग, वादळे, आवर्त, प्रन्यावर्त, पाऊस पडणे यांसारख्या घटनांचा व प्रक्रियांचा समावेश होतो, या थरामध्येच तापमानाप्रमाणे हवेचा दाब कमी होतो. समुद्रसपाटीवर हवेचा दाब साधारणपणे 1013 मिलिबार असतो तो कमी-कमी होऊन 11 कि.मी. उंचीवर फक्त 226 मिलिबार इतका होतो, वातावरणातील जवळपास 80 ते 90% हवा या थरात आढळते, या थरातच उष्णतेच्या संक्रमणाच्या वहन, अभिसरण व उत्सर्जन या तीन अभिसरण क्रिया आढळतात, यामुळेच या थराला अभिसरण प्रवाहाचा विभाग म्हणून ओळखले जाते. अलीकडच्या संशोधनावरून असे सिद्ध झाले आहे की या थरामध्येच जेटस्ट्रीम प्रवाहाची निर्मिती होऊन तो प्रवाहित होतो. या थराच्या वरच्या टोकाजवळ तपस्तब्धी (Tropopause) हा सुमारे 3 कि.मी. जाडीचा थर आढळतो की ज्यामुळे तपांबर व वातावरणाचा दुसरा थर स्थितांबर हा वेगळा होतो. या थरामध्ये सर्व ठिकाणी तापमान कायमस्वरूपी 56 सेल्सिअस इतके असते. येथील हवेच्या तापमानात कधीच बदल होत नाही, या थरामध्ये कोणतेच आविष्कार आढळत नाहीत.



स्थितांबर (Stratosphere):

भूपृष्ठापासून सुमारे 11 कि.मी. ते 80 कि.मी. पर्यंतचा वातावरणाचा जो दुसरा थर आढळतो, त्यास 'स्थितांबर' असे म्हणतात, या थराची दुसरी व्याख्या अशीही केली जाते की, तपस्तब्धी व स्थितस्तब्धी या दरम्यानच्या वातावरणाच्या थराला स्थितांबर असे म्हणतात. या थराची जाडी सर्व ठिकाणी सारखी आढळत नाहीत, ती विषुववृत्तावर 62 कि.मी. आहे तर ध्रुवावर ती 72 कि.मी. इतकी आढळते, तपस्तब्धीनंतर हा थर सुरू होतो व येथून तापमानाचे स्थिरत्व नष्ट होते. या थराच्या शेवटी तापमानात काही अंशी बदल होतो. या थरामध्ये तपांबराप्रमाणे हवेचे कोणतेच आविष्कार आढळत नाहीत. स्थितांबरामध्ये हवा खूप विरळ असते. यामुळे एखाद्या पोकळीसारखा भाग या ठिकाणी दिसतो. यामुळेच विमान या थरातून चालविले जाते. या थराला महत्त्व प्राप्त होण्याचे प्रमुख कारण म्हणजे या थरामध्ये भूपृष्ठापासून सुमारे 25 कि.मी. ते 40 कि.मी. दरम्यान आढळणारा ओझोनचा थर होय, या थरामध्ये ओझोन वायूचे केंद्रीकरण झालेले आढळते, म्हणून या थराला ओझोनांबर (Ozonosphere) असे म्हटले जाते. सूर्यापासून जी अतिनील सूर्यकिरणे पृथ्वीकडे येतात त्यांना अडविण्याचे कार्य ओझोनचा थर करत असतो. यामुळेच पृथ्वीवरील सजीवसृष्टीचे संरक्षण होते. हा थर उष्ण स्वरूपाचा असल्यामुळे परग्रहावरून जेव्हा उल्कापात होतो तेव्हा या उल्का या थरातच जळून जातात व

यापासून निर्माण होणारी राखरूपी धूळ या थरातच आढळते. अलीकडच्या संशोधनातून असे सिद्ध झाले आहे की हा थर विरळ होत चालला असून याला अनेक ठिकाणी छिद्रे पडली आहेत. उपग्रहाच्या प्रतिमांद्वारे या घराच्या छिद्रांची अधिक माहिती व स्थान कळते. धुवावर या थराला मोठे छिद्र पडले आहे. जागतिक तापमानवाढीमागील ओझोन थराचा क्षय हे प्रमुख कारण मानले जाते.

3) आयनांबर (Ionosphere):

भूपृष्ठापासून सुमारे 80 कि.मी. ते 500 कि.मी. यादरम्यान जो वातावरणाचा थर आढळतो, त्यास 'आयनांबर' असे म्हणतात. या थरामध्ये मोठ्या प्रमाणात आयन तयार होतात. म्हणून या थराला आयनांबर असे म्हणतात. या थराची उंची स्थिर राहत नाही. ती दिवसा व रात्री तसेच उन्हाळ्यात व हिवाळ्यात कमी- जास्त होत जाते. या थरामध्ये उंचीनुसार तापमानात वाढ होत असते. उदा., भूपृष्ठापासून 180 कि.मी.वर तापमान 396° सेल्सिअस व 315 कि.मी. उंचीवर 700 सेल्सिअस इतके असते. या थरातील प्रत्येक उंचीवरील गुणवैशिष्ट्ये व बदल लक्षात घेता, या थराचे पुढील उपथर सांगता येतात.

अ) 'डी' थर किंवा मध्यमंडल ('D' layer or Mesosphere): हा आयनांबरातील पहिला उपथर असून याची उंची भूपृष्ठापासून 80 कि.मी. ते 96 कि.मी. पर्यंत असते. या थरामध्ये तापमान वाढून असल्यामुळे परग्रहावरील येणारे उल्कासखंड येथे मळतात. या थरामध्ये हवेचा भार अतिशय कमी असतो. उदा., १० कि.मी. उंचीवर हवेचा भार फक्त 0.01 मिलिबार इतका आढळतो. या थरातून दीर्घ रेडिओलहरी परावर्तित होनात, हा थर रात्रीच्या वेळी मात्र नाहीसा होतो.

ब) 'इ' थर किंवा केनिली हेवीसाईड थर ('E' layer or Kennelly Heaviside Layer) : भूपृष्ठापासून १७ कि.मी. ते 144 कि.मी. उंची दरम्यान आढळणाऱ्या वातावरणाच्या थराला 'इ' थर असे म्हणतात, हा थर अमेरिकन तज्ज्ञ अथर एडविन फेनिली व ब्रिटिशतन्त्र ऑलिव्कर हेवीसाईड यांनी 1902 साली शोधला म्हणून या थराला यांच्या एकत्रित नावाने केनिली हेवीसाईड थर म्हणूनही ओळखले जाते. या थरामध्ये अरोरा नावाचा ध्रुवप्रकाश दिसतो. या ध्रुवप्रकाशालाच सृष्टी चमत्कार किंवा स्वर्गीय प्रकाश असे म्हणतात. सूर्यापासून निघालेल्या इलेक्ट्रॉन्सचे पृथ्वीच्या चुंबकीय क्षेत्रामुळे विकिरण होते व त्यामुळे हा प्रकाश तयार होतो, या थरामधून मध्यम रेडिओलहरी परावर्तित होतात, हा थर रात्रीच्या बेळी नाहीसा होतो. या थरामध्ये सुमारे 110 कि.मी. उंचीवर ताशी 450 वेगाने वारे वाहतात.

क) 'एफ' थर किंवा अप्लटन थर ('F' layer or Appleton layer) : भूपृष्ठापासून सुमारे 144 कि.मी. ते 360 कि.मी. दरम्यान वातावरणाचा जो थर आढळतो त्या थराला 'एफ' थर असे म्हणतात. या थरातून लघु रेडिओलहरी परावर्तित होतात. यामुळेच आपणास दूर अंतरावरील रेडिओचे प्रक्षेपण ऐकू येते. या लहरी रात्रीच्या वेळी व हिवाळ्यात अधिक चांगल्या प्रकारे परावर्तित होतात, म्हणून यावेळी स्पष्टपणे रेडिओचे प्रक्षेपण ऐकू येते. ब्रिटिश भौतिकशास्त्रज्ञ एडवर्ड अप्लटन यांनी या थराचा शोध 1926 साली लावला म्हणून या थराला अप्लटन थर या नावानेही ओळखले जाते. बिनतारी संदेशवहनासाठी हा थर उपयोगी पडतो.

ड) 'जी' थर ('G' layer): भूपृष्ठापासून सुमारे 400 कि.मी. उंचीवर नायट्रोजन अणूंची जंबूपार किरणांबरोबर आंतरक्रिया होऊन मुक्त इलेक्ट्रॉनची निर्मिती होते. अशा घराला 'जी' थर असे म्हणतात. या घराबद्दल अधिक माहिती उपलब्ध नाही.

4) बाह्यावरण (Exosphere):

भूपृष्ठापासून सुमारे 500 कि.मी. उंचीच्या पलीकडे, वरच्या बाजूला वातावरणाचा जो थर आढळतो अशा थराला 'बाह्यावरण' असे म्हणतात. या उंचीवर वातावरण अतिशय विरळ असते. या थरामध्ये हायड्रोजन व हेलिअम या दोन हलक्या वायूंचे अस्तित्व आढळते. या घरामध्ये तापमान 556° सेल्सिअसपर्यंत आढळते. या थराला अमेरिकन भौतिकशास्त्रज्ञ लेमन स्पिट्झर यांनी 1949 साली बाह्यावरण हे नाव दिले. सुदूर संदेशवहनासाठी वापरले जाणारे उपग्रह या थरामध्ये भ्रमण करतात. अलीकडच्या काळात साधनसंपदेचा, वातावरणाचा, भूमिउपयोजनाचा अभ्यास करताना व हवामानाचा अंदाज व्यक्त करण्यासाठी या उपग्रहांची खूपच मदत होते. दळणवळणासाठी म्हणजेच संदेशवहनासाठी हे उपग्रह कमालीचे उपयुक्त ठरत आहेत. या उपग्रहांच्या मदतीने व विज्ञान-तंत्रज्ञानाद्वारे भविष्यात या थराची अद्ययावत माहिती उपलब्ध झाल्यास या घराबद्दल सविस्तर माहिती मिळेल. वातावरणाच्या अधिक उंचावरील थराच्या उंचीबद्दल जरी तज्ज्ञांमध्ये काही प्रमाणात मतभिन्नता आढळली तरी त्या थरातील प्रक्रिया व घटक यात एकमत आढळते

उष्णतेचा ताळेबंद (Heat Balance)

उष्णतेच्या ताळेबंदालाच पृथ्वीवरील उष्णतेचा ताळेबंद म्हणून ओळखले जाते, नसेच ग्राला पृथ्वीचे 'तापसंतुलन' असेही म्हटले जाते, पृथ्वीला लघुलहरीद्वारे सूर्यापासून ऊर्जा मिळते व पृथ्वीपासून दीर्घलाहरीद्वारे घेतलेली ऊर्जा पुन्हा वातावरणात उत्सर्जित केली जाते. सूर्यापासून पृथ्वीला लघुलहरीद्वारे मिळालेली प्रत्यक्ष ऊर्जा पृथ्वी पुन्हा दीर्घलाहरीच्या माध्यमातून वातावरणात उत्सर्जित करते. यामुळे पृथ्वीवर येणाऱ्या ऊर्जेत व पृथ्वीपासून उत्सर्जित होणाऱ्या ऊर्जेत जे संतुलन राखले जाते यालाच 'उष्णतेचा ताळेबंद' किंवा उष्णतेचे संतुलन' असे म्हणतात. '

पृथ्वीवरील उष्णतेचे संतुलन समजून घेण्यासाठी ही संतुलनाची प्रक्रिया आकडेवारीच्या मदतीने अधिक चांगल्या प्रकारे स्पष्ट करता येईल. सूर्यापासून जेव्हा 100% सौरऊर्जा उत्सर्जन होते तेव्हा त्यापैकी 35% सौरऊर्जा पृथ्वीपर्यंत न पोहोचता ती परावर्तित होते. या 35 टक्क्यांमधील 27% ऊर्जा ढगांमुळे, 6% ऊर्जा वायु, धूळ व जलकणांमुळे परावर्तित होते. यातून उरलेली 2% ऊर्जा पृथ्वीच्या पृष्ठभागावरून परावर्तित होऊन पुन्हा अवकाशात जाते. ($35 = 27 + 6 + 2$) या परावर्तित होणाऱ्या ऊर्जेला भूधवलता असे म्हणतात. अशा प्रकारे 100 टक्क्यांतून 35% ऊर्जा कमी झाल्यावर उरलेली 65% ऊर्जा पृथ्वीकडे येताना यापैकी पुन्हा 14% ऊर्जा वातावरणाद्वारे शोषण केली जाते. म्हणजेच सूर्याकडून येणाऱ्या 100% ऊर्जेपैकी 49% ($35 + 14 = 49$) ऊर्जा सूर्यापासून येते पण पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर प्रत्यक्ष पोहोचत नाही. तर फक्त 51% ऊर्जा पृथ्वीच्या पृष्ठभागाला मिळते व ही ऊर्जा पृथ्वीचा पृष्ठभाग शोषून घेतो. पृथ्वीच्या पृष्ठभागापर्यंत जी 51% ऊर्जा पोहोचली ती ऊर्जा पृथ्वीपासून दीर्घलाहरीद्वारे पुन्हा वातावरणात सोडली जाते. या 51% ऊर्जेचा विनिमय कशा प्रकारे होतो हे

आकृती क्रमांक 3.1 (ब) मध्ये दाखविले आहे. या 51% उत्सर्जित झालेल्या ऊर्जेपैकी 17% ऊर्जा अवकाशात उत्सर्जित होऊन जाते, तर 6% ऊर्जा वातावरणाकडून शोषली जाते. याशिवाय 9% ऊर्जा ही अभिसरण प्रक्रियेद्वारे उत्सर्जित होते व उरलेली 19% ऊर्जा सांद्रीभवनाच्या प्रक्रियेद्वारे उत्सर्जित होते. (17+ 6 + 9+ 19 = 51) अशा प्रकारे सूर्यापासून येणाऱ्या व पृथ्वीपासून जाणाऱ्या ऊर्जेचे संतुलन राखले जाते.

उष्णतेचे संतुलन होत असताना ज्या प्रक्रियांद्वारे ऊर्जाविनिमय होतो त्यांचीही माहिती असल्याशिवाय उष्णतेचा ताळेबंद किंवा संतुलन आपणास अधिक चांगल्या प्रकारे स्पष्ट करता येणार नाही. या सर्व प्रक्रिया आपणास खालील प्रकारे स्पष्ट करता येतील.

तक्ता क्र. 3.1 : पृथ्वीच्या उष्णतेचा ताळेबंद				
क्र.	लघुलहरींद्वारे येणारी उष्णता	टक्के	दीर्घलहरींद्वारे उत्सर्जित होणारी उष्णता	टक्के
	सूर्यापासून येणारी सौरऊर्जा	100		
1.	ढगांद्वारे परावर्तन	27	भूपृष्ठाकडून अवकाशाकडे उत्सर्जन	17
2.	वायू, धूळ व जलकणांद्वारे परावर्तन	06	वातावरणाकडून शोषण	06
3.	भूपृष्ठाद्वारे परावर्तन	02	अभिसरणाद्वारे उत्सर्जन	09
4.	वातावरणाकडून शोषण	14	सांद्रीभवनाद्वारे उत्सर्जन	19
	एकूण	49	एकूण	51

- (1) परावर्तन (Reflection) : वातावरणात विविध पदार्थांचे कण असतात. जेव्हा येणारी सौरऊर्जा या पदार्थांवर पडते तेव्हा ती पुन्हा लहरींच्या स्वरूपात वातावरणात परावर्तित होते यालाच 'परावर्तन' असे म्हणतात. सौरशक्तीच्या लहरींपेक्षा या पदार्थांच्या कणांचा आकार मोठा असतो. यामुळे ही प्रक्रिया घडून येते.
- (2) विकिरण (Scattering): सूर्यापासून येणारी लघुलहरींच्या स्वरूपातील ऊर्जा जेव्हा विविध वायू, धूलिकण व जलकणांद्वारे अडविली जाते, ती पुन्हा अवकाशात विविध दिशांना पसरते किंवा फेकली जाते तेव्हा त्यास 'विकिरण' असे म्हणतात. विकिरणाचे प्रमाण हे त्याची दिशा, कणांची त्रिज्या, ऊर्जेची तरंग लांबी इत्यादी घटकांवरून ठरत असते.

(3) शोषण (Absorption) : जेव्हा सूर्याकडून येणारी लघुलहरींच्या स्वरूपातील ऊर्जा वातावरणातील वायू, धूलिकण, जलकण इत्यादींद्वारे शोषून घेतली जाते तेव्हा त्या प्रक्रियेला 'शोषण' असे म्हणतात. ही ऊर्जा प्रामुख्याने ओझोन वायू, नायट्रोजन, ऑक्सिजन यांद्वारे अधिक प्रमाणात शोषण केली जाते. सांद्रीभवन बाष्पाचे पाण्यात रूपांतर होण्याच्या प्रक्रियेला 'सांद्रीभवन' असे म्हणतात. पृथ्वीच्या पृष्ठभागातून वातावरणात ऊर्जेचे उत्सर्जन झाल्यावर वापरली जाते. या प्रक्रियेद्वारे ऊर्जा

(4) उत्सर्जन (Radiation) : पृथ्वीने सूर्यापासून शोषण केल्यावर जी ऊर्जा पुन्हा वातावरणात दीर्घलहरींद्वारे उत्सर्जित केली जाते त्या प्रक्रियेला 'उत्सर्जन' असे म्हणतात. अशाच प्रकारची ऊर्जा सूर्यापासून उत्सर्जित होत असते. मात्र ती लघुलहरींद्वारे उत्सर्जित होत असते.

अशा प्रकारे वरील प्रक्रिया उष्णतेचा समतोल साधण्यासाठी मदत करतात. वातावरण हे दीर्घलहरींमुळेच तापते. या लहरी पृथ्वीच्या पृष्ठभागातून जातात. यामुळेच प्रथम पृथ्वी जवळच्या वातावरणाचा तपांबर थर तापतो. या थरामध्ये उंचीनुसार तापमान कमी-कमी होत जाते.

वायुभार पट्टे व वाराप्रणाली (Pressure Belt and Wind System)

वातावरणात विविध वायू असून हे सर्व वायू पदार्थरूप असल्याने त्यांना वजन आहे. इटालियन शास्त्रज्ञ इव्हॉजेलिस्ता टॉरिसेली व जर्मन शास्त्रज्ञ ओटो व्हॉन गेरिक यांनी 17 व्या शतकाच्या मध्यास हवेला वजन असते हे सिद्ध केले. दाब वाढविल्यास हवा आकुंचन पावते व दाब कमी झाल्यास हवा प्रसरण पावते. थोडक्यात, हवा उपलब्ध असलेली सर्व जागा व्यापते. कोणत्याही पदार्थाचे ठरावीक क्षेत्रफळाच्या पृष्ठभागावर पडणारे वजन म्हणजे त्या पदार्थाचा दाब किंवा भार होय. वातावरणात शेकडो किलोमीटर उंचीपर्यंत वायूंचे अस्तित्व आहे. त्यांचे वजन पृष्ठभागानजीकच्या थरांवर पडते म्हणून भूपृष्ठावर हवेचे घन दाट व घन असतात. त्यामुळे तेथे हवेचा भार किंवा दाब जास्त असतो. जसजसे भूपृष्ठापासून उंच जावे तसतसे हवेचे थर विरळ होत जातात व दाबही कमी होत जातो. हवेचे वजन मोजण्यासाठी वायुभार मापकाचा उपयोग करतात. हवेचे वजन इंच किंवा मिलिमीटरमध्ये मोजतात. परंतु त्यात अचूकता नसल्यामुळे हवेचे वजन मोजण्यासाठी अलीकडे मिलिबार (mb) हे एकक वापरले जाते. (1 मिलिबार म्हणजे 1 चौरस घन सें.मी. आकाराच्या व 1 ग्रॅम वजनाच्या वस्तूला 1 सेकंदात 1 सें.मी. चा वेग उत्पन्न होण्यासाठी जेवढा भार अथवा दाब द्यावा लागतो त्यास, एक डाईन असे म्हणतात, अशा 10 लक्ष डाईन्समुळे 1 चौ. सें.मी. जागेवर पडणारा भार म्हणजे 1 बार होय व एका बारचा हजारावा भाग म्हणजे एक मिलिबार होय.) समुद्रसपाटीला हवेचा दाब 29.92 इंच किंवा 1013.2 मिलिबार इतका असतो.

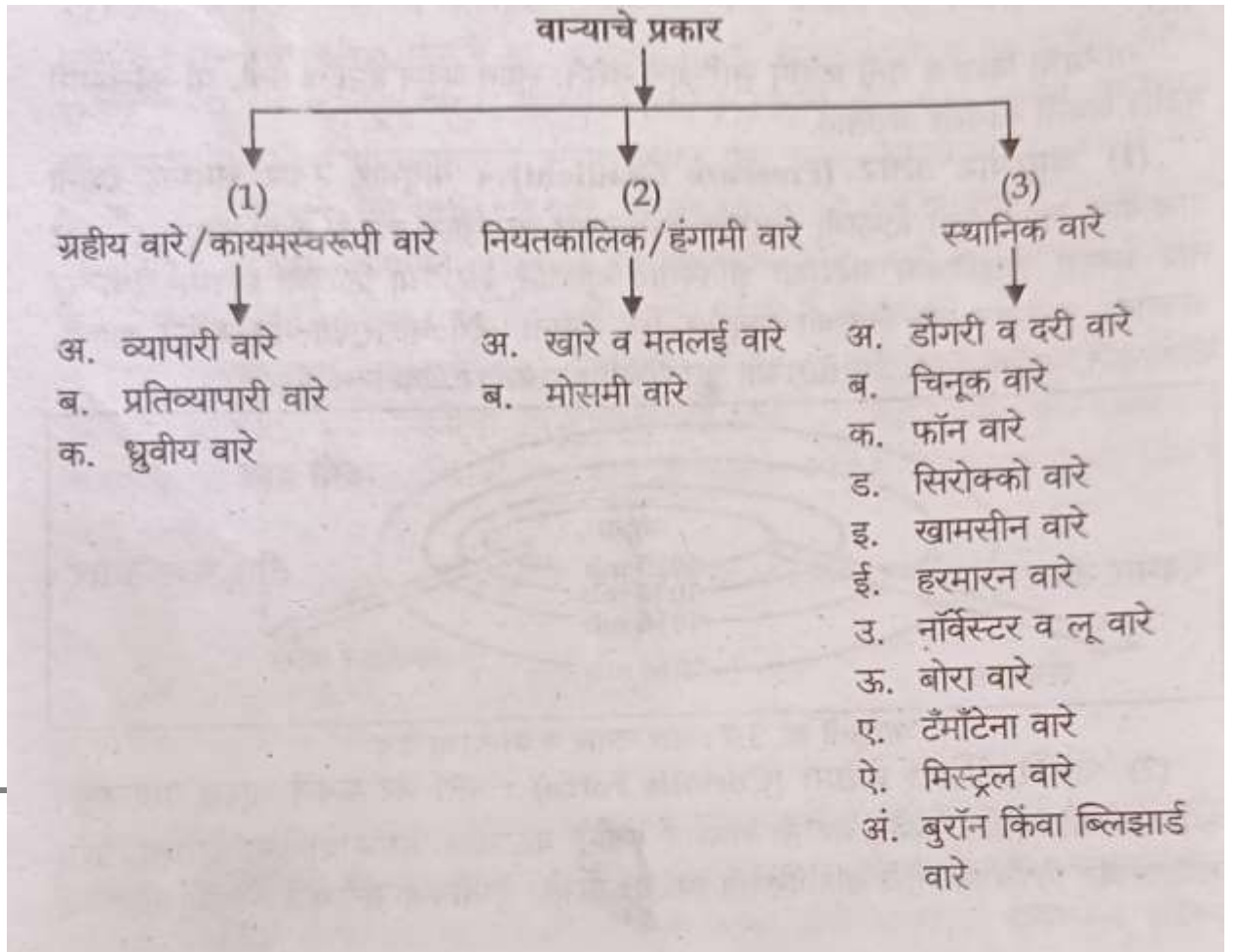
परंतु भूपृष्ठ तसेच समुद्रावरदेखील हवेचा दाब सर्वत्र सारखा नसतो. एखाद्या विशिष्ट प्रदेशातदेखील हवेच्या दाबात ऋतुमानानुसार बदल होत असतो. ठिकठिकाणी व वेळोवेळी हवेच्या दाबात बदल होण्यास पुढील घटक कारणीभूत असतात.

वाऱ्याचे प्रकार (Types of Winds)

प्रदेश, वाऱ्याची दिशा, स्वरूप नियमितता या वेगवेगळ्या घटकांचा विचार करून वाऱ्याचे पुढील प्रकार पाडले जातात.

1) ग्रहीय वारे/कायमस्वरूपी वारे (Planetary Winds)

संपूर्ण पृथ्वीवर विशिष्ट ठिकाणी कमी-जास्त वायुभाराचे पट्टे तयार झाले आहेत. या विस्तीर्ण प्रदेशात जास्त दाबाच्या प्रदेशाकडून कमी दाबाच्या प्रदेशाकडे नियमितपणे वारे वाहतात, त्यांना 'ग्रहीय वारे' असे म्हणतात, या वाऱ्यांचे तीन उपप्रकार आहेत.



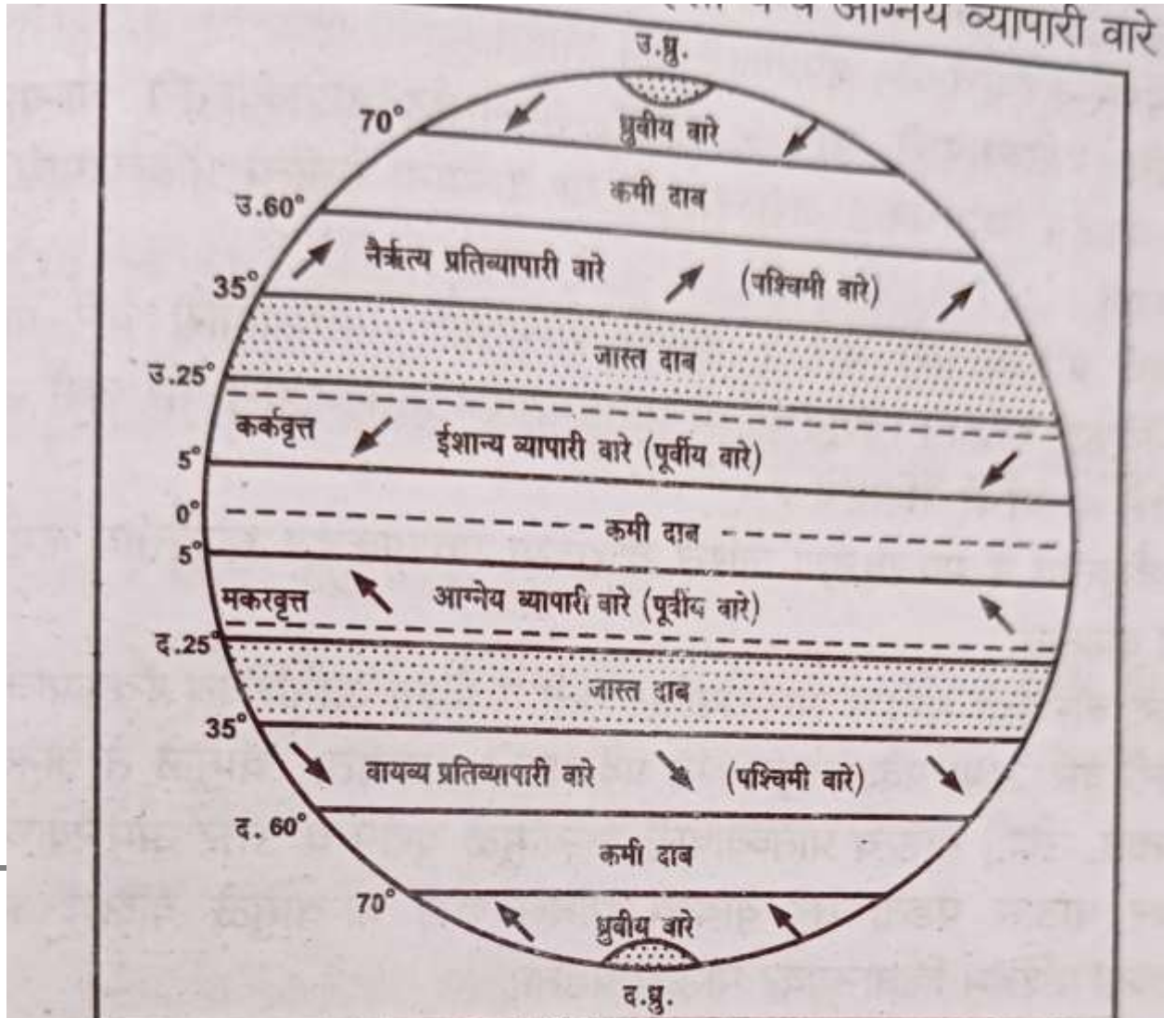
अ) व्यापारी वारे (Trade Winds or Easterlies) : कर्क व मकरवृतीय हवेच्या जास्त दाबाच्या पट्ट्याकडून विषुववृत्ताकडील कमी दाबाच्या पट्ट्याकडे वाहणाऱ्या वाऱ्यांना “व्यापारी वारे” असे म्हणतात. पूर्वीच्या काळी व्यापारासाठी जाणाऱ्या शिडाच्या जहाजांना सागरीय प्रवासासाठी या वाऱ्यांचा उपयोग होत असे म्हणून या वाऱ्यांना व्यापारी वारे असे म्हणतात. पृथ्वीच्या स्वांगभ्रमणामुळे हे वारे फेरेलच्या नियमानुसार आपली मूळ दिशा बदलतात व साधारणपणे पूर्वेकडून पश्चिमेकडे वाहतात म्हणून त्यांना पूर्वीय वारे असेही म्हणतात. व्यापारी वाऱ्यांचे दोन उपप्रकार आहेत.

- (i) उत्तर गोलार्धातील ईशान्य व्यापारी वारे : उत्तर गोलार्धात हे वारे ईशान्येकडून नैर्ऋत्येकडे वाहतात म्हणून त्यांना ईशान्य व्यापारी वारे असे म्हणतात.
- (ii) दक्षिण गोलार्धातील आग्नेय व्यापारी वारे : दक्षिण गोलार्धातील हे वारे आग्नेयेकडून वायव्येकडे वाहतात म्हणून त्यांना आग्नेय व्यापारी वारे असे म्हणतात.

विषुववृत्ताजवळील कमी दाबाच्या पट्ट्यात ईशान्य व आग्नेय व्यापारी वारे एकत्र येतात.

व्यापारी वाऱ्यांची वैशिष्ट्ये :

- 1) व्यापारी वारे नियमितपणे वर्षभर वाहतात व त्यांची दिशा बदलत नाही.



आकृती क्र. 3.8 : ग्रहीय वारे

2)व्यापारी वारे सागरावर अधिक वेगाने वाहतात.

3)या वाऱ्यांचा वेग दर ताशी सुमारे 16 ते 24 कि.मी. इतका असतो.

4)ऋतुमानानुसार या वाऱ्यांच्या वेगात व विस्तारात बदल होतो. हिवाळ्यात हे वारे अधिक वेगाने वाहतात.

5)व्यापारी वारे पूर्वेकडून वाहत येतात त्यामुळे खंडांच्या पूर्वे भागास पाऊस देतात, पश्चिमेकडे जाताना ते कोरडे होतात. त्यामुळे खंडांच्या पश्चिम बाजूस पाऊस पडत नाही.

6)या वाऱ्यांनी सागराचा 31% प्रदेश व्यापलेला आहे.

7)पूर्वी शिडाच्या जहाजांना जलवाहतुकीसाठी या वाऱ्यांची मदत होत होती म्हणून या वाऱ्यांना व्यापारी वारे असे नाव पडले आहे.

8)हिंदी महासागरावरून विषुववृत्ताच्या उत्तरेकडील भागात जेव्हा हे वारे प्रवेश करतात तेव्हा त्यांचे मोसमी वाऱ्यात रूपांतर होते.

ब) प्रतिव्यापारी वारे (Anti Trade Winds/Westerlies):

दोन्ही गोलार्धात 25° ते 35° अक्षवृत्तादरम्यान हवेचा जास्त दाबाचा पट्टा आहे तर ध्रुववृत्ताजवळ 60° ते 70° अक्षवृत्तादरम्यान दोन्ही गोलार्धात कमी दाबाचा वायुभार पट्टा आहे. यामुळे जास्त दाबाच्या वायुभार पट्ट्याकडून कमी दाबाच्या पट्ट्याकडे जे वारे व्यापारी वाऱ्यांच्या विरुद्ध दिशेने वाहतात, त्यांना 'प्रतिव्यापारी वारे' असे म्हणतात. या वाऱ्यांची दिशा पश्चिमेकडून पूर्वेकडे असल्यामुळे यांना पश्चिमी वारे (Westerlies) असेही म्हणतात. दोन्ही गोलार्धात या वाऱ्यांची दिशा वेगवेगळी असल्यामुळे त्यांना वेगवेगळ्या नावाने ओळखतात. त्यावरून त्यांचे दोन उपप्रकार केले आहेत.

(i) नैऋत्य प्रतिव्यापारी वारे उत्तर गोलार्धात प्रतिव्यापारी वाऱ्यांची दिशा नैऋत्येकडून ईशान्येकडे असल्यामुळे या वाऱ्यांना नैऋत्य प्रतिव्यापारी वारे असे म्हणतात.

(ii) वायव्य प्रतिव्यापारी वारे दक्षिण गोलार्धात प्रतिव्यापारी वारे वायव्येकडून आग्नेयेकडे वाहतात म्हणून या वाऱ्यांना वायव्य प्रतिव्यापारी वारे असे म्हणतात.

प्रतिव्यापारी वाऱ्यांची वैशिष्ट्ये :

1)हे वारे कर्कवृत्तीय व मकरवृत्तीय जास्त दाबाच्या प्रदेशाकडून ध्रुववृत्तीय कमी दाबाच्या प्रदेशाकडे वाहतात.

2)प्रतिव्यापारी वाऱ्यांची भूमी व सागरावरील गती व दिशा अनिश्चित स्वरूपाची असते. 3. प्रतिव्यापारी वारे उष्ण प्रदेशाकडून थंड प्रदेशाकडे वाहतात. त्यामुळे ते अनेक ठिकाणी पाऊस देतात. उदा., नैऋत्य प्रतिव्यापारी

वाऱ्यांमुळे युरोप व उत्तर अमेरिकेच्या पश्चिम किनाऱ्यावर पाऊस पडतो तर वायव्य प्रतिव्यापारी वाऱ्यांमुळे दक्षिण अमेरिका व न्यूझीलंडच्या पश्चिम किनाऱ्यावर पाऊस पडतो.

3)प्रतिव्यापारी वाऱ्यांचा परिणाम काही प्रदेशांच्या हवामानावरही झाला आहे. दक्षिण गोलार्धात काही प्रदेशांमध्ये या वाऱ्यांमुळे हवामान ढगाळ व आर्द्र बनले आहे. 5. दक्षिण गोलार्धात प्रतिव्यापारी वारे वेगाने वाहतात.

4)दक्षिण गोलार्धात हे वारे 40° अक्षांशापलीकडे सागरावर कोणताही अडथळा नसल्यामुळे वेगाने वाहतात म्हणून त्यांना या भागात 'गर्जणारे चाळीस' (RoaringForties) असे म्हणतात तर 50° दक्षिण अक्षवृत्तापलीकडे याचा वेग अधिकच वाढतो. म्हणून त्यांना 'खवळलेले पन्नास' (Furious Fifties) असे म्हणतात.

5)जेव्हा हे वारे 60° अक्षवृत्ताजवळ येतात तेव्हा त्यांच्या वेगात वाढच होते. या वाऱ्यांना येथे खाजणारे किंवा 'झोंबणारे साठ' (Itching Sixties) असे म्हणतात. तर काही प्रदेशांमध्ये या वाऱ्यांना शूर पश्चिमी वारे (Brave West Winds) या नावानेही ओळखतात.

क)ध्रुवीय वारे (Polar Winds): दोन्ही गोलार्धात ध्रुवाच्या टोकाजवळील जास्त दाबाच्या प्रदेशाकडून ध्रुववृत्ताच्या 60° ते 70° अक्षवृत्ताच्या दरम्यान असलेल्या कमी दाबाच्या प्रदेशाकडे जे वारे वाहतात त्यांना 'ध्रुवीय वारे' असे म्हणतात.

ध्रुवीय वाऱ्यांचेही दोन उपप्रकार आहेत. ते पुढीलप्रमाणे –

- (i) उत्तर ध्रुवीय वारे उत्तर गोलार्धात ध्रुवाच्या टोकाजवळील जास्त दाबाच्या प्रदेशापासून ध्रुववृत्ताजवळच्या कमी दाबाच्या प्रदेशाकडे जे वारे वाहतात त्यांना उत्तर ध्रुवीय वारे किंवा नॉर्ईस्टर (Noreaster) असे म्हणतात.
- (ii) दक्षिण ध्रुवीय वारे दक्षिण गोलार्धात ध्रुवाच्या टोकाजवळील जास्त दाबाच्या प्रदेशापासून ध्रुववृत्ताजवळील कमी दाबाच्या पट्ट्याकडे जे वारे वाहतात त्यांना दक्षिण ध्रुवीय वारे असे म्हणतात.

दक्षिण ध्रुवीय वाऱ्यांची वैशिष्ट्ये :

1. ध्रुवीय वारे प्रामुख्याने पूर्वेकडून पश्चिमेकडे वाहतात. त्यामुळे या वाऱ्यांनाही पूर्वीय वारे असे म्हणतात.
2. हे वारे अतिशीत टुंड्रा प्रदेशातून वाहतात. त्यामुळे हे अतिशय थंड असतात.
3. उत्तर ध्रुवीय वाऱ्यापेक्षा दक्षिण ध्रुवीय वारे नियमित वाहतात.
4. ऋतुमानानुसार या वाऱ्याच्या वेगातही बदल होतो. हे वारे हिवाळ्यात अधिक वेगाने वाहतात.
5. ध्रुवीय वारे हे जास्त वेळ स्थिर असतात.
6. ध्रुवीय वारे बऱ्याच प्रमाणात कोरडे असतात. त्यांच्यापासून अत्यल्प हिमवृष्टी होते.

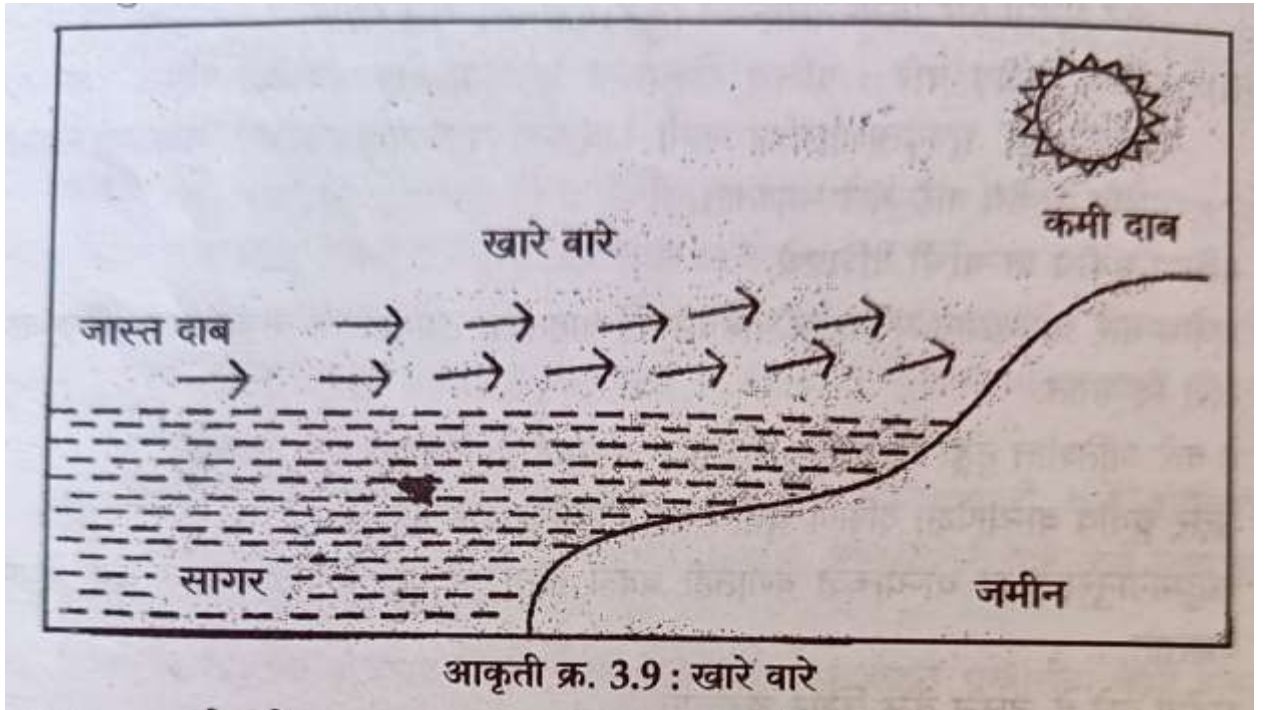
7. या वाऱ्यांच्या मार्गात फारसा अडथळा नसल्यामुळे हे वारे लांबवर वाहून जातात. यामुळे तेथील हवामानावर या वाऱ्यांच्या गुणधर्माचा परिणाम होतो.

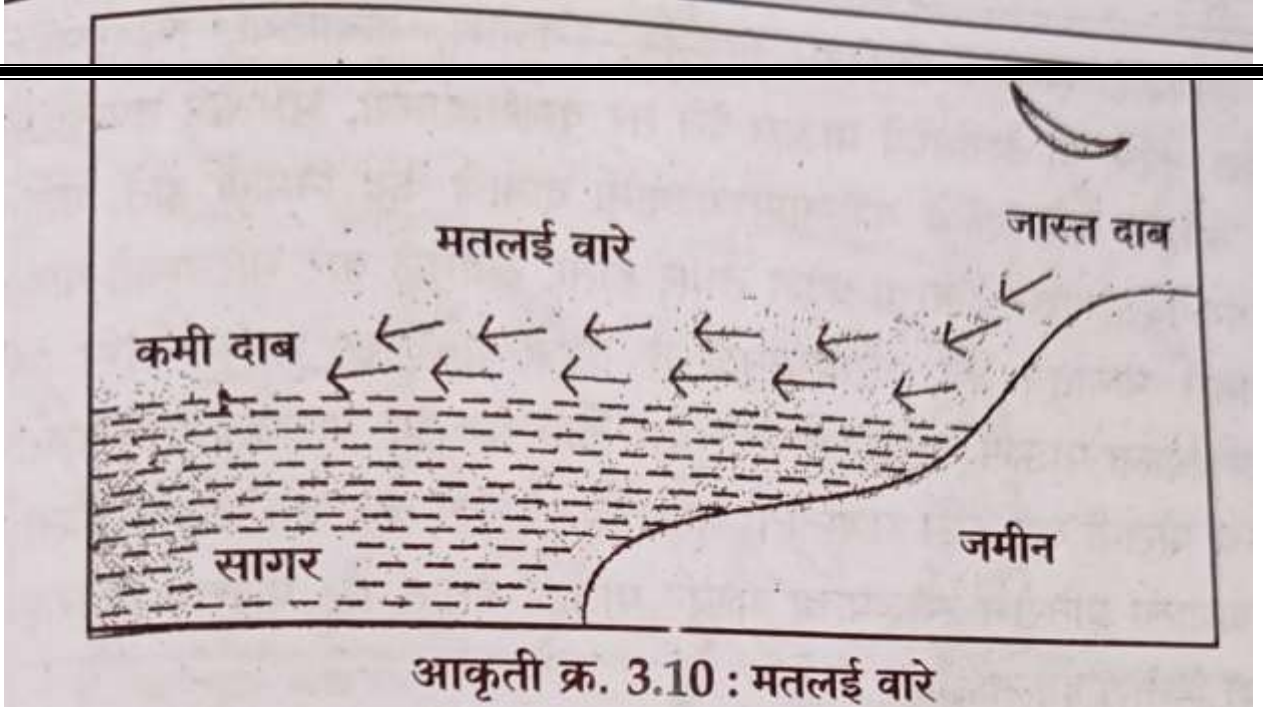
2. नियतकालिक/हंगामी वारे (Periodical Winds)

हे वारे विशिष्ट वेळेत किंवा ऋतूतच वाहतात म्हणून या वाऱ्यांना नियतकालिक किंवा हंगामी वारे असे म्हणतात. या वाऱ्यांची दिशा मात्र निश्चित नसते. कालावधी मात्र बराचसा निश्चित असतो. नियतकालिक वाऱ्याचे दोन उपप्रकार आहेत.

अ) खारे व मतलई वारे (Sea Breeze and Land Breeze): खारे व मतलई वारे हे नियमित वाहणारे वारे आहेत. हे वारे समुद्र व जमीन यांच्या उष्णता ग्रहण करण्याच्या भिन्न गुणधर्मांमुळे निर्माण होतात. त्यांची सविस्तर माहिती पुढीलप्रमाणे

- (i) खारे वारे (Sea Breeze): दिवसा सागर आणि सागरी किनाऱ्यावर सूर्यकिरणे जरी सारख्या प्रमाणात उष्णता देत असली तरी जमीन लवकर तापते. यामुळे किनाऱ्या- लगतच्या जमिनीवरील हवा तापून हलकी होते व वातावरणाच्या वरच्या स्तरात जाते. परिणामी, येथे कमी दाबाचे केंद्र तयार होते. याउलट, सागरी भागात जमिनीच्या तुलनेत पाणी उशिरा तापते. त्यामुळे तेथील हवा थंड असते. तिची घनता जास्त असल्यामुळे सागरावर जास्त दाबाचे केंद्र तयार होते. यामुळे सागराकडून वारे किनाऱ्यालगतच्या प्रदेशाकडे वाहू लागतात, यांनाच 'खारे वारे' असे म्हणतात.





या वाऱ्यांचा प्रभाव समुद्रकिनारपट्टीपासून जमिनीकडे 40 ते 50 किलोमीटरपर्यंत जाणवतो. या वाऱ्यांची सुरुवात सकाळी 10 ते 11 वाजण्याच्या दरम्यान होते. या वाऱ्यांचा वेग दुपारी 1 ते 2 च्या दरम्यान अधिक असतो. मात्र रात्री 8 वाजल्यानंतर खूपच मंद होतो. या वाऱ्यांमुळे किनाऱ्यालगतच्या हवेत बदल जाणवतो.

(ii) मतलई वारे (Land Breeze) : रात्रीच्या वेळी सागर किनाऱ्यालगतच्या दाब वितरणात दिवसाच्या विरुद्ध परिस्थिती निर्माण होते. रात्री दिवसा मिळालेल्या उष्णतेचे उत्सर्जन सुरु होते. सागराच्या मानाने जमीन लवकर थंड होते. परिणामी, जमिनीलगतची हवा थंड होते. ती अकुंचन पावते. तिची घनता वाढते व जास्त दाबाचे केंद्र तयार होते. तर सागरी भागात पाणी उबदार असल्यामुळे तेथील हवा उबदार बनते. ती हलकी होऊन वर जाते व तेथे कमी दाबाचे केंद्र तयार होते. त्यामुळे जमिनीकडून सागराकडे वारे वाहू लागतात. यांनाच 'मतलई वारे' असे म्हणतात.

या वाऱ्यांचा प्रभाव सागराकडे साधारणपणे 20 ते 30 कि.मी. पर्यंत असतो. या वाऱ्यांची सुरुवात रात्री 10 नंतर होते. यांचा वेग कमी असतो मात्र रात्री 1 ते 2 दरम्यान तो पुन्हा वाढतो.

ब) मोसमी वारे (Monsoon Winds): मोसमी वारे हे हे खारे व मतलई वाऱ्यांचीच मोठी आवृत्ती असून हे वारे फक्त एका दिवसाचे नसून पूर्ण ऋतुनुसार वाहणारे आहेत. मोसमी वारे हा शब्द अरबी भाषेतील 'मौसम' म्हणजे ऋतुनुसार दिशा बदलणारा या शब्दावरून रूढ झाला आहे. ऋतुमानानुसार दिशा बदलणारे वारे म्हणून त्यांना मौसमी वारे या नावाने ओळखतात. मोसमी वाऱ्यांची व्याख्या पुढीलप्रमाणे करता येईल –

“भूपृष्ठावर व उंच वातावरणात ऋतुमानानुसार आपल्या प्रवाहाची दिशा बदलतात. अशा वाऱ्यांना मोसमी वारे असे म्हणतात.”

जगामध्ये मात्र सर्वच ठिकाणी मोसमी वारे आढळत नाही. कारण या वाऱ्यांच्या निर्मितीसाठी खालील प्रकारची विशिष्ट परिस्थिती आवश्यक असते. जेथे ही परिस्थिती अनुकूल असते अशाच ठिकाणी मोसमी वाऱ्यांची निर्मिती होते.

मोसमी वाऱ्यांच्या निर्मितीसाठी आवश्यक घटक :

1. मोसमी वाऱ्यांच्या निर्मितीसाठी विशाल भूभाग आवश्यक असतो.
2. या भूभागाचा पूर्व-पश्चिम विस्तार जास्त असायला हवा.
3. दक्षिण बाजूला मोठा जलाशय असावा.

मोसमी वाऱ्यांचे उन्हाळी मान्सून व हिवाळी मान्सून असे दोन भाग आहेत.

- (i) उन्हाळी मोसमी वारे: उत्तर गोलार्धात साधारणपणे मार्च ते सप्टेंबर या काळात उन्हाळा ऋतू असतो. म्हणून या काळात आशिया खंडात जास्त तापमान असल्याने कमी दाबाचा प्रदेश निर्माण होतो. तर याउलट, सागरी प्रदेशात कमी तापमान असल्याने तेथे हवेंचा जास्त दाब निर्माण होतो. यामुळे हिंदी व पॅसिफिक महासागराकडून आशियाच्या भूभागाकडे वारे वाहतात यांनाच उन्हाळी मोसमी वारे असे म्हणतात.

आग्नेय व्यापारी वारे विषुववृत्त ओलांडून उत्तर गोलार्धात प्रवेश करतात व आपली दिशा बदलून ते नैर्ऋत्येकडून ईशान्य दिशेकडे वाहतात. त्यामुळे या वाऱ्यांना नैर्ऋत्य मोसमी वारे असेही म्हणतात. नैर्ऋत्य मोसमी वाऱ्यांच्या दोन शाखा असून एक शाखा ऑस्ट्रेलिया खंडाच्या उत्तरेकडे सरकून ब्रह्मदेश, थायलंड, लाओस, कंबोडिया, व्हिएतनाम, आग्नेय चीन, दक्षिण जपान या देशांमध्ये पाऊस देते तर दुसरी शाखा, भारतीय उपखंडाला पाऊस देते. उत्तर वायव्य भारतात मे महिन्यामध्ये कमी दाबाचे केंद्र निर्माण होते. मात्र याचवेळी हिंदी महासागरावर जास्त दाबाचा प्रदेश तयार होतो. त्यामुळे वारे भारताकडे वाहू लागतात. हे वारे सागरी भागातून येत असल्यामुळे ते आपल्याबरोबर भरपूर बाष्प आणतात व भारतीय उपखंडाला पाऊस देतात. मोसमी वारे नैर्ऋत्येकडून भारतात येत असतात म्हणून त्यांना नैर्ऋत्य मोसमी वारे असे म्हणतात, महाराष्ट्रात प्रवेश करताना ते सह्याद्रीला आडतात. त्यामुळे कोकणाला प्रतिरोध स्वरूपाचा भरपूर पाऊस देतात तर पश्चिम महाराष्ट्रात पर्जन्य छायेचा प्रदेश निर्माण झाला आहे.

- (ii) हिवाळी मोसमी वारे : उत्तर गोलार्धात सप्टेंबर ते मार्च या काळात साधारणपणे हिवाळा ऋतू असतो. या काळात तापमान कमी असल्यामुळे आशिया खंडात जास्त दाबाचा प्रदेश तयार होतो. मात्र याचवेळी दक्षिण गोलार्धात उन्हाळा ऋतू असल्यामुळे तापमान अधिक असते म्हणून तेथे कमी दाबाचा प्रदेश तयार होतो. यामुळे आशियाच्या मध्यवर्ती भागातून हिंदी महासागराकडे व ऑस्ट्रेलिया खंडाकडे वारे वाहू लागतात. यांनाच हिवाळी मोसमी वारे असे म्हणतात. भारतीय उपखंडावरून वाहताना ते ईशान्येकडून नैर्ऋत्येकडे वाहतात म्हणून त्यांना ईशान्य मोसमी वारे असे म्हणतात. या वाऱ्यांचा वेग मंद असतो. खंडावरून वाहत असल्यामुळे ते कोरडे असतात. मात्र जेव्हा ते बंगालच्या उपसागरात प्रवेश करतात तेव्हा त्यांच्यात बाष्पाचे प्रमाण काही प्रमाणात वाढते. या वाऱ्यांमुळे दक्षिण भारत व श्रीलंकेत अल्प प्रमाणात पाऊस पडतो.

क)स्थानिक वारे (Local Winds): स्थानिक घटकांमुळे तापमानात व दाबात फरक पडून कमी व जास्त दाबाचे केंद्र निर्माण होते. या ठरावीक परिस्थितीमुळे तेथे जे वारे वाहतात त्यांना स्थानिक वारे असे म्हणतात. या

वाऱ्यांना वेगवेगळी प्रादेशिक नावेही देण्यात आलेली आहेत. या वाऱ्यांचा स्थानिक हवामानावर परिणाम होतो. या वाऱ्याचे क्षेत्र अतिशय मर्यादित असते. स्थानिक वाऱ्यांची स्वतःची वैशिष्ट्ये असतात. जगातील काही स्थानिक वारे पुढीलप्रमाणे –

अ)दरी व डोंगरी वारे (Valley and Mountain Breeze) : पर्वतीय प्रदेशात मुख्यत्वे करून हे वारे वाहतात.

दरी वारे: सूर्योदयानंतर पर्वताच्या माथ्यावरील भागात सूर्याची किरणे सर्वात प्रथम पडतात. त्यामुळे पर्वतातील दऱ्यांच्या भागापेक्षा पर्वताच्या माथ्यावरील हवा जास्त तापते व तेथे हवेचा कमी भाराचा प्रदेश निर्माण होतो. त्याचवेळी पर्वताच्या दऱ्यांच्या भागात हवा थंड असल्यामुळे हवेचा जास्त भार निर्माण होतो. त्यामुळे दिवसा दऱ्यांच्या तळभागा- कडून पर्वताकडे वारे वाहू लागतात. त्यांना ‘दरी वारे’ (Valley Winds) असे म्हणतात.

डोंगरी वारे (Mountain Breeze): पर्वतमाथ्यांना दिवसा मिळालेल्या उष्णत सूर्यास्तानंतर उत्सर्जन होते. ते भाग थंड होतात व त्या भागात हवेचा जास्त भार निर्माण होतो. त्यामानाने दऱ्यांचे तळभाग उष्ण असतात. त्यामुळे दऱ्यांमध्ये हवेचा कमी भ निर्माण होतो. त्यामुळे रात्रीच्या वेळी पर्वतभागाकडून दऱ्यांकडे थंड आणि जड हवा खाली ढकलली जाते. परिणामी, डोंगरमाथ्यावरू दरीकडे थंड वारे वाहू लागतात. या वाऱ्यांना ‘डोंगरी वारे’ (Mountain Breeze) असे म्हणतात.

ब) चिनुक वारे (Chinook Winds) : उत्तर अमेरिकेतील रॉकी पर्वतावरून चिनुक वारे वाहतात. हे वारे पश्चिमेकडून पूर्वेकडे वाहतात. हे पॅसिफिक महासागरावरून येताना आपल्याबरोबर बाष्प घेऊन येतात व रॉकी पर्वताच्या पश्चिम उतारावरून वर चढतात. बाष्पयुक्त असल्याने पश्चिम उतारावर पाऊस देतात. मात्र रॉकी पर्वताचा माथा ओलांडून पूर्वेकडे जातात. तेव्हा ते खाली उतरू लागतात. त्यांचा दाब वाढतो. ते कोरडे होतात, त्यांचे तापमान वाढते. परिणामी, पूर्वेकडील बर्फ वितळून तेथील गवताची कुरणे खुली होतात.

वृष्टीची रूपे व प्रकार (Forms and Types of Precipitation)

वृष्टी ही व्यापक संकल्पना आहे. वातावरणातील बाष्प पृथ्वीच्या पृष्ठभागावर किंवा आकाशात दृश्यमान होण्याच्या क्रियेला वृष्टी असे म्हणतात, तर काही तज्ज्ञांच्या मते जेव्हा वातावरणातील बाष्प घनरूपात किंवा द्रवरूपात भूपृष्ठावर येते. तेव्हा त्यास वृष्टी असे म्हणतात. वृष्टी दंव, दहिवर, धुके, हिम, गारा, स्लीट, ढंग व पर्जन्य अशा विविध स्वरूपात होते.

(1) दंव (Dew) : उष्णतेचे उत्सर्जन झाले म्हणजे पदार्थ थंड होतात, विशेषतः हिवाळ्यात रात्रिमान मोठे असते. पहाटेच्या वेळी गवताची पाती, लोखंडी वस्तू, झाडांची पाने, दगड किंवा जमिनीवर पाण्याचे थेंब किंवा जलकण दिसतात या थेंबांना दंव असे म्हणतात. वरील प्रकारची परिस्थिती हिवाळ्यात निर्माण होते. जमिनीलगतच्या पाण्यापासून व वनस्पतींच्या बाष्पोत्सर्जनामुळे दंव तयार होते. दंव हे पिकांसाठी उपयुक्त असते.

- (2) दहिवर (Frost): दंवाची निर्मिती झाल्यानंतर तापमान जर गोठणबिंदूच्या खाली गेले तर दंवबिंदूचे रूपांतर हिमकणात होते. यालाच दहिवर (Frost) असे म्हणतात. दहिवर हे पिकांसाठी हानिकारक असते. निरभ्र आकाश, जास्त सापेक्ष आर्द्रता, शांत हवा, मोठे रात्रिमान, उष्णतेचे जलद उत्सर्जन, गोठणबिंदूखालील तापमान या बाबी दहिवर निर्माण होण्यास पोषक असतात.
- (3) धुके (Fog): हिवाळ्यात रात्र मोठी असल्यामुळे उष्णतेचे उत्सर्जन जास्त होते. भूपृष्ठ अधिक प्रमाणात थंड होते. त्यामुळे भूपृष्ठालगतचा वातावरणाचा थरही थंड होतो. परिणामी, भूपृष्ठालगतच्या बाष्पाचे सांद्रीभवन होते व सूक्ष्म जलकण हवेत तरंगू लागतात यालाच 'धुके' असे म्हणतात. धुके म्हणजेच भूपृष्ठालगतचे ढग होय. धुक्यामुळे वातावरणाची दृश्यता कमी होते. दृश्यतेनुसार धुक्याचे दाट धुके (Fog), विरळ धुके (Mist) व हलके धुके (Haze) असे प्रकार आहेत. शहरी भागांमध्ये मोठ्या प्रमाणावर प्रदूषण झालेले असून जर अशा प्रदूषित धूरयुक्त शहरात धुके पडले तर त्याचे धूर व धुके मिळून धुरके (Smog) निर्माण होतात. जे अत्यंत हानिकारक असतात. धुरक्यांमुळे जीवित हानी होऊ शकते. अलीकडे उत्तर भारतीय शहरांमध्ये विशेषतः दिल्लीमध्ये धुरक्यांची निर्मिती होऊ लागली आहे. धुकें हा वृष्टीचा प्रकार कमी महत्त्वाचा असला तरी तो सर्वात जास्त अपायकारक व हानिकारक मानला जातो. पिकांच्या वाढीसाठी धुके अपायकारक आहे. समय काट धुक्यामुळे रस्ते वाहतूक, रेल्वे वाहतूक व विमान सेवा विस्कळीत होऊ शकते. कधी अपघातही घडतात.
- (4) हिम (Snow) : हिम हा वृष्टीचा प्रमुख प्रकार आहे. याला हिमवृष्टी असेही म्हणतात. हवेतील बाष्पाचे सांद्रीभवन सुरु झाल्यावर ती हवा जेव्हा अति उंचावर जाते. तेव्हा तापमान गोठणबिंदूपेक्षा कमी होते व जलकणाचे रूपांतर हिमकणात होते. अनेक लहान हिमकण एकत्र येऊन त्यांच्यापासून मोठा हिमकण तयार होतो. हा मोठा हिमकण बातावरणात तरंगू शकत नाही, तो गुरुत्वाकर्षणामुळे भूपृष्ठावर येतो यालाच हिमवृष्टी असे म्हणतात. हिमवृष्टी ही पिंजलेल्या कापासाप्रमाणे दिसते. उंच पर्वतीय प्रदेशात प्रामुख्याने हिमवृष्टी होते.
- (5) गारा (Hail): गारा हे वृष्टीचे अत्यंत हानिकारक रूप आहे. उर्ध्वगामी हवेच्या जोरदार प्रवाहामुळे पावसाचे थेंब अतिउंच फेकले जातात. तेथे कमी तापमानामुळे घनीभवनाच्या प्रक्रियेतून त्यांचे हिमकणात रूपांतर होते. असे हिमकण एकत्र येऊन हिमखडे बनतात. ते वातावरणात तरंगू शकत नाहीत. ते पावसाबरोबर भूपृष्ठावर येतात त्यास गारा किंवा गारांचा पाऊस असे म्हणतात. गारांचा वर्षाव फळबागा, पिके, जनावरे व मानवासाठी फारच हानिकारक आहे.
- (6) स्लीट (Sleet): पाऊस व हिमवर्षा यांच्या एकत्रित वृष्टीस स्लीट असे म्हणतात. बऱ्याच वेळेस पाऊस पडत असताना जलकण प्रथम थिजतात नंतर ते वितळतात. मध्य कटिबंधाच्या वरच्या पट्ट्यात स्लीट स्वरूपात वृष्टी होते.

(7) राईम (Rime): काही प्रसंगी धुक्यातील जलकण झाडांची पाने, तारायंत्राचे खांब यावर जमा होतात व त्या वस्तूचे तापमान शून्याखाली असल्यास त्यावर गोठतात. या गोठलेल्या जलकणांना राईम असे म्हणतात. ते गोठत असताना त्यात हवेचा अंश राहिल्यास ते पांढरट रंगाचे दिसतात.

(8) ढग किंवा मेघ (Clouds): वातावरणातील हवेचे तापमान कमी झाले की हवेची सापेक्ष आर्द्रता वाढत जाते. हवा बाष्प संपृक्त होते. सापेक्ष आर्द्रता 100% झाली म्हणजे सांद्रीभवनाची क्रिया होऊन मेघांची निर्मिती होते. थोडक्यात, अति उंचीवरील धुके म्हणजेच ढग होय असे म्हणता येईल. हवेचे उर्ध्वगामी प्रवाह ढगनिर्मितीत महत्त्वाची भूमिका बजावतात. सर्व ढग एकसारखे असत नाहीत. काही ढग तंतुमय, दोऱ्यासारखे, ढिगांचे, स्तरांचे, पसरट, उभ्या आकाराचे, लहान तसेच अवाढव्य आकाराचे असतात. त्यांना वेगवेगळ्या रंगछटा असतात. उदा., पांढरे, सोनेरी, निळे, तांबडे, काळे इत्यादी, काही एकदम भूपृष्ठाजवळ तर काही अति उंचीवर आढळतात. आंतरराष्ट्रीय मोसम विज्ञान परिषदेने

International Metrological Council) यांनी 1890 मध्ये ढगांचे वर्गीकरण केले ते पुढीलप्रमाणे –

अ) **अति उंचीवरील मेघ (High Altitude Cloudes)** : हे ढग 6 ते 12 कि.मी. उंचीवर तयार होतात. या गटात पुढील प्रमुख ढगांचा समावेश होतो.

- i. सिरस मेघ तंतुमय ढग (Cirrus Clouds) पिंजलेल्या कापसाप्रमाणे विसणारे हे ढग अति उंचीवर आढळतात. यांची निर्मिती हिमकणांपासून झालेली असते. यांच्यातून सूर्यप्रकाश आरपार जात असल्यामुळे त्यांची सावली खाली पडत नाही.
- ii. सिरोक्युमुलस मेघ/तंतुराशी (Cirro-Cumulus Clouds): आकाशात सर्वेक्ष पसरलेल्या व घुमटाकार आणि उर्मी चिन्हासारख्या दिसणाऱ्या ढगांना सिरोक्युमुलसी असे म्हणतात. या ढगांचे थर पातळ असतात यामुळे सूर्यकिरणे अडत नाहीत. परिणामी, य ढगांची सावली पडत नाही.
- iii. सिरो स्ट्रॅटस ढग/तंतुस्तर ढग (Cirro Stratus Clouds) : स्ट्रॅटस हा लॉटर शब्द असून याचा अर्थ स्तर किंवा पत्रा असा होतो. म्हणून संपूर्ण आकाशात स्तराच्या रूपात दुधाळ रंग प्राप्त झालेले जे ढग दिसतात त्या ढगांना सिरोस्ट्रॅटस ढग असे म्हणतात. हे ढग पातळ असतात त्यामुळे त्यांची सावली पडत नाही. या ढगांमुळे चंद्र व सूर्याभोवनी खळे दिसते. अवकाशात हे ढग असणे म्हणजे वादळ येण्याचे ते निदर्शक असतात,

(ब) **मध्यम उंचीवरील ढग (Medium hight Clouds)**: जे ढग वातावरणात भूपृष्ठापासून 2 ते 6 किलोमीटर उंचीवर आढळतात अशा ढगांना मध्यम उंचीवरील ढग असे म्हणतात, मध्यम उंचीवरील ढगांचे दोन उपप्रकार आहेत.

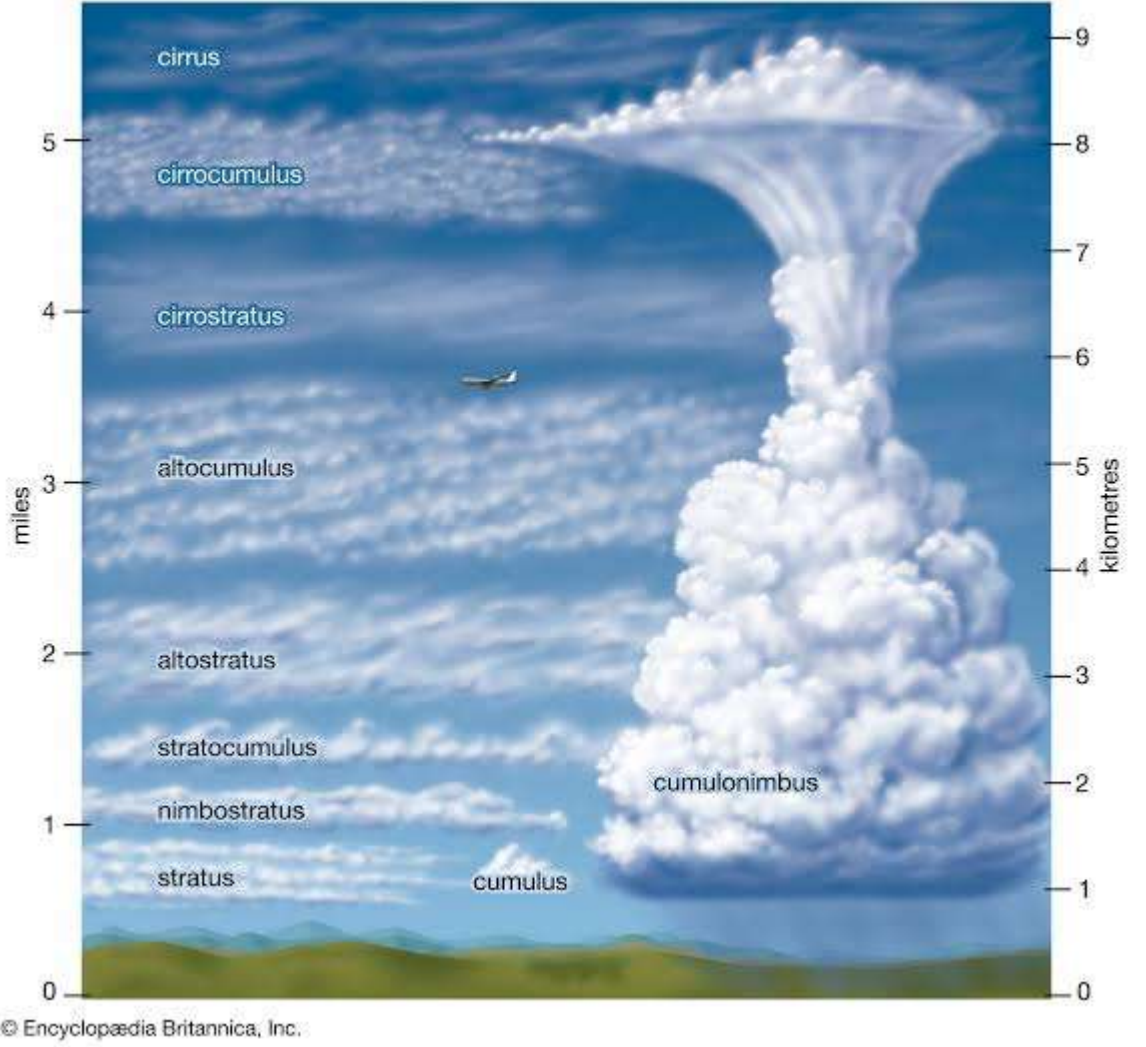
- (i) आल्टो क्युमुलस ढग / विरलराशी ढग (Alto Cumulus Clouds): निरनिराळ्या थरांनी एका रांगेत लाटेप्रमाणे असणाऱ्या मध्यम उंचीवरील ढगांना आल्टो क्युमुलस ढग म्हणतात. हे ढग करड्या व काळ्या रंगाचे असतात. यामुळे यांची सावली पडते. या ढगांमुळे हलका पाऊस पडतो. क्वचित प्रसंगी बर्फही पडतो.
- (ii) आल्टो स्ट्रॅटस/विरल स्तर ढग (Alto Stratus Clouds): राखाडी, करड्या व निळसर रंगाचे, तंतूसारखी रचना असणाऱ्या दाट ढगांना आल्टो स्ट्रॅटस ढग असे म्हणतात. ते ढग आकाशाचा बराचसा भाग व्यापतात. या ढगांमुळे चंद्र व सूर्य काही प्रमाणात झाकले जातात. या ढगांमधून हलक्या स्वरूपाचा पाऊस पडतो तर कधी-कधी हिमवृष्टीही होते.

क)कमी उंचीवरील ढग (Low hight Clouds): जे ढग साधारणपणे भूपृष्ठापासून 2 कि.मी. उंचीवर आढळतात. अशा ढगांना कमी उंचीवरील ढग असे म्हणतात. कमी उंचीवरील ढगांचे तीन उपप्रकार आहेत.

- i. स्ट्रेटो क्युमुलस ढग / स्तरराशी ढग (Strato Cumulus) : अवाढव्य गोल आकाराच्या राखाडी रंगाच्या ढगांना स्ट्रेटो क्युमुलस ढग असे म्हणतात. हे ढग नेहमी व्यवस्थित रचल्यासारखे वाटतात. यांच्यामुळे पर्जन्यवृष्टी होते. कधी-कधी हिमवृष्टीही या ढगांमुळे होते.
- ii. स्ट्रॅटस ढग/स्तर मेघ (Stratus Clouds): भूपृष्ठापासून कमी उंचीवर असणाऱ्या अनेक थरांनी तयार झालेल्या ढगांना स्ट्रेटस ढग असे म्हणतात, यात मेघांची रचना सगळीकडे सारखी दिसते. हे ढग धुक्यासारखे दिसतात. याचा रंग करडा असतो. हे ढग प्रामुख्याने 450 मीटर उंचीवर आढळतात. या बगामुळे हलक्या स्वरूपाचा पाऊस पडतो.
- iii. निम्बो स्ट्रॅटस ढग/जलस्तर ढग (Nimbo Stratus Clouds) : अतिशय वाट, बेब आकाराचे व भूपृष्ठाजवळ आढळणाऱ्या ढगांना निम्बो स्ट्रॅटस ढग असे म्हणतात हे कुन काळया रंगाचे असतात. त्यांच्यापासून भरपूर पाऊस पडतो. या ढगांमुळे सूर्यकिरणे अडविले जाऊन काळोख पसरतो.

ड) उभ्या विस्ताराचे ढग (Vertical Clouds): ज्या ढगांचा विस्तार उभ्या स्वरूपाचा असतो अशा ढगांना उभ्या विस्ताराचे ढग असे म्हणतात, यांची उंची अर्धा किलोमीटरपासून सुमारे 10 किलोमीटरपर्यंत असते. या ढगांचे दोन उपप्रकार आहेत.

- (i) क्युमुलस ढग/पुंज ढग (Cumulus Clouds) : उभ्या आकाराचे, जास्त जाडीचे दाट व वरील बाजूला घुमटाकृती असणाऱ्या ढगांना क्युमुलस ढग असे म्हणतात. हे ढग उभ्या आकाराचे असतात. त्यांची रचना फुलकोबी किंवा फ्लॉवर सारखी दिसते. या ढगांपासून पाऊस पडतो.



- (ii) क्युमुलोनिम्बस ढग/पुंजवर्षा ढग (Cumulonimbus Clouds): हे खूप मोठे, काळेकुट्ट द अतिशय दाट ढग आहेत. यांचा आकार ऐरणीप्रमाणे असतो. यांच्यापासून खूप पाऊस पडतो. पाऊस पडताना मेघ गर्जना व विजांचा लखलखाट होतो. पावसाबरोबर गारांचा वर्षावही होतो.

वरील प्रमुख प्रकारांप्रमाणेच इ.स. 1803 मध्ये प्रथम हॉवर्ड या शास्त्रज्ञाने ढगांचे वर्गीकरण केले होते

(10) पाऊस (Rain Fall): वातावरणातील बाष्पाचे सांद्रीभवन होऊन त्याची द्रव-स्थितीत भूपृष्ठावर वृष्टी होते. तेव्हा त्यास पाऊस असे म्हणतात. पाऊस हा वृष्टीचा प्रकार निर्मितीसाठी विशिष्ट परिस्थिती आवश्यक असते. हवेत सूक्ष्म जलकण व हिमकण धूलिकणांवर सूक्ष्म जीवजंतूवर किंवा हवेतील इतर घटकांवर तरंगत असतात. हवेचे ऊर्ध्वगामी संचलन सुरु झाले म्हणजे बाष्पयुक्त हवा वर जाते. उंचीनुसार तापमान कमी झाल्यामुळे हवेची बाष्पसंपृक्तता वाढते. बाष्पकणांचे रूपांतर सूक्ष्म जलकणात व हिमकणांत होते. हे जलकण एकमेकांना चिकटतात. तेव्हा त्यापासून जलबिंदू तयार होतो. जेव्हा या जलबिंदूचा आकार 0.5 मिलिमीटर पेक्षा जास्त होतो तेव्हा तो हवेत तरंगू शकत नाही. गुरुत्वाकर्षणाने तो भूपृष्ठाकडे पावसाच्या रूपात येतो. एका समान प्रक्रियेने पर्जन्याची निर्मिती होते. बाष्पयुक्त हवा

वातावरणात उंच जाते व थंड होते. ती हवा बाष्पसंपृक्त बनते व सांद्रीभवन क्रिया घडून येते. बाष्पाचे रूपांतर जलकणात होते किंवा हिमकणात होते व पर्जन्य भूपृष्ठावर अवतरतो.

पर्जन्याचे मोजमाप मिलिमीटर, सेंटिमीटर किंवा इंचात करतात, पर्जन्याच्या मोजमापासाठी 'पर्जन्य मापन' (Rain Gauge) हे उपकरण वापरतात. एखाद्या प्रदेशातील समान पर्जन्य असलेली ठिकाणे जोडणारी रेषा 'समपर्जन्य रेषा' (Isohyte) म्हणून ओळखली जाते. या रेषेच्या साहाय्याने पर्जन्याचे वितरण दाखविता येते.

पाऊस पडण्यासाठी हवेत भरपूर बाष्प असावे लागते. तसेच बाष्पयुक्त हवेचे तापमान पुरेसे कमी झाले तरच पाऊस पडतो. वातावरणात हवा ज्या पद्धतीने उर्ध्वगमन करते व ज्या पद्धतीने तिचे सांद्रीभवन होते त्यावरून पावसाचे पुढील प्रकार केले जातात.

अ) आरोह किंवा अभिसरण पर्जन्य (Convective Rainfall) :

सूर्यापासून मिळालेल्या सौरऊर्जेमुळे भूपृष्ठ तापते. परिणामी, भूपृष्ठावरील हवादेखील तापते, ही हवा प्रसरण पावते, तिचे वजन कमी होते व वातावरणात तिचे ऊर्ध्वगमन सुरु होते. वातावरणात वर गेलेल्या हवेची जागा भरून काढण्यासाठी आजूबाजूची हवा तेथे येते. पुन्हा ही हवा तापली जाते व तिचे ऊर्ध्वगमन होते. अशा प्रकारे हवेचे ऊर्ध्वगामी प्रवाह सुरु होतात. यांना 'अभिसरण प्रवाह' (Convective Currents) असे म्हणतात. ऊर्ध्वगमन करणारी हवा बाष्पयुक्त असेल तर ती बाष्पसंपृक्त बनते. बाष्पसंपृक्त हवेची सापेक्ष आर्द्रता 100% बनते. याच हवेचे तापमान आणखी कमी झाल्यास सांद्रीभवनाची क्रिया घडून येते. ढगांची निर्मिती होते. जलकणाची निर्मिती होऊन पावसाला सुरुवात होते. यालाच 'अभिसरण' किंवा 'आरोह' पर्जन्य असे म्हणतात. आरोह पर्जन्याची निर्मिती जोरदार अभिसरण प्रवाहांमुळे होत असते. विषुववृत्तीय देशामध्ये म्हणजेच 5° उ. ते 5° द. अक्षांशांच्या दरम्यान दररोज दुपारनंतर ढगांचा गडगडाट व विजांच्या चमचमाटासह हा पाऊस पडतो, हा पाऊस कमी विस्ताराच्या प्रदेशांमध्ये पडत असला तरी तो कमी कालावधीत परंतु प्रचंड प्रमाणात असतो. क्युमुलोनिंबस ढगांपासून पडणारा हा पाऊस शेतीसाठी उपयुक्त नसतो. या पावसामुळे जमिनीची धूप मोठ्या प्रमाणात होते. कमी वेळेत परंतु जोरदार पावसाचे सर्व पाणी वाहून जाते ते भूगर्भात मुरत नाही.

ब) प्रतिरोध पर्जन्य (Orographic Rainfall) :

सागराकडून भूभागाकडे वाहणाऱ्या बाष्पयुक्त वाऱ्यांच्या मार्गात डोंगररांग, पर्वत किंवा उंच पठार आल्यास वाऱ्यांना विरोध किंवा प्रतिरोध होतो. हे वारे डोंगर किंवा पर्वतांचा अडथळा ओलांडून पुढे वाहण्याचा प्रयत्न करतात व पर्वताच्या पायथ्याकडून माथ्याकडे वेगाने वर सरकतात. उंचीनुसार तापमान कमी होते. तापमान कमी झाल्यामुळे बाष्पयुक्त हवेची सापेक्ष आर्द्रता वाढते. सापेक्ष आर्द्रता 100% झाली म्हणजे सांद्रीभवनाची क्रिया सुरु होऊन ढगांची निर्मिती होते. ढंग वर सरकतात व पर्वतांच्या वातसन्मुख उतारांवर (Windward Slope) व पर्वत माथ्यांवर जोरदार पर्जन्य वृष्टी होते. यालाच प्रतिरोध पर्जन्य असे म्हणतात. भारताच्या पश्चिम किनारपट्टीवर कोकणात मोसमी वाऱ्यांपासून अशा स्वरूपाचा भरपूर प्रमाणात प्रतिरोध पर्जन्य पडतो. पर्वतरांग ओलांडल्यानंतर पर्वताच्या विरुद्ध बाजूवरून किंवा वातविन्मुख उतारावरून (Leeward Slope) हे वारे खाली उतरू लागतात. या वाऱ्यातील बाष्प संपलेले असते तसेच उतारावरून खाली उतरताना या वाऱ्याचे तापमान वाढू लागते. त्यामुळे त्यांची बाष्प- धारण शक्ती वाढते. परिणामी, वातविन्मुख उतारावर पाऊस पडत नाही व या प्रदेशात 'पर्जन्य छायेच्या प्रदेशाची' (Rain Shadow Area) निर्मिती होते.

हा प्रदेश कायम दुष्काळी प्रदेश म्हणून ओळखला जातो. पश्चिम महाराष्ट्रात सह्याद्रीच्या पूर्वेकडील भागात असाच पर्जन्य छायेचा प्रदेश निर्माण झाला आहे.

क)आवर्त पर्जन्य (Cyclonic Rainfall) :

चक्रीवादळ किंवा आवर्त वाऱ्यांपासून पडणाऱ्या पावसाला 'आवर्त पर्जन्य' (Cyclonic Rainfall) असे म्हणतात. स्थानिक तापमानातील कमी-अधिकपणामुळे भूपृष्ठावर विषम वायुभार स्थिती निर्माण होते. यामुळे एखाद्या ठिकाणी मध्यवर्ती भागात कमी दाबाचे केंद्र तयार होते व आजूबाजूला मात्र जास्त दाबाचे केंद्र असते. यामुळे सभोवतालच्या जास्त दाबाच्या प्रदेशाकडून मध्यवर्ती कमी दाबाच्या केंद्राकडे वारे वाहतात. चक्राकार दिशेत व प्रचंड वेगाने फिरणारे हे वारे वातावरणात ऊर्ध्वगमन करतात. बाष्पयुक्त असलेले हे वारे वर गेल्यावर थंड होतात. त्यांची सापेक्ष आर्द्रता 100% होते. म्हणजेच हवा बाष्पसंपृक्त बनते, सांद्रीभवन क्रिया सुरु होते, ढग निर्माण होतात व शेवटी पाऊस पडतो. ही क्रिया अत्यंत वेगाने होते. आवर्त पर्जन्याचे दोन प्रकार आहेत. यात उष्ण कटिबंधीय आवर्त व समशितोष्ण कटिबंधीय आवर्त पर्जन्य, उष्णकटिबंधीय आवर्त हे वादळी वारे असतात. केंद्रभागी व ऊर्ध्वगामी दिशेने हे वारे जोरदार वाहतात. हे वारे उंच गेल्यावर थंड होतात व विजांच्या चमचमाटात तसेच ढगांच्या गडगडाटासह जोरदार पाऊस देतात. चक्रीवादळी आवर्त पावसामुळे महापूर येतात व मोठ्या प्रमाणात जीवित व वित्त हानी होते. मान्सूनपूर्व व मान्सूनोत्तर काळात भारताच्या पूर्व व पश्चिम किनारी प्रदेशात बंगालच्या उपसागरात व अरबी समुद्रात ही वादळे कायम निर्माण होतात. समशितोष्ण कटिबंधीय आवर्तामध्ये दोन मिन्न गुणधर्मांच्या उष्ण व शीत वायुराशी विषुववृत्तीय व ध्रुवीय प्रदेशातून मध्य कटिबंधात एकत्र येतात. या वायुराशी एकमेकाती ओलांडण्याचा प्रयत्न करतात. थंड वायुराशी जड असल्यामुळे भूपृष्ठागत असतात तर उष्ण वायुराशी थंड वायुराशीवर आरूढ होतात. उष्ण वायुराशी उंच गेल्यामुळे थंड होते व या वायुराशीत बाष्प असल्यास सांद्रीभवन होऊन पाऊस पडतो. ही वादळे उष्णकटिबंधीय आवर्तपेक्षा सौम्य असतात या आवर्तामुळे पडणारा पाऊस शांत व रिमझिम स्वरूपाचा तसेच जास्त विस्तृत प्रदेशात पडतो. खंडाच्या पश्चिम भागात मध्य कटिबंधात बहुधा हिवाळ्यात हा पाऊस पडतो.