ഭൂവിജ്ഞാനീയം

XI

കേരള സർക്കാർ
പൊതുവിദ്യാഭ്യാസ വകുപ്പ്

തയ്യാറാക്കിയത്

സംസ്ഥാന വിദ്യാഭ്യാസ ഗവേഷണ പരിശീലന സമിതി, കേരളം

2019

ദേശീയഗാനം

ജനഗണമന അധിനായക ജയഹേ
ഭാരത ഭാഗ്യവിധാതാ,
പഞ്ചാബസിന്ധു ഗുജറാത്ത മറാഠാ
ദ്രാവിഡ ഉത്ക്കല ബംഗാ,
വിന്ധ്യഹിമാചല യമുനാഗംഗാ,
ഉച്ഛല ജലധിതരംഗാ,
തവശുഭനാമേ ജാഗേ,
തവശുഭ ആശിഷ മാഗേ,
ഗാഹേ തവ ജയ ഗാഥാ
ജനഗണമംഗലദായക ജയഹേ
ഭാരത ഭാഗ്യവിധാതാ,
ജയഹേ, ജയഹേ, ജയഹേ,
ജയ ജയ ജയ ജയഹേ!

പ്രതിജ്ഞ

ഇന്ത്യ എന്റെ രാജ്യമാണ്. എല്ലാ ഇന്ത്യക്കാരും എന്റെ സഹോദരീസഹോദരന്മാരാണ്.

ഞാൻ എന്റെ രാജ്യത്തെ സ്നേഹിക്കുന്നു; സമ്പൂർണവും വൈവിധ്യപൂർണവുമായ അതിന്റെ പാരമ്പര്യത്തിൽ ഞാൻ അഭിമാനംകൊള്ളുന്നു.

ഞാൻ എന്റെ മാതാപിതാക്കളെയും ഗുരുക്കന്മാരെയും മുതിർന്നവരെയും ബഹുമാനിക്കും.

ഞാൻ എന്റെ രാജ്യത്തിന്റെയും എന്റെ നാട്ടുകാരുടെയും ക്ഷേമത്തിനും ഐശ്വര്യത്തിനും വേണ്ടി പ്രയത്നിക്കും.

Prepared by :
State Council of Educational Research and Training (SCERT)
Poojappura, Thiruvananthapuram - 695012, Kerala.

Website : www.scertkerala.gov.in *e-mail* : scertkerala@gmail.com
Phone : 0471 - 2341883, Fax : 0471 - 2341869
Typesetting and Layout : SCERT
© Department of General Education, Government of Kerala
To be printed in quality paper - 80gsm map litho (snow-white)

ആമുഖം

ഏതു വിജ്ഞാനവും മാതൃഭാഷയിൽ പഠിക്കാനും പ്രകാശനം ചെയ്യാനും സാധിക്കും. അതിനുള്ള അവസരം പഠിതാക്കൾക്ക് ഒരുക്കേണ്ടത്, ഏതൊരു പഠന സമ്പ്രദായത്തിന്റെയും അനിവാര്യതയാണ്. അതിന്റെ തുടക്കമെന്ന നിലയ്ക്കാണ് ഹയർസെക്കന്ററി തലത്തിൽ ഭാഷേതര വിഷയങ്ങളിലെ പാഠപുസ്തകങ്ങൾ മലയാളത്തിൽ പ്രസിദ്ധീകരിക്കുന്നത്.

മാതൃഭാഷയിലൂടെയുള്ള വിദ്യാഭ്യാസം, ജ്ഞാനസമ്പാദനത്തിനുള്ള സുഗമമാർഗം എന്നതിനോടൊപ്പം സാംസ്കാരികത്തനിമയുടെ തിരിച്ചറിയൽ കൂടിയാണ്. അതുകൊണ്ടാണ് വികസിതരാജ്യങ്ങൾ മാതൃഭാഷയെ മുഖ്യബോധന മാധ്യമമായി സ്വീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഇന്ത്യയിലാകട്ടെ, ദേശീയതലത്തിലുള്ള പ്രധാന പരീക്ഷകളെല്ലാം പ്രാദേശിക ഭാഷകളിൽക്കൂടി നടത്തുന്നതിനുള്ള സംവിധാനവും ഉണ്ടായി വരികയാണ്. ഈയൊരു സാഹചര്യത്തിൽ നമ്മുടെ കുട്ടികളും മാതൃഭാഷയുടെ ശക്തിസൗന്ദര്യങ്ങൾ തിരിച്ചറിഞ്ഞ് വിവിധ വിഷയങ്ങളിൽ ജ്ഞാനനിർമിതിയിൽ ഏർപ്പെടേണ്ടതുണ്ട്. അതിന് അവരെ സജ്ജരാക്കുകയാണ് ഈ പാഠപുസ്തകങ്ങളുടെ മുഖ്യലക്ഷ്യം.

പരിഭാഷപ്പെടുത്തിയ പുസ്തകങ്ങളിൽ അതത് വിഷയങ്ങളിലെ സാങ്കേതിക പദങ്ങൾ പരമാവധി മലയാളത്തിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. നമ്മുടെ ഭാഷയിൽ ചിരപരിചിതമായ ഇംഗ്ലീഷ് പദങ്ങളെ അതേപടി സ്വീകരിച്ചിട്ടുമുണ്ട്. വിവർത്തനത്തിന് തീർത്തും വഴങ്ങാത്ത പദങ്ങളെ അതേരീതിയിൽ തന്നെ ഉപയോഗിച്ചിരിക്കുന്നു. മാതൃഭാഷയിൽ പഠിക്കുന്നവർക്ക് ആശയഗ്രഹണം സുഗമമാക്കുന്ന വിധത്തിലാണ് പാഠപുസ്തകരചന നടത്തിയിരിക്കുന്നത്. അതോടൊപ്പം മലയാളഭാഷയുടെ വളർച്ചയ്ക്കും ഈ പ്രവർത്തനം സഹായകമാകുമെന്ന് കരുതുന്നു.

പാഠപുസ്തകവിവർത്തന രംഗത്ത് നമ്മുടെ രാജ്യത്ത് നടന്ന വലിയൊരു കാൽവെപ്പാണ് ഇത്. പ്രഥമ സംരംഭമെന്നനിലയിൽ പല പരിമിതികളും പരിഭാഷയിൽ വന്നിട്ടുണ്ടാകാം. ക്ലാസ്മുറിയിൽ പ്രയോഗത്തിൽ വരുമ്പോഴാണ് അവയെല്ലാം കൂടുതൽ ബോധ്യപ്പെടുക. തുടർന്ന് വരുന്ന ഘട്ടങ്ങളിൽ അവയൊക്കെ പരിഹരിക്കുന്നതിന് എല്ലാ അഭ്യുദയകാംക്ഷികളിൽ നിന്നും വിശിഷ്ട അധ്യാപകർ, വിദ്യാർത്ഥികൾ എന്നിവരിൽ നിന്നും അഭിപ്രായങ്ങളും നിർദേശങ്ങളും പ്രതീക്ഷിക്കുന്നു.

ഡോ.ജെ. പ്രസാദ്

ഡയറക്ടർ,

എസ്.സി.ഇ.ആർ.ടി. കേരളം

പാഠപുസ്തക വികസന സമിതി

Lt. കൃഷ്ണകുമാർ പി.

എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി. മലമ്പുഴ എച്ച്.എസ്.എസ്. പാലക്കാട്

ഹംസ എൻ.

എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., എസ്.എസ്.എം., എച്ച്.എസ്. എസ്., വെള്ളമുണ്ട, വയനാട്.

രത്നാകരൻ കെ.

എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി. ഗവ.എച്ച്.എസ്.എസ്. ഉദുമ, കാസർകോഡ്

അബൂബക്കർ പി.

എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ഗവ. ജി. എച്ച്.എസ്. എസ്., പറയഞ്ചേരി, കോഴിക്കോട്.

മാർജി.എസ്

എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., പി.എൻ.പി.എം. ഗവ. എച്ച്. എസ്.എസ്., ചിറയിൻകീഴ്, തിരുവനന്തപുരം

തമ്പാൻ പി. വി.

എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ഇരിങ്ങന്നൂർ എച്ച്. എസ്.എസ്. കോഴിക്കോട്

എം.ജോയ് ജോസ് പോൾ

എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., സെന്റ് ജോസഫ് എച്ച്. എസ്.എസ്. തലശ്ശേരി, കണ്ണൂർ

രഞ്ജിത് റ്റി.ആർ

എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ഗവ. എച്ച്.എസ്.എസ്., ബേത്തൂർപാറ, കാസർകോഡ്

അമൃത.ബി.എസ്.

എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ഗവ. എച്ച്.എസ്.എസ്., ഇളമക്കര, എറണാകുളം

വിദഗ്ധർ

പ്രൊഫ. മോഹനകുമാർ. എസ്സ്
മുൻ ജിയോളജി വകുപ്പ് മേധാവി,
യൂണിവേഴ്സിറ്റി കോളേജ്, തിരുവനന്തപുരം.

ഡോ.ഗംഗാധർ കെ.
അസി. പ്രൊഫസർ, ഡിപ്പാർട്ട്മെന്റ് ഓഫ് ജിയോളജി, യൂണിവേഴ്സിറ്റി കോളേജ്, തിരുവനന്തപുരം

അക്കാദമിക് കോർഡിനേറ്റർ

ചിത്ര മാധവൻ
റിസർച്ച് ഓഫീസർ, എസ്.സി.ഇ.ആർ.ടി.

പാഠപുസ്തക വിവർത്തനം

ശില്പശാലയിൽ പങ്കെടുത്തവർ

പ്രൊഫ. മോഹനകുമാർ. എസ്സ്
മുൻ ജിയോളജി വകുപ്പ് മേധാവി,
യൂണിവേഴ്സിറ്റി കോളേജ്,
തിരുവനന്തപുരം.

ഡോ.സെയ്ദലവി.വി.
അസോസിയേറ്റ് പ്രൊഫസർ (ഭാഷാശാസ്ത്രം)
മലയാളസർവകലാശാല

അബൂബക്കർ പി.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ഗവ. ജി. എച്ച്.എസ്.എസ്.,
പറയഞ്ചേരി, കോഴിക്കോട്.

ഹംസ എൻ.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., എസ്.എസ്.എം,
എച്ച്.എസ്.എസ്., തെയ്യാലിംഗൽ, മലപ്പുറം.

പ്രദീപ് കുമാർ എം.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ഗവ.എച്ച്.എസ്.എസ്.,
കാടഞ്ചേരി, എടപ്പാൾ, മലപ്പുറം.

ഇ.വി. മനോജ്
അസിസ്റ്റന്റ് പ്രൊഫസർ, ജിയോളജി വകുപ്പ്,
യൂണിവേഴ്സിറ്റി കോളേജ്,
തിരുവനന്തപുരം.

രഞ്ജിത്ത് കുമാർ കെ.ബി.
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ഗവ.എച്ച്.എസ്.എസ്.
തൃക്കാവ്, പൊന്നാനി,
മലപ്പുറം.

രത്നാകരൻ കെ.
പ്രിൻസിപ്പാൾ, ഗവ.എച്ച്.എസ്.എസ്.
കുണ്ടംകുഴി,
കാസർകോഡ്

സജീവ് അരിക്കാട്ട്
എച്ച്.എസ്.എസ്.ടി., ഗവ. എച്ച്.എസ്.
എസ്.,പുല്ലൂറ്റ്, കൊടുങ്ങല്ലൂർ, തൃശൂർ.

അക്കാദമിക് കോർഡിനേറ്റർ

രോഷ്ണി രവീന്ദ്രൻ ജി.ആർ. റിസർച്ച് ഓഫീസർ, എസ്.സി.ഇ.ആർ.ടി.

ഉള്ളടക്കം

Z6W2X6

യൂണിറ്റ് 1	ഭൂവിജ്ഞാനീയം ഒരു വൈജ്ഞാനിക ശാസ്ത്രശാഖ	07
യൂണിറ്റ് 2	ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവവും ആന്തരികഘടനയും	22
യൂണിറ്റ് 3	ഭൗമപ്രക്രിയകൾ	63
യൂണിറ്റ് 4	ചരിവുതല പ്രക്രിയകൾ	93
യൂണിറ്റ് 5	ഭൂജലം	106
യൂണിറ്റ് 6	അരുവികൾ	125
യൂണിറ്റ് 7	കാറ്റ്	159
യൂണിറ്റ് 8	ഹിമാനികൾ	170
യൂണിറ്റ് 9	സമുദ്രങ്ങൾ	191
യൂണിറ്റ് 10	പർവ്വതങ്ങൾ	232
യൂണിറ്റ് 11	ചലനാത്മക ഭൂമി	238
യൂണിറ്റ് 12	ധാതുക്കൾ	269
	പദാവലി	
	റഫറൻസ്	

സൗകര്യത്തിനായി പാഠപുസ്തകത്തിൽ ഉപയോഗപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്ന ചില ചിഹ്നങ്ങൾ

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

സംഗ്രഹം

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1 ഭൂവിജ്ഞാനീയം ഒരു വൈജ്ഞാനിക ശാസ്ത്രശാഖ (GEOLOGY AS A DISCIPLINE)

P8W6B1

1.1 ആമുഖം

നാം അധിവസിക്കുന്ന ഭൂമി സൗരയൂഥത്തിലെ മറ്റുള്ള ഗ്രഹങ്ങളിൽ നിന്നും തികച്ചും വ്യത്യസ്തമായതും അനവധി സവിശേഷതകളുള്ളതുമാണ്. ഭൂമിയിൽ ജീവജാലങ്ങൾ നിലനിൽക്കുന്നതു തന്നെയാണ് ഏറ്റവും ശ്രദ്ധേയമായ സവിശേഷത. വളരെയേറെ ദൂരത്തിൽ നിന്നും ഭൂമിയെ നിരീക്ഷിക്കുമ്പോൾത്തന്നെ മേഘാവൃതമായ അന്തരീക്ഷവും നീലവർണമുള്ള മഹാസമുദ്രങ്ങളും നിറഞ്ഞ ഭൂമി സൗരയൂഥത്തിലെ മറ്റുള്ള ഗ്രഹങ്ങളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായ ഗ്രഹമാണെന്ന് ബോധ്യമാകും. ഒരുപക്ഷേ, വിശാലമായ പ്രപഞ്ചത്തിൽ ഇത്തരം സവിശേഷതകൾ പ്രകടമാക്കുന്ന മറ്റൊരു ഗ്രഹം നിലനിൽക്കുന്നുണ്ടാവില്ല. ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷമണ്ഡലത്തിനുമപ്പുറത്ത് നിന്നും ഈ ഗ്രഹത്തെ വീക്ഷിക്കുമ്പോൾ കാണപ്പെടുന്ന ഭൂമിയുടെ മനോഹാരിത കണ്ട് ശൂന്യാകാശ സഞ്ചാരികൾ അത്ഭുതസ്തബ്ധരായിട്ടുണ്ട്. ഇതു നമ്മുടെ ഗ്രഹമാണോ എന്നൊരു ചോദ്യം തന്നെ അവരറിയാതെ അവരുടെ മനസ്സിൽ ഓടിയെത്താറുണ്ട്. ഓരോ ദിവസവും മനുഷ്യൻ ചെയ്യുന്ന പ്രവൃത്തികൾ ഒരു തരത്തിലല്ലെങ്കിൽ മറ്റൊരു വിധത്തിൽ ഭൂമിയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടാണിരിക്കുന്നത്. ഭൂമിയിലെ കരയും, അന്തരീക്ഷവും, സസ്യജാലങ്ങളും, ജന്തുക്കളും മറ്റുമായി നമ്മുടെ ജീവിതം അഭേദ്യമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതായി കാണാൻ കഴിയും. നിത്യജീവിതത്തിൽ നാം വിനിയോഗിക്കുന്ന ഓരോ വസ്തുവും ഭൂമിയിൽ നിന്നാണ് നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്. കരയിൽ നിന്നോ, കടലിൽ നിന്നോ, സസ്യങ്ങളിൽ നിന്നോ, അതുമല്ലെങ്കിൽ ജന്തുക്കളിൽ നിന്നോ, നേരിട്ടോ അല്ലാതെയോ ലഭ്യമാകുന്ന വസ്തുക്കളാണ് നമ്മുടെ നിത്യജീവിതത്തിൽ നാം ഉപയോഗപ്പെടുത്തി വരുന്നത്. നാം കഴിക്കുന്ന ഭക്ഷണം, കുടിക്കുന്ന ജലം, ശ്വസിക്കുന്ന വായു, ധരിക്കുന്ന വസ്ത്രം, വിനിയോഗിക്കുന്ന വിവിധതരം ഊർജം, വീടുകളിലും ഓഫീസുകളിലും വേണ്ടതായ വൈവിധ്യമാർന്ന വസ്തുക്കൾ എന്നിവയെല്ലാം തന്നെ ഭൂമിയാണ് നമുക്ക് നൽകുന്നത്.

2025 ആകുമ്പോഴേക്കും ലോകജനസംഖ്യ ഏകദേശം 8 ശതകോടി (ബില്യൻ) ആയിത്തീരുമെന്നാണ് പഠനങ്ങൾ സൂചന നൽകുന്നത്. അത് യാഥാർഥ്യമാകുന്നപക്ഷം, മനുഷ്യരാശിയുടെ ഉന്നത ജീവിതനിലവാരത്തിന് ആവശ്യമായ ഭൗമവിഭവങ്ങൾ കണ്ടെത്തേണ്ടതായും തുടർച്ചയായി അവ കുഴിച്ചെടുക്കേണ്ടിയുമിരിക്കുന്നു. ഭൂമിയിലെ ഓരോ വ്യക്തിക്കും അവന്റെ വാസസ്ഥലമായ ഭൂമിയെന്ന ഗ്രഹത്തെക്കുറിച്ചും, ഭൗമപ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ചും, ഭൂമിയിലെ വിഭവശേഷിയെക്കുറിച്ചും പരിസ്ഥിതിയെക്കുറിച്ചുമുള്ള അവബോധം അനിവാര്യമാണെന്ന് സ്പഷ്ടമാണല്ലോ?

1.2. ഭൗമശാസ്ത്രം (Earth Science or Geoscience)

ഭൂമിയെക്കുറിച്ചുള്ള ശാസ്ത്രീയപഠനശാഖയാണ് ഭൗമശാസ്ത്രം. ഭൗമശാസ്ത്രത്തിന്റെ നാല് വ്യത്യസ്ത ശാഖകളാണ്.

1) ഭൂവിജ്ഞാനീയം (Geology)

2) അന്തരീക്ഷശാസ്ത്രം അഥവാ കാലാവസ്ഥാശാസ്ത്രം (Meteorology)

3) ജ്യോതിശാസ്ത്രം അഥവാ വാനശാസ്ത്രം (Astronomy)

4) സമുദ്രവിജ്ഞാനീയം (Oceanography) എന്നിവ. ഇവയിൽ വാനശാസ്ത്രത്തിൽ മാത്രമാണ് ഭൂമിക്ക് പുറത്തുള്ള മേഖലയിലെ വിഷയങ്ങളിലേക്ക് ഭൗമശാസ്ത്ര പഠനങ്ങൾ മുഖ്യമായും വ്യാപിച്ച് കാണപ്പെടുന്നത്.

ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിലാണ് (Geology) ഭൂമിയിലെ ശിലകളുടെ രാസഘടന, ഭൗമപ്രക്രിയകൾ (Earth processes), ഭൂമിയിൽ ഇന്നു കാണുന്നതും വംശനാശം സംഭവിച്ചതുമായ ജീവജാലങ്ങളുടെ ചരിത്രം, ഭൂമിയുടെ നീണ്ട ചരിത്രകാലത്ത് അവയ്ക്കുണ്ടായ പരിണാമം എന്നിവ മുഖ്യ പഠനവിഷയങ്ങളായി ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ളത്. ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ (fossil fuels), ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾ (mineral deposits) എന്നിവ ശാസ്ത്രീയ പര്യവേഷണങ്ങളിലൂടെ കണ്ടെത്തുന്നതും, വിവിധയിനം പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങളെക്കുറിച്ചും അവയുടെ സാധ്യതയെക്കുറിച്ചും നിവാരണത്തെക്കുറിച്ചും പ്രകൃതിയിലെ നൈസർഗികത സംരക്ഷിക്കുന്നതിനെക്കുറിച്ചുമുള്ള പഠനങ്ങൾ ഭൗമശാസ്ത്രശാഖയായ ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ മുഖ്യ ദൗത്യമായി പരിഗണിച്ചുപോരുന്നു.

ഭൂമിയെ ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്ന വായുമണ്ഡലം അഥവാ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ മേഖലകൾ, അവയുടെ സ്വഭാവം, ദിനാവസ്ഥ (weather), കാലാവസ്ഥ (climate), എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങളാണ് ഭൗമശാസ്ത്രശാഖയായ അന്തരീക്ഷശാസ്ത്രത്തിലെ മുഖ്യവിഷയങ്ങൾ. ഏതെല്ലാം തരത്തിൽ മനുഷ്യപ്രവർത്തനങ്ങൾ ഭൂമിയിലെ കാലാവസ്ഥയെ ആഗോളതലത്തിൽ വ്യതിയാനത്തിന് വിധേയമാക്കുന്നുവെന്നതും അന്തരീക്ഷമലിനീകരണവും അതിന്റെ വിഷയങ്ങളാണ്. ഭൂമിയിലെ കാലാവസ്ഥാ വ്യതിയാനം ആഗോളതലത്തിൽ ശാസ്ത്രരംഗത്ത് പ്രാമുഖ്യമുള്ള പഠനവിഷയമാണ്.

സമുദ്രവിജ്ഞാനീയമെന്ന ഭൗമശാസ്ത്രശാഖയിൽ സമുദ്രജലത്തിന്റെ ആഗോളതലത്തിലുള്ള പ്രവാഹങ്ങൾ (ocean currents), തിരമാലകളുടെ സവിശേഷതകളും ചലനങ്ങളും, വേലിയേറ്റത്തിന്റേയും വേലിയിറക്കത്തിന്റേയും (tides) സ്വഭാവം, സമുദ്രജലത്തിന്റെ രാസഘടന, സമുദ്രജീവികൾ, തുടങ്ങിയ പ്രമുഖ വിഷയങ്ങളാണ് പഠനവിഷയമാക്കുന്നത്. ഭൂമിയെ ഭാഗികമായി ആവരണം ചെയ്തു കാണപ്പെടുന്ന മഹാസമുദ്രങ്ങൾ പ്രധാനപ്പെട്ട ഭക്ഷ്യവിഭവങ്ങളുടേയും, ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളുടേയും, മറ്റും സമ്പുഷ്ടമായ കലവറയാണ്. പ്രാദേശികതലത്തിൽ കാലാവസ്ഥയിലും ദിനാവസ്ഥയിലും സമുദ്രങ്ങളുടെ സ്വാധീനവും സമുദ്രവിജ്ഞാനീയത്തിലെ ഒരു മുഖ്യപഠന വിഷയമാണ്.

നമ്മുടെ വിസ്തൃതവും അനന്തവുമായ പ്രപഞ്ചത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനമാണ് ജ്യോതിശാസ്ത്ര (വാനശാസ്ത്രം) ത്തിന്റെ മേഖല. സമുദ്രജലത്തിൽ ദൃശ്യമാകുന്ന വേലിയേറ്റ - വേലിയിറക്ക പ്രതിഭാസങ്ങളുടെ മുഖ്യകാരണം ചന്ദ്രന്റേയും സൂര്യന്റേയും ഗുരുത്വാകർഷണമാണ്. ഭൂമിയുടെ ദീർഘകാല ചരിത്രം പരിശോധിച്ചാൽ, ഉൽക്കാപാതം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിരവധി ഗർത്തങ്ങൾക്ക് കാരണമായിട്ടുള്ളതായി മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കും. സൂര്യനിൽ നിന്നും ഭൂമിയിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന ഊർജമാണ് ഭൂമിയിലെ ദിനാവസ്ഥയേയും കാലാവസ്ഥയേയും സ്വാധീനിക്കുന്ന പ്രമുഖഘടകം. ഈ വിഷയങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങളെല്ലാം വാനശാസ്ത്രമേഖലയിലാണ് ഉൾപ്പെടുന്നത്. ഭൂമിയുടെ പരിണാമചരിത്രത്തിലെ അജ്ഞാതകാലഘട്ടങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവ് ജ്യോതിശാസ്ത്രപഠനത്തിലൂടെ നമുക്ക് ലഭ്യമാകുന്നു. ഉത്ഭവം മുതൽ ഭൂമിയോളം മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകാത്ത മറ്റു ഗ്രഹങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങളിലൂടെയാണ് ഇത് സാധ്യമാകുന്നത്. ഇക്കാരണങ്ങളാൽ, ഭൂമിയെക്കുറിച്ചുള്ള സമഗ്രമായ ഒരു ശാസ്ത്രീയ അവബോധത്തിന് അടിസ്ഥാനപരമായി ജ്യോതിശാസ്ത്ര (വാനശാസ്ത്ര) അറിവുകൾ അനിവാര്യമാണ്. മാത്രവുമല്ല, ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിലെ ശിലകൾ പോലുള്ള ഭൗമദ്രവ്യങ്ങൾ, ഭൗമപ്രക്രിയകൾ, ഭൂമിയുടെ ചരിത്രം എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള കണ്ടെത്തലുകൾ, സൗരയൂഥത്തിലെ മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങൾക്ക് ജ്യോതിശാസ്ത്രകാരന്മാർ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നുണ്ടെന്നതും പ്രകൃതത്തിൽ എടുത്തു പറയേണ്ടിയിരിക്കുന്നു.

മുമ്പ് പരാമർശിച്ചവ കൂടാതെ, ഭൗമശാസ്ത്രത്തിൽ മറ്റ് പല ശാസ്ത്രശാഖകളും നിലവിലുണ്ടെന്നതുകൂടി പ്രസ്താവയോഗ്യമാണ്. ഭൂമിശാസ്ത്രം (Geography), പെഡോളജി (Pedology/Soil science), തുടങ്ങിയ ശാസ്ത്രശാഖകളിലെ പഠനവിഷയങ്ങൾ ഭൂമിയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് ചില പ്രത്യേക പരിഗണന നൽകി രൂപം കൊടുത്ത ശാസ്ത്രമേഖലകളാണ്. ശാസ്ത്രമേഖലയിലെ സമീപകാല വികാസങ്ങൾ പാരിസ്ഥിതിക ശാസ്ത്രം (Enviornmental Science) എന്ന നവീന ശാസ്ത്രശാഖയ്ക്ക് ജന്മം നൽകിയിട്ടുണ്ട്. ഇതിലെ പ്രമുഖഭാഗവും ഭൗമശാസ്ത്രമേഖലയുമായി അഭേദ്യമായി ബന്ധമുള്ള വിഷയങ്ങളാണ്. പരിസ്ഥിതി ശാസ്ത്രത്തിന്റെ ലക്ഷ്യവും ഉദ്ദേശ്യവും ഭൂമിയിലെ ജീവജാലങ്ങളെ അനുകൂലമായും പ്രതികൂലമായും ആഗോളതലത്തിലും പ്രാദേശികവുമായി ബാധിയ്ക്കുന്ന, പരിസ്ഥിതിയിൽ സംജാതമാകുന്ന, വ്യതിയാനങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള സമഗ്രമായ ശാസ്ത്രീയാന്വേഷണങ്ങളാണ്.

ഭൂമിയുടെ ശിലാപാളികളെ പഠനവിഷയമാക്കി, ഭൗമവ്യവസ്ഥ (Earth System) യുടെ പ്രവർത്തനം ഗഹനമായി മനസ്സിലാക്കുവാനും, ഭൂമി വർത്തമാനകാലത്ത് ദൃശ്യമാകുന്ന വിധത്തിൽ എപ്രകാരമാണ് പരിണമിച്ചതെന്നും ശാസ്ത്രീയമായി മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് ഭൗതികശാസ്ത്രം (Physics), രസതന്ത്രം (Chemistry), ജീവശാസ്ത്രം (Biology), ഗണിതശാസ്ത്രം (Mathematics), മുതലായ അടിസ്ഥാന ശാസ്ത്രശാഖകളിലെ കണ്ടെത്തലുകളും, ഗവേഷണരീതികളും ഭൗമശാസ്ത്രത്തിൽ യുക്തമായ രംഗങ്ങളിൽ സ്വീകരിച്ച് വരുന്നുണ്ട്. ഭൂമിയെ ആഗോളതലത്തിൽ ശാസ്ത്രീയവിശകലനത്തിന് വിഷയമാക്കുവാനും, പ്രാദേശികതലത്തിൽ സുസ്ഥിരവികസനത്തിന് സഹായിക്കുന്നതിനുമുപരിയായി, വ്യക്തി എന്ന നിലയിൽ നാം അഭിമുഖീകരിക്കുന്ന പ്രശ്ന

ങ്ങൾക്ക് ശാസ്ത്രാധിഷ്ഠിതവും യുക്തവുമായ തീരുമാനങ്ങൾ കൈക്കൊള്ളുവാനും ഭൗമശാസ്ത്രം നമ്മെ കരുത്തരാക്കുന്നു.

ഭൂമി എന്ന വ്യവസ്ഥ (system) എപ്രകാരമാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നതെന്ന അവബോധമുള്ള വ്യക്തികളെ, വീടുവയ്ക്കുവാൻ അനുയോജ്യവും സുരക്ഷിതവുമായ വാസസ്ഥലം കണ്ടെത്താനും, അത് വിലയ്ക്കു വാങ്ങുവാനും, അവിടെ വാസസ്ഥലം നിർമിക്കുവാനും, സ്വയമേവ കഴിവുള്ളവരാക്കുന്നു. അത്തരം വ്യക്തികളെ പ്രാദേശിക തലത്തിൽ ശുദ്ധജലലഭ്യത, നഗരാസൂത്രണം, നഗരവികസനം, ദേശീയ സുരക്ഷ, കാലാവസ്ഥാ വ്യതിയാനം, പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളുടെ ശാസ്ത്രീയമായ വിനിയോഗം എന്നിവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രശ്നങ്ങൾ യുക്തിപൂർവ്വം ചർച്ചചെയ്യുവാനും അനുബന്ധപ്രശ്നങ്ങൾക്ക് പരിഹാരമാർഗങ്ങൾ നിർദ്ദേശിക്കുവാനും കഴിവുറ്റവരാക്കിത്തീർക്കുന്നു.

മനുഷ്യനും ഭൂമിയുമായുള്ള സങ്കീർണ്ണമായ പരസ്പര ബന്ധത്തെക്കുറിച്ച് അവബോധമുള്ള ഒരു ജനസമൂഹം, ഭൗമശാസ്ത്രത്തിന്റെ സാമൂഹിക പ്രാധാന്യത്തെക്കുറിച്ച് ബോധവാന്മാരാകുന്നതിനുപരിയായി, വിദ്യാഭ്യാസത്തിന്റെ എല്ലാ തലങ്ങളിലും (പ്രാഥമിക - സെക്കണ്ടറി - ഉന്നത) അതിന്റെ പഠനത്തെ നിർബന്ധിതമാക്കും. നമുക്ക് ഭൂമിയെന്ന ഈ ഗ്രഹത്തിൽ ജീവിക്കുവാനും ഇതോടൊപ്പം സഹവസിക്കുവാനും, ഭൂമി ഏതു വിധം പ്രവർത്തനക്ഷമമാണെന്നും, അതിലെ പ്രമുഖ ഘടകങ്ങൾ എപ്രകാരമാണ് പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്, എന്നുമുള്ള അറിവ് അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. നാം നിവസിക്കുന്ന ഗ്രഹത്തെക്കുറിച്ച് യഥാർഥവും, വ്യക്തവും, ശാസ്ത്രീയവുമായ അറിവിന് ഭൗമശാസ്ത്രം സമാന സഹോദരശാസ്ത്രശാഖകളുമായി സഹകരിച്ചുകൊണ്ടുള്ള ശാസ്ത്രീയപഠനമെന്ന ഒരു സംയോജിത സമീപനമാണ് സ്വീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്. ഭൗമശാസ്ത്രപഠനം പഠിതാക്കളുടെ ക്രിയാത്മകവും നിരൂപണാത്മകവുമായ ചിന്താശേഷിയെ പോഷിപ്പിക്കുന്നുമുണ്ട്. കൂടാതെ ഈ ശാസ്ത്രശാഖയുടെ പഠനം പഠിതാക്കൾക്ക് ഭൂമിയെക്കുറിച്ച് ഒരു ചരിത്രപരമായ വീക്ഷണം പ്രദാനം ചെയ്യുന്നതോടൊപ്പംതന്നെ അതിന്റെ ഭാവിയെക്കുറിച്ചുള്ള പ്രവചനങ്ങൾ മുന്നോട്ടു വയ്ക്കുവാൻ കഴിവുറ്റവരാക്കിത്തീർക്കുവാനും സഹായിക്കുന്നു. വർത്തമാനകാലത്തും അനതിവിദൂരഭാവിയിലും നമ്മെ പ്രത്യക്ഷമായും പരോക്ഷമായും ബാധിക്കുന്ന ഭൗമപ്രക്രിയകൾ (earth process) പഠിക്കുന്നതിനായി, ഭൂതകാലത്ത് ഭൂമുഖത്ത് സംഭവിച്ച ഭൗമപ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ചുള്ള തെളിവുകൾ കണ്ടെത്താൻ ഭൗമശാസ്ത്രകാരന്മാർ ശ്രമിക്കാറുമുണ്ട്.

കുട്ടികൾക്കും മുതിർന്നവർക്കും കൗതുകകരവും പ്രയോജനമുള്ളതുമായ നിരവധി പ്രശ്നങ്ങൾ ഭൗമശാസ്ത്രം മുന്നോട്ടു വയ്ക്കാറുണ്ട്. എന്തുകൊണ്ടാണ് ഭൂചലനങ്ങൾ ഹിമാലയൻ പർവ്വത മേഖലയിൽ താരതമ്യേന കൂടുതലായി സംഭവിക്കുന്നത്? താജ്മഹലിലെ വെൺനിറമുള്ള ശിലകൾ വിനാശത്തിനും നിറപ്പകർച്ചയ്ക്കും വിധേയമായിത്തീരുവാനുള്ള കാരണമെന്താണ്? മൺസൂൺ കാലത്ത് പശ്ചിമഘട്ടത്തിലെ മലമ്പ്രദേശങ്ങളിൽ കൂടെക്കൂടെ സംഭവിക്കുന്ന ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ എന്ന പ്രകൃതിദുരന്തത്തിന് എന്താണ് കാരണം? എന്തുകൊണ്ടാണ് കേരളത്തിന്റെ കടലോരത്ത് ചിലയിടങ്ങളിൽ മാത്രം കടലാക്രമണം രൂക്ഷതയേറിയതായി കാണപ്പെടുന്നത്?, നമുക്ക് ഈ പ്രശ്നങ്ങൾക്ക് എന്താണ് സ്വീകാര്യമായ പരിഹാരമാർഗം? നദികളുടെ പ്രളയസമതലങ്ങൾ മനുഷ്യവാസയോഗ്യമല്ലാത്ത സ്ഥലങ്ങളായി പരിഗണിക്കുന്നത് എന്ത്

കാരണത്താലാണ്? നമ്മുടെ ദൈനംദിന ഉപയോഗത്തിനുള്ള ശുദ്ധജലം ഭൂമിയിൽ എവിടെനിന്നുമാണ് ലഭ്യമാക്കുവാൻ സാധ്യതയുള്ളത്?, പരിസ്ഥിതി സുരക്ഷയ്ക്കായി നമുക്ക് വ്യക്തിപരമായി എന്താണ് ചെയ്യുവാൻ കഴിയുക? തുടങ്ങിയവ ഉദാഹരണങ്ങളായി ചൂണ്ടിക്കാണിക്കാം.

ശാസ്ത്രീയ മാനദണ്ഡങ്ങൾക്കനുസൃതമായ സമീപനത്തോടടുത്തതെന്ന് പരിഗണിക്കാവുന്ന ഒരു വിദ്യാഭ്യാസപദ്ധതിക്ക്, അന്വേഷണാധിഷ്ഠിതമായ വിദ്യാഭ്യാസത്തിന് തികച്ചും അനുയോജ്യമായവയാണ് ഭൗമശാസ്ത്രരംഗത്ത് നാം അഭിമുഖീകരിക്കേണ്ടി വരുന്ന വിഷയങ്ങളും അനുബന്ധമായ പ്രശ്നങ്ങളും. കഴിഞ്ഞ നൂറ്റാണ്ടിൽതന്നെ വികസിതരാജ്യങ്ങളിലെ സ്കൂൾതലത്തിലെ വിദ്യാഭ്യാസം മുതൽ തന്നെ ഭൗമശാസ്ത്രത്തെ പാഠ്യപദ്ധതിയിൽ ഉൾക്കൊള്ളിച്ചിരുന്നു. വിദ്യാഭ്യാസ വിചക്ഷണന്മാർ ആഗോള തലത്തിൽ ശാസ്ത്രീയ പരിജ്ഞാനത്തെ (science literacy) നിർവചിക്കുന്ന അവസരങ്ങളിൽ എല്ലാംതന്നെ അവർ ഒരു ഭൗമശാസ്ത്ര - കേന്ദ്രീകൃത പാഠ്യപദ്ധതിയാണ് വിഭാവനം ചെയ്യുന്നത് എന്നു കാണാം. ആധുനികകാലത്ത് ഏതു രാജ്യത്തിലും ശാസ്ത്രപരിജ്ഞാനനയം നടപ്പിലാക്കുമ്പോൾ, മറ്റ് അടിസ്ഥാന ശാസ്ത്രശാഖകളായ ഭൗതികശാസ്ത്രം, രസതന്ത്രം, ജീവശാസ്ത്രം, ഗണിതശാസ്ത്രം, എന്നിവയ്ക്ക് സമാനമായ സ്ഥാനം ഭൗമശാസ്ത്രത്തിനും അവശ്യം നൽകേണ്ടതായിട്ടുണ്ട്.

1.3 ഭൂവിജ്ഞാനീയം

ഭൗമശാസ്ത്രമേഖലയിലെ ഒരു പ്രമുഖശാഖയാണ് ഭൂവിജ്ഞാനീയം. ഭൂമിയെക്കുറിച്ച് മൊത്തത്തിലുള്ള ശാസ്ത്രീയപഠനമാണിത്. ഭൂമിയുടെ ഉൽപ്പത്തി, ഘടന, ഭൂമി നിർമിക്കപ്പെട്ട പദാർഥങ്ങൾ, ഭൗമപ്രക്രിയകളുടെ സ്വഭാവം, ഭൗമപ്രക്രിയകളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി രൂപമെടുക്കുന്ന ശിലോൽപ്പന്നങ്ങൾ, ഭൂമിയുടെ ചരിത്രം തുടങ്ങിയ വിവിധ വിഷയങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന ഒരു ശാസ്ത്രീയപഠനശാഖയാണ് ഭൂവിജ്ഞാനീയ ശാസ്ത്രമെന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഇന്ന് ഭൂമിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ജീവിവർഗങ്ങൾ ഒഴികെ, ഭൂമിയുടെ വിദൂരഭൂതകാലത്ത് ജീവിച്ചിരുന്നതും, പിൽക്കാലത്ത് വംശനാശം സംഭവിച്ചതുമായ ദിനോസറുകൾ തുടങ്ങിയ വൈവിധ്യമേറിയ ജീവിവർഗങ്ങളേയും, അവ കാലഘട്ടങ്ങളിലൂടെ എപ്രകാരം പരിണാമവിധേയമായെന്നതും ഭൂഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ പഠനമേഖലയിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന വിഷയങ്ങളാണ്.

ഭൂവിജ്ഞാനീയം മുഖ്യമായും കേന്ദ്രീകരിക്കുന്ന പ്രമുഖ വിഷയങ്ങൾ ഭൂമിയുടെ രാസഘടന, ഭൗമാന്തർഘടന, അവയുടെ ഭൗതികസവിശേഷതകൾ, ഭൗമമേഖലകളുടെ ചരിത്രം, ഭൂരൂപങ്ങൾക്കു നിദാനമായി വർത്തിച്ചിരുന്ന വിവിധ ഭൗമപ്രക്രിയകൾ എന്നിവയാണ്. നമ്മുടെ ജീവിതവും സംസ്കാരവും നാം എത്രത്തോളം നമ്മുടെ ഗ്രഹമായ ഭൂമിയെക്കുറിച്ച് മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട് എന്നതിനേയും നാം എപ്രകാരം ഭൂമിയെ പരിപാലിക്കുന്നുവെന്നതിനേയും ആശ്രയിച്ചാണിരിക്കുന്നത്. ജലവിഭവങ്ങളുടെ ലഭ്യത മുഖ്യമായും അന്തരീക്ഷ ദിനാവസ്ഥയാൽ സ്വാധീനിക്കപ്പെടുന്ന ഒരു ഘടകമായി വർത്തിക്കുന്നു. കാട്ടുതീ, ഭൂചലനം, അഗ്നിപർവതസ്ഫോടനം, ചക്രവാതങ്ങൾ, ജലപ്രളയം തുടങ്ങിയ പ്രകൃതിപ്രതിഭാസങ്ങൾക്കുള്ള സാധ്യത എന്നിവ ജീവനും സ്വത്തിനും വൻനാശനഷ്ടത്തിന് ഇടയാക്കുന്നു.

ഭൂവൈജ്ഞാനികർ, ശിലകൾ, അവസാദങ്ങൾ, മണ്ണ്, നദികൾ, പ്രകൃതിവിഭവങ്ങൾ എന്നിവയെ എല്ലാം ആഴത്തിൽ പഠനവിഷയമാക്കുന്നുണ്ട്. സാങ്കേതികവിദ്യയുടെ സമീപകാലവികാസവും, ജനസംഖ്യയുടെ വർധനവും, മനുഷ്യന് ആവശ്യമായ പ്രകൃതിവിഭവങ്ങളുടെ തോതിനെ അനുദിനം വർധിപ്പിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. വിവിധ പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളുടെ അനിയന്ത്രിതവും അമിതവുമായ ചൂഷണവും ഉപഭോഗവും നമുക്ക് പിൻഗാമികളായി വരുന്ന തലമുറകളുടെ ജീവിത നിലവാരത്തിൽ ശ്രദ്ധേയമായ ആഘാതങ്ങൾക്ക് തീർച്ചയായും ഹേതുവായിത്തീരും. സുരക്ഷിതമായ പരിസ്ഥിതി നിലനിർത്തുവാനുള്ള നമ്മുടെ ഭാവിപരിശ്രമങ്ങൾക്ക് ഭൗമവ്യവസ്ഥ (earth system) യുടെ പ്രവർത്തന രീതികളെക്കുറിച്ച് സുവ്യക്തമായ ഒരു അവബോധം നാം ആർജിക്കേണ്ടിയിരിക്കുന്നു.

1.4 ഭൂഭൂവിജ്ഞാനീയ ശാഖകൾ (Branches of Geology)

ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന് വ്യക്തമായി നിർവചിക്കപ്പെട്ട നിരവധി ഉപശാഖകളുണ്ട്. പ്രധാനപ്പെട്ട ഉപശാഖകൾ താഴെ പറയുന്നു.

ഭൗതികഭൂവിജ്ഞാനീയം (Physical Geology)	ഭൂവൽക്കത്തിനും ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനും മാറ്റങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുന്ന ഭൗമകാരകങ്ങളെക്കുറിച്ചും ഭൗമപ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ചുമുള്ള പഠനം. അപക്ഷയം, അപരദനം, നിക്ഷേപണം, അഗ്നിപർവ്വതസ്ഫോടനം, ഭൂകമ്പങ്ങൾ, ഭൂവൽക്കരൂപമാറ്റം എന്നിവയെല്ലാം ഭൗമപ്രക്രിയകളിൽ ചിലതാണ്.
ഭൂരൂപശാസ്ത്രം (Geomorphology)	പർവ്വതങ്ങൾ, താഴ്‌വരകൾ, പീഠഭൂമികൾ, ഡെൽറ്റകൾ, മണൽമേടുകൾ തുടങ്ങിയ വിവിധയിനം ഭൂരൂപങ്ങളെ പഠനവിഷയമാകുന്ന ശാസ്ത്രശാഖയാണിത്. വിവിധ ഭൂരൂപങ്ങളുടെ ഉത്ഭവത്തെക്കുറിച്ചും, പരിണാമത്തെക്കുറിച്ചും ഭൂവൈജ്ഞാനികത്തിന്റെ ഈ ഉപശാഖയിൽ പഠനം നടത്തുന്നു.
ഖനിജശാസ്ത്രം (Mineralogy)	പ്രകൃതിയിലെ ധാതുക്കളെ (ഖനിജങ്ങൾ) കുറിച്ചുള്ള പഠനമാണിത്. ധാതുക്കളുടെ ഭൗതികവും രാസികവുമായ സ്വഭാവഗുണങ്ങൾ, പ്രകാശിക (Optical) സവിശേഷതകൾ എന്നിവയെല്ലാം ഈ പഠനശാഖയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.
ക്രിസ്റ്റലോഗ്രാഫി (Crystallography)	ക്രിസ്റ്റലുകളെ (പരലുകൾ) ക്കുറിച്ചുള്ള പഠനമാണിത്. ഇത് ഖനിജശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഒരു ഉപശാഖയാകുന്നു.
ശിലാവിജ്ഞാനീയം (Petrology)	ശിലകളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനമാണിത്. ശിലകളുടെ ഉത്ഭവം, വർഗീകരണം, വിവരണം എന്നിവയാണ് ഈ ശാഖയിലെ മുഖ്യ പ്രതിപാദ്യവിഷയങ്ങൾ.

ചരിത്ര ഭൂവിജ്ഞാനീയം (Historical Geology) — ഭൂമിയുടെ ചരിത്രത്തിൽ സംഭവിച്ചിട്ടുള്ള വ്യത്യസ്ത ഭൂവൈജ്ഞാനികപരമായ സംഭവങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനമാണിത്. സ്ട്രാറ്റിഗ്രാഫി, പാലിയന്റോളജി തുടങ്ങിയ ശാസ്ത്രശാഖകൾ ഹിസ്റ്റോറിക്കൽ ജിയോളജിയുടെ ഭാഗമാകുന്നു.

പുരാജൈവശാസ്ത്രം (Palaeontology) — ഫോസിലുകളെക്കുറിച്ച് പ്രതിപാദിക്കുന്ന പഠനമാണിത്. ജൈവപരിണാമത്തേയും, ജീവിവർഗചരിത്രത്തേയും പുനർനിർമിക്കാൻ ശ്രമിക്കുന്ന ഒരു പഠനശാഖയാണിത്.

സ്തരവിജ്ഞാനീയം (Stratigraphy) — ശിലകളിലെ സ്തരങ്ങളെക്കുറിച്ചും, ശിലാപാളികൾ രൂപംകൊണ്ട ഭൗമപരിസ്ഥിതിയെയും അവ രൂപം കൊണ്ട കാലത്തെയും ബന്ധപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള പഠനമാണിത്.

ഘടനാപരഭൂവിജ്ഞാനീയം (Structural Geology) — ശിലാഘടനകളായ വലനം (fold), ഭ്രംശനം (fault), സന്ധികൾ (joints), എന്നിവയെക്കുറിച്ച് പ്രതിപാദിക്കുന്ന ഭൂവിജ്ഞാനീയ ശാഖയാണിത്.

എൻജിനീയറിങ് ജിയോളജി (Engineering Geology) — കെട്ടിടനിർമാണം, അണക്കെട്ടുകൾ, തുരങ്കങ്ങൾ, തുടങ്ങിയവയുടെ സ്ഥാനംനിർണയിക്കൽ, ഉരുൾപൊട്ടൽ തടയാനുള്ള മാർഗങ്ങൾ, തീരദേശ സംരക്ഷണ മാർഗങ്ങൾ തുടങ്ങിയ നിർമാണ പ്രവർത്തനങ്ങളുമായി (civil engineering works) ബന്ധപ്പെട്ട ഭൂവിജ്ഞാനീയ ശാഖയാണിത്.

ഭൂജലവിജ്ഞാനീയം (Hydrogeology) — ജലസ്രോതസ്സുകളെക്കുറിച്ചും, ജലസംഭരണികളായി വർത്തിക്കുന്ന ശിലകളെക്കുറിച്ചുമുള്ള പഠനമേഖലയാണിത്.

പാരിസ്ഥിതികഭൂവിജ്ഞാനീയം (Environmental Geology) — പരിസ്ഥിതിമലിനീകരണം, മാലിന്യ നിർമാർജനം, പ്രകൃതിദുരന്തങ്ങളായ വെള്ളപ്പൊക്കം, മണ്ണൊലിപ്പ് തുടങ്ങിയവയുടെ നിവാരണം, പ്രതിരോധമാർഗങ്ങൾ തുടങ്ങിയ വിഷയങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന ശാസ്ത്രശാഖയാണിത്.

സമുദ്രവിജ്ഞാനീയം (Marine Geology) — മുഖ്യമായും, സമുദ്രങ്ങൾ, സമുദ്രതടങ്ങൾ, തിരമാലകൾ, സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയുടെ ഭൂവൈജ്ഞാനിക പ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്ന ശാഖയാണിത്.

ഖനനഭൂവിജ്ഞാനീയം (Mining Geology) — ധാതുക്കളുടെ (minerals) ഖനനം, സംസ്കരണം എന്നിവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഭൂവിജ്ഞാനീയ ശാഖയാണിത്.

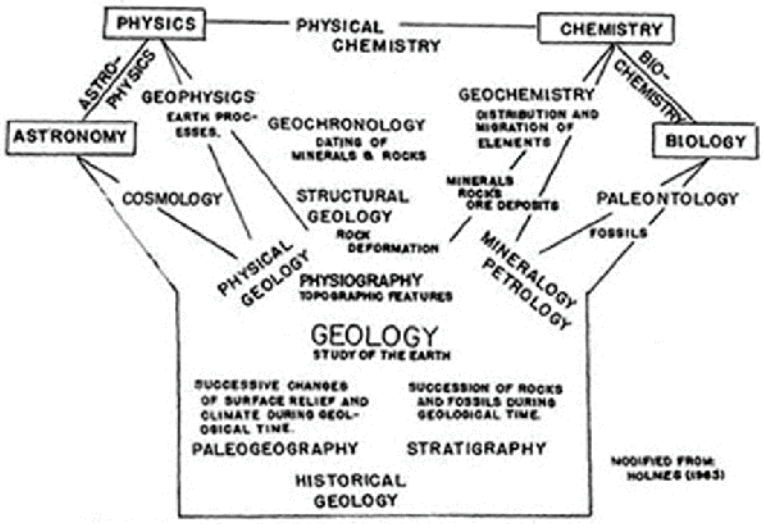
പെട്രോളിയം ജിയോളജി (Petroloeum Geology) — പെട്രോളിയം, പ്രകൃതിവാതകം എന്നിവയുടെ ഖനനം, സംസ്കരണം എന്നിവയെക്കുറിച്ച് പ്രതിപാദിക്കുന്ന ശാസ്ത്രശാഖയാണിത്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ഭൗമശാസ്ത്രത്തിന്റെ നാല് അടിസ്ഥാന പഠനമേഖലകൾ ഏവ?
2. ശിലാവിജ്ഞാനീയം ശിലകളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്നു. സ്തരവിജ്ഞാനീയം എന്തിനെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്ന ശാസ്ത്രശാഖയാണ്?

നമുക്ക് ചെയ്തുനോക്കാം

ഭൂവിജ്ഞാനീയം മറ്റ് അടിസ്ഥാന ശാസ്ത്രശാഖകളുമായി പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നുണ്ട്. സങ്കീർണ്ണമായ അന്തർവിഷയ സമസ്യകൾക്ക് ഉത്തരം കണ്ടെത്താൻ ജീവശാസ്ത്രം, രസതന്ത്രം, ഭൗതികശാസ്ത്രം, ഗണിതം, ആവാസവ്യവസ്ഥാപഠനം എന്നീ അടിസ്ഥാന ശാസ്ത്ര വിഷയങ്ങളിലെ അറിവുകൾ ഭൗമശാസ്ത്രം ഉൾച്ചേർക്കുകയും ഉപയോഗപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നുണ്ട്. ചിത്രം 1.1 ശ്രദ്ധിച്ച് പഠിച്ച് ഭവിജ്ഞാനീയവും മറ്റ് വിജ്ഞാന ശാഖകളുമായുള്ള പരസ്പരബന്ധം വിവരിക്കാൻ ശ്രമിക്കുക.



ചിത്രം 1.1 ഭൂവിജ്ഞാനീയവും ഇതര വിജ്ഞാനശാഖകളുമായുള്ള പരസ്പര ബന്ധം.

1.5. ഭൂവിജ്ഞാനീയവും മാനവസമൂഹവും (Geology and Human Society)

സുസ്ഥിരവികസനമെന്ന ആശയത്തിന്റെ പശ്ചാത്തലത്തിൽ, ഭൂവിജ്ഞാനീയമെന്ന പഠനശാഖയ്ക്കും ഭൂവൈജ്ഞാനികർക്കും മനുഷ്യരാശിയുടെ സേവനത്തിന് ഒരു പ്രമുഖ പങ്കാണ് വഹിക്കുവാനുള്ളത്. ഭൂവിജ്ഞാനീയ മേഖലയിൽ, സൈദ്ധാന്തികവും പ്രായോഗികവുമായി ആ രംഗത്ത് ആർജിച്ചിട്ടുള്ള വിജ്ഞാനം, മനുഷ്യരാശിയുടെ നന്മയ്ക്കായി വിനിയോഗിക്കപ്പെടുമ്പോഴാണ് ഭൂവിജ്ഞാനീയമെന്ന ശാസ്ത്രശാഖ മാനവസമൂഹത്തിന് ഉപകാരപ്രദമായിത്തീരുന്നത്. ഉദാഹരണമായി, കൽക്കരി, പെട്രോളിയം, പ്രകൃതിവാതകം തുടങ്ങിയ ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളുടേയും ഖനിജ ങ്ങളുടേയും (ധാതുക്കളുടേയും) പുതിയ നിക്ഷേപങ്ങളുടെ പര്യവേഷണവും കണ്ടെത്ത ലുകളും, കാലാവസ്ഥാപ്രവചനം, പാരിസ്ഥിതിക മാറ്റങ്ങൾ, പ്രകൃതി ദുരന്തസാധ്യത, അവയിൽ നിന്നുമുള്ള സുരക്ഷോപായങ്ങൾ എന്നിവയെക്കുറിച്ചുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങളെ ചൂണ്ടിക്കാണിയ്ക്കാം.

ഏതൊരു സമൂഹത്തിലും ഭൂവിജ്ഞാനീയമായ ആഴത്തിലുള്ള അവബോധം ആ സമൂഹത്തിന്റെ മൊത്തത്തിലുള്ള സുസ്ഥിരത കൈവരിയ്ക്കാൻ ഒട്ടേറെ സഹായി ക്കുന്നു. ഭൗമവിഭവങ്ങളുടെ സമാർജനം, മലിനീകരണ ലഘൂകരണം, ഫലപ്രദമായ മാലിന്യനിർമാർജനം എന്നിവയ്ക്ക് ഭൂവൈജ്ഞാനികർ കാര്യക്ഷമമായ നവീന സാങ്കേതികവിദ്യകൾ വികസിപ്പിക്കുവാൻ സഹായിക്കുന്നു.

വർത്തമാനകാലത്ത്, നമ്മുടെ മുഖ്യഊർജവിഭവങ്ങൾ ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളും യുറേനിയവുമാണ്. കൽക്കരി, പെട്രോളിയം, പ്രകൃതിവാതകം എന്നിവയുടെ രൂപികരണത്തിന് ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ ആവശ്യമാണ്. ഇതര സ്രോതസ്സുകളിൽ നിന്നും അവശ്യം വേണ്ടതായ ഊർജം ഭാവിയിൽ ലഭ്യമായി ക്കഴിയുന്നതുവരെ, മുൻപറഞ്ഞയിനം ഇന്ധനങ്ങൾ പ്രമുഖ ഊർജസ്രോതസ്സുകളായി വർത്തിക്കുമെന്നു കരുതേണ്ടിയിരിക്കുന്നു.

കാർഷിക - ഉൽപ്പാദന - കെട്ടിട നിർമാണ മേഖലകളിൽ ആവശ്യമായ ലോഹ ങ്ങളുടേയും മറ്റു പദാർഥങ്ങളുടേയും സ്രോതസ്, മണ്ണ്, ധാതുക്കൾ, ശിലകൾ എന്നീ ഭൗമപദാർഥങ്ങളാണ്. അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമായ ശിലകളിൽ നിന്ന് വളരെ മന്ദഗതിയിലാണ് മണ്ണ് രൂപം കൊള്ളുന്നത്. എന്നാൽ ഭാരതത്തിലെ പല പ്രദേശ ങ്ങളിലും അസാധാരണമാംവിധത്തിലുള്ള മണ്ണൊലിപ്പ് കാർഷികമേഖലയിൽ ഭീഷണിയായിത്തീർന്നിട്ടുണ്ട്. നമ്മുടെ വ്യാവസായിക രംഗത്തേക്കാവശ്യമായ അസംസ്കൃത വസ്തുക്കളിൽ ഏറിയകൂറും ഖനിജങ്ങളിൽ നിന്നുമാണ് ലഭിക്കുന്നത്. ഇലക്ട്രോണിക്സ്, മെക്കാനിക്കൽ ഉപകരണങ്ങളിൽ പലതിനും അവയുടെ ചില ഭാഗങ്ങളുടെ നിർമിതിക്ക് അപൂർവ ലോഹങ്ങളും വിരളമായി മാത്രം ലഭ്യമാകുന്ന ഖനിജങ്ങളും അനിവാര്യവസ്തുക്കളാണ്.

പ്രകൃതിവിഭവങ്ങൾ എല്ലാം തന്നെ ഭൂമിയിൽ സമ്പുഷ്ടമായി കാണപ്പെടുന്നില്ല. മാനവസമുദായത്തിന് ഇന്ന് അടിസ്ഥാനമായ ഭൗതിക അവശ്യങ്ങൾക്കുള്ള അസം സ്കൃത പദാർഥങ്ങൾ എല്ലാം തന്നെ പ്രകൃതിവിഭവങ്ങളിൽ നിന്നുമാണ് ലഭിക്കുന്നത്. പല വിഭവങ്ങളും മനുഷ്യായുസിന്റെ തോതിന്റെ പശ്ചാത്തലത്തിൽ വീക്ഷിക്കുമ്പോൾ പുനരുൽപ്പാദനക്ഷമമല്ലെന്ന് മാത്രമല്ല, ഇവയിൽ പലതും ആസന്നമായ ഭാവിയിൽ

നിർണായകമാംവിധം ശോഷണത്തിന് വിധേയമാകുകയും ചെയ്യും. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളുടെ വിതരണക്രമം സന്തുലിതമല്ല. കാർഷികമേഖല, ഉൽപ്പാദനമേഖല, ഊർജ്ജോൽപ്പാദനമേഖല എന്നിവയ്ക്കുപരിയായി ജീവന്റെ നിലനിൽപ്പിനും ജലവിഭവങ്ങളുടെ ലഭ്യത അനിവാര്യമാണെന്ന് പറയേണ്ടതില്ലല്ലോ? ഭൂവൈജ്ഞാനികരും എഞ്ചിനീയർമാരും ശുദ്ധജലസ്രോതസ്സുകളുടെ സ്ഥാന നിർണയത്തിനും ജലത്തിന്റെ കാര്യക്ഷമമായ വിതരണത്തിനും സഹായിക്കുന്നു,

വർത്തമാനകാലം ഭൂമിയും അതിലെ ജീവജാലങ്ങളും വൈവിധ്യമാർന്ന പ്രതിസന്ധികൾ അഭിമുഖീകരിക്കുന്ന ഒരു കാലഘട്ടമാണ്. നമ്മുടെ കാലാവസ്ഥ ഇന്ന് ശ്രദ്ധേയമാംവിധം വ്യതിയാനത്തിന് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെന്നും, ഈ പ്രതിഭാസത്തിന്റെ മുഖ്യഹേതു മനുഷ്യപ്രവർത്തനങ്ങളാണെന്നും കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. നമുക്ക് മറ്റു പല പ്രതിസന്ധികളും നേരിടാനായിട്ടുണ്ട്. ഉദാഹരങ്ങളായി, കാലാവസ്ഥയെ ഏറ്റവും കുറവായി മാത്രം ബാധിക്കുന്ന നവീന ഊർജസ്രോതസ്സുകളുടെ വികസനം, നിലവിലുള്ള നിക്ഷേപങ്ങളുടെ അനുക്രമമായ ശോഷണത്തിന്റെ പശ്ചാത്തലത്തിൽ അനിവാര്യമായി കരുതപ്പെടുന്ന പുതിയ ലോഹങ്ങളുടേയും ധാതുക്കളുടേയും (ഖനിജം) ശേഖരങ്ങളുടെ സ്ഥാനനിർണയം തുടങ്ങിയവ ചൂണ്ടിക്കാണിക്കാം. ഭൂമിയിൽ അനുദിനം വർധിച്ചുവരുന്ന മനുഷ്യസമൂഹത്തിന് അഗ്നിപർവതപ്രവർത്തനം, ഭൂചലനം, ഉരുൾപൊട്ടൽ, വെള്ളപ്പൊക്കം മുതലായ ഗൗരവതരമായ ഭീഷണികൾ കാര്യക്ഷമമായി നേരിടുവാനും അവയെ കഴിയുമെങ്കിൽ ഒഴിവാക്കുവാനുമുള്ള വെല്ലുവിളിയും ഏറ്റെടുക്കേണ്ടതുണ്ട്. മുൻപറഞ്ഞ പ്രശ്ന മേഖലകൾ നാമിന്ന് അഭിമുഖീകരിക്കുന്ന നിരവധി എണ്ണങ്ങളിൽ ചിലതു മാത്രമാണ്. ഇവയ്ക്കെല്ലാംതന്നെ യുക്തമായ പ്രതിവിധി നിശ്ചയിക്കുവാൻ ഭൂവിജ്ഞാനീയ ശാസ്ത്രത്തിൽ ആഴത്തിലുള്ള അറിവ് അനുപേക്ഷണീയമാണ്.

വിവിധ ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങളായ കൽക്കരി, പെട്രോളിയം, വിവിധ ലോഹ നിക്ഷേപങ്ങളായ സ്വർണം, ഇരുമ്പ്, അലുമിനിയം തുടങ്ങിയവയുടെ സ്ഥാന നിർണയത്തിനും കുഴിച്ചെടുക്കലിനും സാമ്പത്തിക ഭൂവിജ്ഞാനീയം (Economic Geology) എന്ന ശാസ്ത്രശാഖ വളരെയധികം സഹായിക്കുന്നു.

ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളുടെ കൃത്യമായ സ്ഥാനനിർണയത്തിനും, സാമ്പത്തികാടിസ്ഥാനത്തിൽ കാര്യക്ഷമമായി അവയെ കുഴിച്ചെടുക്കുവാനും നിപുണരായ ഭൂവൈജ്ഞാനികരുടെ ആത്മാർഥ പരിശ്രമം അനിവാര്യമാണ്. സിവിൽ എഞ്ചിനീയറിങ് രംഗത്ത് വിവിധ നിർമാണ പ്രവർത്തനങ്ങളിലും ഭൂവൈജ്ഞാനികരുടെ പങ്കാളിത്തം കൂടിയേ തീരൂ. ചില സാഹചര്യങ്ങളിൽ, ഉദാഹരണമായി സജീവ ഭ്രംശന (faulting) ത്തിന് വിധേയമായ പ്രദേശങ്ങളിൽ ഭൂചലന സാധ്യത ഉണ്ടാകുന്ന പക്ഷം അവിടെ ഏതുതരം ചലനങ്ങളുണ്ടാകുമെന്നും അവയുടെ തീവ്രത എത്രയെന്നും മുൻകൂട്ടി പ്രവചിക്കുവാൻ സാധ്യമാണ്. ഇക്കാരണത്താൽ ഭൂചലന മേഖലകളിൽ സുരക്ഷിതമായ കെട്ടിടങ്ങളുടെ രൂപകൽപ്പനയ്ക്കും ദേശീയപാതകളുടെ നിർമാണത്തിനും ഭൂവിജ്ഞാനീയം പ്രമുഖ പങ്ക് വഹിക്കുന്നുണ്ട്. ഭൂജലം ഏക ജലസ്രോതസ്സ് ആയ പ്രദേശങ്ങളിൽ എത്ര ആഴത്തിൽ കുഴിച്ചാലാണ് കാര്യക്ഷമമായി ജലലഭ്യതയ്ക്കു സാധ്യതയുള്ളതെന്ന് ഒരു സമർത്ഥനായ ഭൂവൈജ്ഞാനികന് പ്രവചിക്കുവാൻ കഴിയും.

നൈസർഗികപ്രക്രിയകളുടെ ഫലമായി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങൾ മനുഷ്യന് ഭീഷണിയായിത്തീരാറുണ്ട്. ഭൂചലനം, സുനാമി, ചക്രവാതം, വെള്ളപ്പൊക്കം, വരൾച്ച, ഉരുൾപൊട്ടൽ അഗ്നിപർവത സ്ഫോടനം, അസഹനീയമായ കാലാവസ്ഥ, ഇടിമിന്നൽ ഹേതുവായ തീപിടിത്തം, കടലാക്രമണം, ഉൽക്കാപാതം എന്നിവ പ്രകൃതിദുരന്തങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളായി ചൂണ്ടിക്കാണിക്കാം. വർത്തമാനകാലത്ത് എന്ന്, എവിടെ പ്രകൃതി ദുരന്തം ഉണ്ടാകുമെന്ന് ഏറെക്കുറെ കൃത്യമായി പ്രവചിക്കുവാൻ ഭൗമശാസ്ത്രം ശേഷി ആർജിച്ചു കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്.

ഭൂവൈജ്ഞാനികരുടെയും ഭൂ-ഭൗതികശാസ്ത്രകാരന്മാരുടെയും സമാന ഭൗമശാസ്ത്ര ജ്ഞരുടെയും വിജ്ഞാനം കൃഷി, വനസംരക്ഷണം, ജലവിതരണം, ജലവൈദ്യുതി ഉൽപ്പാദനം സിവിൽ എഞ്ചിനീയറിങ്, മാലിന്യനിർമാർജനം, മാലിന്യാവൃത പ്രദേശ ങ്ങളുടെ പുനർനിർമാണം, പ്രകൃതി വിഭവസംരക്ഷണം എന്നീ മേഖലകളിൽ ഗവൺമെന്റ് സ്ഥാപനങ്ങളിലും സ്വകാര്യ സ്ഥാപനങ്ങളിലും ഭൂവൈജ്ഞാനികരുടെ സേവനം നിർണായകമായ പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. *നിത്യജീവിതത്തിൽ ഭൂവൈജ്ഞാനിക അറിവ് ഉപകാരപ്രദമാകുന്ന ഏതെങ്കിലും മൂന്ന് മേഖലകൾ ചൂണ്ടിക്കാണിക്കുക.*
2. *പാരിസ്ഥിതിക പ്രശ്നങ്ങൾ പരിഹരിക്കുന്നതിൽ ഭൂവൈജ്ഞാനികരുടെ പങ്ക് വിശദമാക്കുക.*

1.6 ഭാരതത്തിലെ പ്രധാനപ്പെട്ട ഭൂവൈജ്ഞാനിക സ്ഥാപനങ്ങൾ (Major Geological Organizations of India)

ഭൗമശാസ്ത്രവുമായും ഭൂവിജ്ഞാനീയവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട നിരവധി സ്ഥാപനങ്ങൾ ഭാരതത്തിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നുണ്ട്. പ്രമുഖ ദേശീയസ്ഥാപനങ്ങൾ താഴെ ചേർക്കുന്നു.

- **ജിയോളജിക്കൽ സർവെ ഓഫ് ഇന്ത്യ (Geological Survey of India - GSI)**

  1851 - ൽ സ്ഥാപിതമായ ജിയോളജിക്കൽ സർവെ ഓഫ് ഇന്ത്യ ഒരു കേന്ദ്ര സർക്കാർ സ്ഥാപനമാണ്. ഭൂവൈജ്ഞാനിക പഠനങ്ങളും പര്യവേഷണങ്ങളും നടത്താനായിട്ടാണ് ഈ സ്ഥാപനം ശ്രമിക്കുന്നത്. ഭൗമശാസ്ത്രപരമായ അടിസ്ഥാന വിവരങ്ങൾ ഭാരതസർക്കാരിന് ലഭ്യമാക്കുന്ന സുപ്രധാന സ്ഥാപനമാണ് ജി.എസ്.ഐ. ഈ സ്ഥാപനത്തിന്റെ ആസ്ഥാനം പശ്ചിമബംഗാളിലെ കൊൽക്കത്തയാണ്.

- **എണ്ണ പ്രകൃതി വാതക കോർപ്പറേഷൻ (Oil and Natural Gas Corporation - ONGC)**

  ഭാരതത്തിലെ അസംസ്കൃത എണ്ണയുടേയും (Crude oil) പ്രകൃതി വാതകത്തിന്റേയും പര്യവേഷണവും, ഉൽപ്പാദനവും നടത്തുന്ന സ്ഥാപനമാണ് ഒ.എൻ.ജി.സി. ഈ സ്ഥാപനത്തിന്റെ ആസ്ഥാനം ഉത്തരാഖണ്ഡ് സംസ്ഥാനത്തിലെ ഡെറാഡൂണിലാണ്.

- **കേന്ദ്രഭൂജലബോർഡ് (Central Ground Water Board - CGWB)**

  കേന്ദ്രസർക്കാരിന്റെ ജലവിഭവ മന്ത്രാലയത്തിന് കീഴിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന സ്ഥാപനമാണ് കേന്ദ്രഭൂജലബോർഡ്. ഭൂജലപര്യവേഷണം, നിരീക്ഷണം, ഗുണനിലവാര നിർണയം, പോഷണം, ഭൂജലനിർണയം, അനുബന്ധ നിയമനിർമാണം തുടങ്ങിയ ഉത്തരവാദിത്വങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്ന സ്ഥാപനമാണ് കേന്ദ്രഭൂജല ബോർഡ്. ഇതിന്റെ ആസ്ഥാനം ഹരിയാനയിലെ ഫരീദാബാദിലാണ്.

- **ധാതു പര്യവേഷണ കോർപ്പറേഷൻ ലിമിറ്റഡ് (Mineral Exploration Corporation Limited - MECL)**

  ശാസ്ത്രീയമായ ധാതുപര്യവേഷണം നടത്തുന്നതും ഭാരത സർക്കാരിന്റെ ഖനനമന്ത്രാലയത്തിന് കീഴിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്നതുമായ സ്ഥാപനമാണിത്. ഈ സ്ഥാപനത്തിന്റെ എല്ലാ പ്രവർത്തനങ്ങളും ഏകോപിപ്പിച്ച് നടത്തുന്ന കാര്യാലയം മഹാരാഷ്ട്രയിലെ നാഗ്പൂരിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. കൽക്കരി, ലിഗ്നൈറ്റ്, സ്വർണം, ബോക്സൈറ്റ്, ചുണ്ണാമ്പുകല്ല്, അടിസ്ഥാന ലോഹങ്ങൾ തുടങ്ങിയ ധാതുനിക്ഷേപങ്ങളുടെ പുതിയ ഉറവിടങ്ങൾ കണ്ടെത്തുകയെന്ന സ്തുത്യർഹമായ സംഭാവനയാണ് ഈ സ്ഥാപനം രാജ്യപുരോഗതിക്ക് നല്കിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നത്.

- **ഇന്ത്യൻ ബ്യൂറോ ഓഫ് മൈൻസ് (Indian Bureau of Mines - IBM)**

  ഖനനമന്ത്രാലയത്തിന് കീഴിൽ 1948 ലാണ് ഐ.ബി.എം. സ്ഥാപിതമായത്. കൽക്കരി, പ്രകൃതിവാതകം, ആറ്റോമിക ധാതുക്കൾ, അപൂർവധാതുക്കൾ (minor minerals) എന്നിവ ഒഴികെ, മറ്റു ഖനികളിൽ നിന്നുള്ള ധാതുഖനനം, ഖനന പ്രദേശങ്ങളിലെ പരിസ്ഥിതി സംരക്ഷണം തുടങ്ങിയ പ്രവർത്തനങ്ങളിലാണ് ഈ സ്ഥാപനം ഏർപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്നത്. മഹാരാഷ്ട്രയിലെ നാഗ്പൂരിലാണ് ഇതിന്റെ ആസ്ഥാനം.

- **ആണവ ഖനിജ ഡയറക്ടറേറ്റ് (Atomic Mineral Directorate for Exploration and Research - AMD)**

  ആറ്റോമിക ഊർജമന്ത്രാലയത്തിന് കീഴിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഏറ്റവും പഴക്കം ചെന്ന സ്ഥാപനമാണിത്. ഇതിന്റെ ആസ്ഥാനം ഹൈദരാബാദാണ്. ഭാരതത്തിലെ ആണവോർജ്ജ ഉല്പാദനത്തിന് ആവശ്യമായ ധാതുക്കളുടെ പര്യവേഷണം നടത്തി ധാതുനിക്ഷേപങ്ങൾ കണ്ടെത്താൻ അധികാരപ്പെട്ട സ്ഥാപനമാണിത്. ആറ്റോമിക് ഖനിജങ്ങളുടെ തീരദേശനിക്ഷേപങ്ങൾ കണ്ടെത്തുന്നതിനുവേണ്ടി കേരളത്തിലെ തിരുവനന്തപുരത്തും, ആന്ധ്രാപ്രദേശിലെ വിശാഖപട്ടണത്തും ഈ സ്ഥാപനത്തിന്റെ രണ്ട് കാര്യാലയങ്ങൾ പ്രവർത്തിക്കുന്നുണ്ട്.

- **ദേശീയ വിദൂര സംവേദന കേന്ദ്രം (National Remote Sensing Centre - NRSC)**

  കേന്ദ്രബഹിരാകാശ വകുപ്പിന്റെ കീഴിൽ (Department of Space - DOS) പ്രവർത്തിക്കുന്ന സ്വയം ഭരണാധികാരമുള്ള സ്ഥാപനമാണ് ദേശീയ വിദൂര സംവേദന കേന്ദ്രം. ഭാരതത്തിൽ വിദൂര സംവേദന പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഏറ്റെടുത്ത് നടത്തുന്ന

കേന്ദ്ര സ്ഥാപനമാണിത്. 2008 മുതൽ ഹൈദരാബാദിലെ NRSC യെ ISRO യുടെ ഭാഗമായി എല്ലാ ആധുനിക സജ്ജീകരണങ്ങളോടും കൂടിയ കേന്ദ്രമാക്കി മാറ്റിയിട്ടുണ്ട്.

- **വാഡിയ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട് ഓഫ് ഹിമാലയൻ ജിയോളജി (Wadia Institute of Himalayan Geology - WIHG)**

ഡൽഹി സർവ്വകലാശാലയിലെ ബോട്ടണി വിഭാഗം ആസ്ഥാനമാക്കി 1968 ജൂൺ മാസത്തിൽ സ്ഥാപിതമായ ഒരു സ്ഥാപനമാണ് വാഡിയ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട് ഓഫ് ഹിമാലയൻ ജിയോളജി. 1976 ഏപ്രിൽ മാസത്തിൽ ഇതിന്റെ ആസ്ഥാനം ഡെറാഡൂണിലേക്ക് മാറ്റി. കേന്ദ്രഗവൺമെന്റിന്റെ ശാസ്ത്രസാങ്കേതിക വകുപ്പിന് കീഴിൽ പ്രവർത്തിക്കുന്ന സ്വയംഭരണ സ്ഥാപനമാണിത്. തുടക്കത്തിൽ ഹിമാലയൻ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട് എന്ന് നാമകരണം ചെയ്യപ്പെട്ട ഈ സ്ഥാപനത്തിന്റെ പേര് പിന്നീട് വാഡിയ ഇൻസ്റ്റിറ്റ്യൂട്ട് ഓഫ് ഹിമാലയൻ ജിയോളജി എന്നാക്കി മാറ്റി. പ്രൊഫസർ ഡി.എൻ. വാഡിയ ഹിമാലയൻ ജിയോളജിയുടെ പഠനത്തിന് നൽകിയ സംഭാവനകൾക്ക് അംഗീകാരമായിട്ടാണ് ഈ സ്ഥാപനം രൂപീകരിച്ചിട്ടുള്ളത്.

- **കോൾ ഇന്ത്യ ലിമിറ്റഡ് (Coal India Limited - CIL)**

കൽക്കരി ഖനനത്തിൽ ഏർപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ലോകത്തിലെ ഏറ്റവും വലിയ പൊതുമേഖലാ സ്ഥാപനമാണ് കോൾ ഇന്ത്യ ലിമിറ്റഡ്. പശ്ചിമ ബംഗാളിലെ കൊൽക്കത്തയാണ് ഈ സ്ഥാപനത്തിന്റെ ആസ്ഥാനം.

- **നെയ്‌വേലി ലിഗ്നൈറ്റ് കോർപറേഷൻ ലിമിറ്റഡ് (Neyveli Lignite Corporation Limited - NLC)**

ഇന്ത്യയിൽ ലിഗ്നൈറ്റ് ഖനനത്തിലും ഊർജോൽപാദനത്തിലും ഏർപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന സ്ഥാപനമാണ് നെയ്‌വേലി ലിഗ്നൈറ്റ് കോർപ്പറേഷൻ ലിമിറ്റഡ്. ഇന്ത്യയിലെ ഏറ്റവും വലിയ ലിഗ്നൈറ്റ് ഖനന പ്രവർത്തനങ്ങൾ കൈകാര്യം ചെയ്യുന്നു.

- **ഇന്ത്യൻ ബഹിരാകാശ ഗവേഷണസ്ഥാപനം (Indian Space Research Organization - ISRO)**

ബഹിരാകാശ ഗവേഷണത്തിൽ ഏർപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന ഇന്ത്യയിലെ സുപ്രധാനമായ സ്ഥാപനമാണ് ISRO. ബഹിരാകാശ സാങ്കേതിക വിദ്യയുടെ വളർച്ചയും പുരോഗതിയും വികാസവുമാണ് ഈ സ്ഥാപനത്തിന്റെ പ്രധാന ലക്ഷ്യം. 1969 ൽ സ്ഥാപിതമായ ഈ സ്ഥാപനത്തിന്റെ ആസ്ഥാനം കർണ്ണാടകയിലെ ബംഗ്ലൂരു ആണ്. ഇന്ത്യയുടെ ഉപഗ്രഹ വിക്ഷേപണ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് നേതൃത്വം നല്കുന്ന ബഹിരാകാശ കേന്ദ്രം (VSSC) ISRO യുടെ ഭാഗമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

- **ദേശീയ ഭൗമശാസ്ത്ര പഠനകേന്ദ്രം (National Centre for Earth Science Studies - NCESS)**

1978 ൽ കേരളത്തിലെ തിരുവനന്തപുരം ജില്ലയിലെ ആക്കുളത്ത് സ്ഥാപിതമായ പ്രധാന ഗവേഷണസ്ഥാപനമാണ് ദേശീയ ഭൗമശാസ്ത്രപഠനകേന്ദ്രം. ആധുനിക ശാസ്ത്ര-സാങ്കേതിക ഗവേഷണങ്ങളെ പ്രോത്സാഹിപ്പിക്കുക, ഗവേഷണ പ്രവർത്ത

നങ്ങളെ രാജ്യത്തിന്റെയും കേരള സംസ്ഥാനത്തിന്റെയും വികസനപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് ഉപയുക്തമാകും വിധം കേന്ദ്രീകരിക്കുക എന്നിവയാണ് ഈ സ്ഥാപനത്തിന്റെ പ്രധാന ലക്ഷ്യങ്ങൾ. 2014 ജനുവരിയിൽ ഈ സ്ഥാപനം കേന്ദ്രഗവൺമെന്റിന്റെ ഖനന മന്ത്രാലയത്തിന് കീഴിലാക്കി.

- **ജലവിഭവ പരിപോഷണ നിയന്ത്രണ പരിപാലന കേന്ദ്രം (Centre for Water Resources Development and Management - CWRDM)**

  കേരള സർക്കാരിന്റെ കീഴിൽ കോഴിക്കോട് ജില്ലയിൽ സ്ഥാപിതമായ സ്വയംഭരണാധികാരമുള്ള സ്ഥാപനമാണ് ജലവിഭവ - പരിപോഷണ - പരിപാലന കേന്ദ്രം (CWRDM) കേരളത്തിലെ ജലത്തിന്റെ ആവശ്യകത തിരിച്ചറിഞ്ഞ് അതിനനുസരിച്ചുള്ള ഗവേഷണങ്ങളെയും ജലവിഭവ പരിപാലന പ്രവർത്തനങ്ങളേയും പ്രോത്സാഹിപ്പിക്കുകയുമാണ് ഈ സ്ഥാപനത്തിന്റെ ലക്ഷ്യം.

- **കേരള സംസ്ഥാന ഖനന ഭൂവൈജ്ഞാനിക വകുപ്പ് (Kerala State Mining and Geology Department)**

  കേരളത്തിലെ ഭൂവൈജ്ഞാനിക പര്യവേഷണം, ഖനനം എന്നീ പ്രവർത്തനങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന വകുപ്പാണ് കേരള സംസ്ഥാന ഖനന ഭൂവൈജ്ഞാനികവകുപ്പ്. എല്ലാ ജില്ലകളിലും പ്രാദേശിക കേന്ദ്രങ്ങൾ ഉള്ള ഈ സ്ഥാപനത്തിന്റെ ആസ്ഥാനം തിരുവനന്തപുരം ആകുന്നു.

- **കേരള സംസ്ഥാന ഭൂജല വകുപ്പ് (Kerala State Groundwater Department)**

  കേരള സംസ്ഥാനത്തിലെ ഭൂജല വിഭവ പര്യവേഷണം, ഭൂജല ചൂഷണം എന്നിവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് പ്രവർത്തിക്കുന്ന വകുപ്പാണ് കേരള സംസ്ഥാന ഭൂജലവകുപ്പ്. സംസ്ഥാനത്തെ എല്ലാ ജില്ലകളിലും പ്രാദേശിക കാര്യാലയങ്ങളുള്ള ഈ സ്ഥാപനത്തിന്റെ ആസ്ഥാനം തിരുവനന്തപുരമാണ്.

- **കേരളസംസ്ഥാന ഭൂവിനിയോഗ ബോർഡ് (Kerala State Landuse Board)**

  1975 ൽ സ്ഥാപിതമായ കേരള സംസ്ഥാന ഭൂവിനിയോഗ ബോർഡ്, സംസ്ഥാനത്തെ സാമ്പത്തികാസൂത്രണ വകുപ്പിന് കീഴിലാണ് പ്രവർത്തിക്കുന്നത്. അനുയോജ്യമായ ഭൂവിനിയോഗം സാധ്യമാകുന്ന തരത്തിൽ നിയമങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കാൻ ഈ സ്ഥാപനം ഗവൺമെന്റിനെ സഹായിക്കുന്നു. പ്രകൃതി വിഭവങ്ങളുടെ പരിപോഷണ - പരിപാലനത്തിന് ആവശ്യമായ നയങ്ങൾ രൂപീകരിക്കാൻ ഗവൺമെന്റിനെ സഹായിക്കുക, ഭൂമി, പ്രകൃതിവിഭവങ്ങൾ, മണ്ണ്, ജലം, സസ്യജാലങ്ങൾ എന്നിവയുടെ പരമാവധി ഉപയോഗം സാധ്യമാക്കുന്ന തരത്തിലുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ സർക്കാരിന് വേണ്ട ഉപദേശം നൽകുക എന്നിവയാണ് ഈ ബോർഡിന്റെ പ്രധാന ലക്ഷ്യങ്ങൾ.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ഭൂമിയെ കുറിച്ചുള്ള ശാസ്ത്രീയ പഠനമാണ് ഭൂവിജ്ഞാനീയം(Geology). ഭൗമശാസ്ത്രത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ട നാല് അടിസ്ഥാന പഠനശാഖകളിലൊന്നാണ് ഭൂവിജ്ഞാനീയം ഭൂമിക്ക് പുരാതനകാലത്ത് സംഭവിച്ചതും ഇപ്പോൾ സംഭവിക്കുന്നതുമായ മാറ്റങ്ങൾ ഇതിൽ പഠനവിഷയമാക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉത്ഭവം, ഘടന, അതിലെ ഖനിജങ്ങൾ, മൃത്തിക, ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ എന്നിവയുടെ പഠനങ്ങളും കണ്ടെത്തലുകളും ഭൂവൈജ്ഞാനികന്റെ (Geologist) ചുമതലയാണ്. ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന് വിവിധ ഉപപഠനശാഖകളുണ്ട്. ഇവയെല്ലാം മറ്റ് അടിസ്ഥാനശാസ്ത്രവിഷയങ്ങളുമായി വളരെയധികം ബന്ധപ്പെട്ടു കിടക്കുന്നു. പ്രാദേശികവും, തദ്ദേശിയവുമായ സുസ്ഥിര വികസനത്തിൽ ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിനും ഭൂവൈജ്ഞാനികനും വലിയ പങ്കു വഹിക്കാനുണ്ട്. മനുഷ്യന്റെ നിലനിൽപ്പിന് സുസ്ഥിരവികസനം അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. ഭാരതത്തിലെ പ്രമുഖ ഭൂവൈജ്ഞാനിക സ്ഥാപനങ്ങൾ പ്രത്യക്ഷമായും പരോക്ഷമായും മനുഷ്യനന്മ ലക്ഷ്യം വെക്കുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ നിരതരായിരിക്കുന്നു.

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- ഭൗമശാസ്ത്രം, ഭൂവിജ്ഞാനീയം എന്നിവ വിവരിക്കുന്നു.
- ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ ഉപശാഖകളെ മനസ്സിലാക്കുന്നു.
- മനുഷ്യസമൂഹത്തിന്റെ നന്മയ്ക്ക് ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ പങ്ക് തിരിച്ചറിയുന്നു.
- ഭൂവൈജ്ഞാനിക പഠനപ്രവർത്തനങ്ങളിൽ വിവിധ സ്ഥാപനങ്ങളുടെ മുഖ്യചുമതലകൾ കണ്ടെത്തുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. ഒരു രാജ്യത്തിന്റെ വികസനത്തിൽ ഭൗമവിഭവങ്ങളുടെ പങ്ക് വിവരിക്കുക.
2. ഭാരതത്തിലെ ഏതെങ്കിലും മൂന്ന് ഭൂവൈജ്ഞാനികസ്ഥാപനങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനം വിശദീകരിക്കുക.
3. ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിന്റെ ഏതെങ്കിലും അഞ്ച് ഉപശാഖളുടെ പട്ടിക തയാറാക്കുക.

2 ഭൂമിയുടെ ഉത്ഭവവും ആന്തരിക ഘടനയും
(ORIGIN AND STRUCTURE OF THE EARTH)

W2I6S9

2.1 ആമുഖം

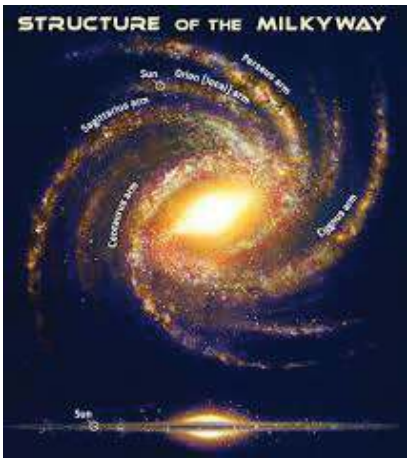
നാം അധിവസിക്കുന്ന ഭൂമി നിരവധി പ്രത്യേകതകൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ഒരു ജ്യോതിർഗോളമാണ്. ഭൂമിയുടെ നിർമിതി, ആന്തരിക ഘടന, പൂർവ്വകാല ചരിത്രം, നിരന്തര പരിണാമം എന്നിവയെയെല്ലാം കുറിച്ച് പഠനം നടത്തുന്ന ഒരു ശാസ്ത്രശാഖയാണ് ഭൂവിജ്ഞാനീയം എന്ന് ഒന്നാം അധ്യായത്തിൽ നാം മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. നമ്മുടെ ഭൂമി സൗരയൂഥത്തിലെ ഒരംഗമാണ്. ഈ സൗരയൂഥം ക്ഷീരപഥം (Milky Way)എന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്ന ഒരു അതിബൃഹത്തായ ഗ്യാലക്സിയിലെ (Galaxy) ഒരംഗമാണ്. ഇക്കാരണത്താൽ ഭൂവൈജ്ഞാനികപഠനത്തിനൊരാമുഖം എന്ന നിലയിൽ സൗരയൂഥത്തെക്കുറിച്ചും അതിബൃഹത്തായ പ്രപഞ്ചത്തെക്കുറിച്ചും, അവയിലെ എണ്ണമറ്റ ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വരുന്ന നക്ഷത്രങ്ങളെക്കുറിച്ചും ഗ്രഹങ്ങളെക്കുറിച്ചുമുള്ള അടിസ്ഥാനപരമായ അറിവ് അഭിലഷണീയമാണ്.

നിരവധി നക്ഷത്രസഞ്ചയങ്ങൾ, ഗ്യാലക്സികൾ തുടങ്ങിയവ ഉൾപ്പെടുന്ന പ്രപഞ്ചത്തെക്കുറിച്ച് നമുക്ക് ഉണ്ടായിരുന്ന അവബോധം കഴിഞ്ഞ ഏതാനും ശതകങ്ങളിൽ പുനർവിചിന്തനത്തിനും തൽഫലമായുള്ള സമൂലപരിവർത്തനത്തിനും വിധേയമായിത്തീർന്നു.

ഗ്യാലക്സി (Galaxy) എന്ന പദംകൊണ്ട് നാം വിവക്ഷിക്കുന്നത് നക്ഷത്രങ്ങൾ, നെബ്യുല തുടങ്ങിയവ ചേർന്നു രൂപമെടുക്കുന്ന അതിബൃഹത്തായ ഒരു സംഘാതമാണ്. ബൃഹത്തായ പ്രപഞ്ചത്തിലെ ചെറിയ തുരുത്തുകളായി പരിഗണിക്കാവുന്ന ഇത്തരം നക്ഷത്രരാജികൾ (ഗ്യാലക്സി) സമാനമായ പ്രപഞ്ച തുരുത്തുകളിൽ നിന്നും ഒന്നിനോടൊന്ന് വളരെയേറെ ദൂരങ്ങളിൽ വിന്യസിക്കപ്പെട്ടാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. സൂര്യനും, അതിന്റെ കുടുംബാംഗങ്ങളായ ഗ്രഹങ്ങളും ക്ഷീരപഥമെന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്ന ഒരു നക്ഷത്രരാജിയുടെ ഭാഗമാണ്. ഇതിന്റെ വ്യാസാർധം 100,000 മുതൽ 150,000 വരെ പ്രകാശവർഷമാണെന്നാണ് കണക്കാക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. ജ്യോതിശാസ്ത്രരംഗത്ത് ദൈർഘ്യത്തിന്റെ ഏകകമായി ഉപയോഗിച്ചു വരുന്ന പദമാണ് പ്രകാശവർഷം എന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്നത്. അതായത് ഒരു വർഷം കൊണ്ട് ശൂന്യതയിലൂടെ പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരത്തിന് തുല്യമാണിത്. പ്രകാശം ഒരു സെക്കന്റിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരം 3,00,000 കിലോമീറ്റർ ആകുന്നു(Velocity of light). അതുകൊണ്ട് ഒരു വർഷക്കാലം കൊണ്ട് പ്രകാശം സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരം 95,00,000,000,000 കിലോമീറ്റർ ആണെന്ന് കണക്കാക്കാം.

2.2. സൗരയൂഥം (Solar System)

ഒരു നക്ഷത്രവും, അതിനെ വലംവയ്ക്കുന്ന പ്രപഞ്ചവസ്തുക്കളും അഥവാ ജ്യോതിർഗോളങ്ങളും ഉൾപ്പെടുന്നതുമായ വ്യൂഹത്തെയാണ് സൗരയൂഥം എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. നമ്മുടെ സൗരയൂഥത്തിൽ സൂര്യനെന്ന് നാം വിളിക്കുന്ന നക്ഷത്രവും, അതിനെ വലം വയ്ക്കുന്ന സമസ്ത പ്രപഞ്ചവസ്തുക്കളും ഉൾപ്പെടുന്നു. ഇതിൽ 8 ഗ്രഹങ്ങളും, നമ്മുടെ ചന്ദ്രനെപ്പോലെയുള്ള 170-ഓളം ഉപഗ്രഹങ്ങളും, നിരവധി കുള്ളൻ ഗ്രഹങ്ങളും, എണ്ണമറ്റ ഛിന്നഗ്രഹങ്ങളും (ഛിന്നഗ്രഹങ്ങളിൽ പലതിനും അവയുടെ ഉപഗ്രഹങ്ങളും ഉണ്ട്), ധൂമകേതുക്കളും ഹിമഖണ്ഡങ്ങളും, സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞതും, ഗ്രഹങ്ങളുടെ സഞ്ചാരപഥങ്ങൾക്കിടയിൽ വർത്തിക്കുന്നതുമായ വാതകങ്ങളും പൊടിപടലങ്ങളും ഉൾപ്പെടുന്നു. ക്ഷീരപഥമെന്നറിയപ്പെടുന്നതും ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നതുമായ ഗ്യാലക്സിയിൽ (galaxy)നക്ഷത്രങ്ങൾ ചക്രാകാരമായിട്ടാണ് വിന്യസിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. അതിലെ ഓറിയൺ ഹസ്തം (Orion arm)എന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്ന ചക്രാകാരഹസ്തത്തിന്റെ അരികിലായിട്ടാണ് പ്രപഞ്ചത്തിൽ നമ്മുടെ സൗരയൂഥത്തിന്റെ സ്ഥാനം. ക്ഷീരപഥ ഗ്യാലക്സിയുടെ (Milky Way galaxy) കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും ഏകദേശം 28,000 പ്രകാശവർഷം ദൂരത്തിലാണ് നമ്മുടെ സൗരയൂഥം സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത് (ചിത്രം 2.1) സൗരയൂഥത്തിന് ക്ഷീരപഥത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തെ ഒരു തവണ പ്രദക്ഷിണം ചെയ്യുവാൻ 220 മുതൽ 250 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾ വേണ്ടി വരുമെന്നാണ് കണക്കാക്കിയിട്ടുള്ളത്. നമ്മുടെ സൗരയൂഥം പോലുള്ള ദശലക്ഷക്കണക്കിന് സൗരയൂഥങ്ങൾ ക്ഷീരപഥ ഗ്യാലക്സിയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നുണ്ട്. അതുപോലെ പ്രപഞ്ചമൊട്ടാകെ എണ്ണമറ്റ ഗ്യാലക്സികളും നിലനിൽക്കുന്നതായി കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്.

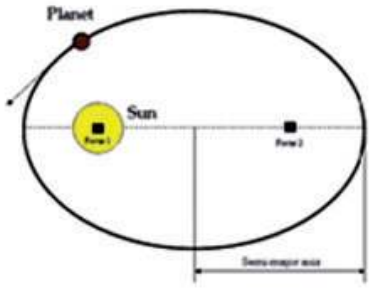


ചിത്രം 2.1 ക്ഷീരപഥ ഗ്യാലക്സിയും സൂര്യന്റെ സ്ഥാനവും

സൗരയൂഥത്തിന്റെ കേന്ദ്രം സൂര്യനാകുന്നു. സൗരയൂഥത്തിന്റെ മൊത്തം പിണ്ഡത്തിന്റെ ഏറിയകൂറും സൂര്യനിലാണ് കേന്ദ്രീകരിച്ചു കാണപ്പെടുന്നത്. ഗ്രഹങ്ങളേയും സൗരയൂഥത്തിലെ മറ്റ് അംഗങ്ങളേയും സൂര്യൻ അതിശക്തമായ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് വിധേയമാക്കുന്നു. 4.6 ശതകോടി (ബില്യൺ) വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണ് നമ്മുടെ സൗരയൂഥം രൂപം കൊണ്ടിട്ടുള്ളത്. ബുധൻ, ശുക്രൻ എന്നീ രണ്ട് ഗ്രഹങ്ങൾ ഭൂമിയുടേതിനെക്കാൾ അടുത്ത ഭ്രമണ പഥത്തിലാണ് സൂര്യനെ വലയം ചെയ്യുന്നത്.

സൂര്യനോട് അടുത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ബുധൻ, ശുക്രൻ, ഭൂമി, ചൊവ്വ എന്നീ നാല് ഗ്രഹങ്ങളെ ഭൗമഗ്രഹങ്ങൾ (Terrestrial Planets)എന്ന് വിളിച്ചു വരുന്നു. ഈ ഗ്രഹങ്ങളുടെയെല്ലാം ഉപരിതലം ഖരാവസ്ഥയിലുള്ള ശിലകളാൽ നിർമിതമാണ്.

സൂര്യനിൽ നിന്നും താരതമ്യേന അകലെയായി ഭ്രമണം ചെയ്യുന്ന ചൊവ്വ ഗ്രഹത്തിന്റെ സഞ്ചാരപഥത്തിനും അപ്പുറമുള്ള ബാഹ്യഗ്രഹങ്ങളായ വ്യാഴം (ജൂപ്പിറ്റർ), ശനി (സാറ്റേൺ) എന്നീ ഗ്രഹങ്ങളെ വാതകഭീമൻമാർ (Gas giants) എന്നും സൂര്യനിൽ നിന്ന് ഏറ്റവും അകലെ ഭ്രമണപഥങ്ങളുള്ള യുറാനസ്, നെപ്ട്യൂൺ എന്നീ ഗ്രഹങ്ങളെ ഐസ് ഭീമൻമാർ (Ice giants)എന്നും വിളിക്കുന്നു.



ചിത്രം 2.2. ഗ്രഹങ്ങളുടെ ദീർഘവൃത്താകൃതിയിലുള്ള സഞ്ചാരപഥം

കോപ്പർ നിക്കസിന്റെ (1473–1553) കാലഘട്ടം വരെ എല്ലാ ജ്യോതിർഗോളങ്ങളും ഭൂമിക്ക് ചുറ്റുമാണ് പരിക്രമണം ചെയ്യുന്നതെന്നാണ് പൊതുവെ വിശ്വസിച്ചിരുന്നത്. ഈ ആശയം ഭൗമകേന്ദ്രീകൃത സങ്കൽപ്പം (Geocentric Concept)എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ ഗലീലിയോ (1564–1642) ദൂരദർശിനി കണ്ടുപിടിച്ചതോടുകൂടി ഈ ആശയം തെറ്റാണെന്ന് കണ്ടെത്തി. സൂര്യനാണ് സൗരയൂഥത്തിന്റെ കേന്ദ്രം എന്നും ഭൂമിയുൾപ്പെടുന്ന ഗ്രഹങ്ങൾ സൂര്യന്റെ ചുറ്റുമാണ് പ്രദക്ഷിണം ചെയ്യുന്നതെന്നും നിരീക്ഷണങ്ങളിലൂടെ തെളിയിക്കപ്പെട്ടു. ഇന്ന് നിലവിലുള്ള ഈ ആശയത്തെ സൗരകേന്ദ്രീകൃത സങ്കൽപ്പം (heliocetric concept) എന്നു പറയുന്നു.

സൂര്യനെന്ന കേന്ദ്രത്തെ (Focus) അടിസ്ഥാനമാക്കി, മെർക്കുറി ഒഴികെയുള്ള എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളും ദീർഘവൃത്താകൃതിയിലുള്ള (ellipse) സഞ്ചാരപഥങ്ങളിലൂടെയാണ് (orbit) സൂര്യന് ചുറ്റും പരിക്രമണം ചെയ്യുന്നത്. (ചിത്രം 2.2) എന്നാൽ സൂര്യനോട് ഏറ്റവും അടുത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ബുധന്റെ (മെർക്കുറി) സഞ്ചാരപഥം ഏറെക്കുറെ വൃത്താകൃതിയിലാണ് (Circular Orbit). എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങളുടേയും സഞ്ചാരപഥങ്ങൾ ഏറെക്കുറെ ഒരേ തലത്തിലാണ് വിന്യസിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. (സൂര്യന്റെ ഉത്തരധ്രുവത്തിന്റെ ദിശയിൽ നിന്ന് വീക്ഷിച്ചാൽ ഗ്രഹങ്ങളുടെ സഞ്ചാരദിശ എതിർഘടികാര ദിശയിൽ (anticlockwise) ആയിരിക്കും) ബുധൻ, ശുക്രൻ, യുറാനസ് എന്നിവ ഒഴികെയുള്ള മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങൾ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നതും ഈ ദിശയിൽ തന്നെയായിരിക്കും.

നെപ്ട്യൂണിന് പുറത്തുള്ള ക്യൂപ്പർ ബെൽട്ട് (Kuiper belt) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഖരമഞ്ഞ് നിറഞ്ഞ മേഖലയിലാണ് ഭൂരിഭാഗം കുള്ളൻ ഗ്രഹങ്ങളുടെയും സഞ്ചാരപഥങ്ങൾ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. നിരവധി ധൂമകേതുക്കളുടെ ഉത്ഭവ സ്ഥാനം കൂടിയാണ് ഈ മേഖല. മിക്കവാറും എല്ലാ ഗ്രഹങ്ങൾക്കും രണ്ട് ഉപഗ്രഹങ്ങൾക്കും കുള്ളൻ ഗ്രഹങ്ങൾക്കും അവയുടേതായ വായുമണ്ഡലങ്ങൾ ഉണ്ട്.

ഭൂമിയിൽ നിന്നും സൂര്യനിലേക്കുള്ള ശരാശരി ദൂരം 149.60 ദശലക്ഷം (Million) കിലോമീറ്റർ ആകുന്നു. ഈ ദൂരത്തെ ജ്യോതിശാസ്ത്ര ഏകകം (Astronomical Unit) എന്ന് വിളിയ്ക്കുന്നു. ഇതിനെ സൂചിപ്പിക്കാൻ 'AU' എന്ന ചുരുക്കെഴുത്ത് ഉപയോഗിച്ചു വരുന്നു. സൗരയൂഥത്തിൽ അകലം അളക്കുന്നതിന് ഈ ഏകകമാണ് ഉപയോഗിച്ചു വരുന്നത്. ഒരു 'AU' എന്ന് പറയുന്നത് സൂര്യനിൽ നിന്ന് ഭൂമിയിലേക്കുള്ള ശരാശരി അകലമാണ് (150 ദശലക്ഷം കിലോമീറ്റർ). അമേരിക്കൻ ബഹിരാകാശ സ്ഥാപനമായ

നാസ (NASA) യുടെ വോയേജർ -1, വോയേജർ-2 എന്നിവയാണ് സൗരയൂഥത്തിന്റെ പുറംഭാഗത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പര്യവേക്ഷണത്തിനായി ആദ്യമായി അയച്ച ബഹിരാകാശ വാഹനങ്ങൾ (Space crafts)

2.2.1 സൂര്യൻ (The Sun)

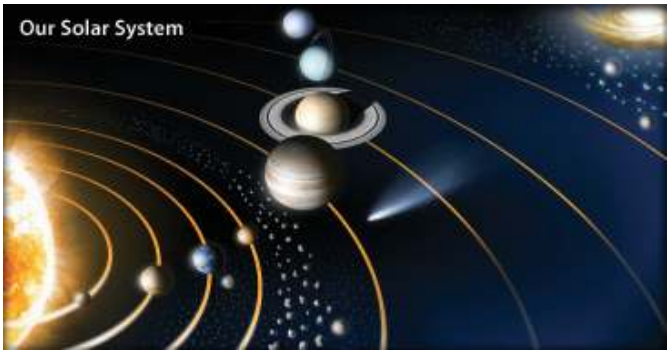
സൗരയൂഥത്തിന്റെ കേന്ദ്രമായ സൂര്യൻ ഒരു നക്ഷത്രമാണ്. ഈ നക്ഷത്രത്തിന്റെ ബാഹ്യ മണ്ഡലം ഖരാവസ്ഥയിൽ അല്ല സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. തീവ്രമായ താപത്താൽ അയോണീകരിക്കപ്പെട്ട വാതക മണ്ഡലമായിട്ടാണ് ഈ ബാഹ്യമണ്ഡലം സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. സൂര്യന്റെ വ്യാസാർധം 6,95,508 കിലോമീറ്റർ ആകുന്നു. ഇത് ഭൂമിയടെ വ്യാസാർധത്തിന്റെ 110 മടങ്ങാണ്. സൂര്യന്റെ മൊത്തം വ്യാപ്തത്തിനുള്ളിൽ ഏകദേശം ഒരു ദശലക്ഷം ഭൂമികൾ ഉൾക്കൊള്ളിക്കാൻ സാധിക്കും. സൂര്യന്റെ പിണ്ഡം ഭൂമിയുടെ പിണ്ഡത്തിന്റെ ഏകദേശം 3,30,000 മടങ്ങ് അധികമാണ്. ഇത് മൊത്തം സൗരയൂഥ പിണ്ഡത്തിന്റെ 99.86 ശതമാനത്തോളം വരും. സൗരപിണ്ഡത്തിന്റെ ¾ ഭാഗം ഹൈഡ്രജനും ശേഷിച്ച ഭാഗം ഏറെക്കുറെ ഹീലിയം വാതകവും ആകുന്നു. കൂടാതെ താരതമ്യേന ഭാരക്കൂടുതലുള്ള മൂലകങ്ങളായ ഓക്സിജൻ, നിയോൺ, കാർബൺ, ഇരുമ്പ് എന്നിവ ഉൾപ്പെടെയുള്ള മറ്റു മൂലകങ്ങൾ ഏകദേശം 1.69 ശതമാനത്തോളം കാണപ്പെടുന്നു. സൂര്യനിൽ എല്ലാ വാതകങ്ങളും, മൂലകങ്ങളും അയോണുകളുടെ രൂപത്തിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഉയർന്ന തോതിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം അയോണുകളെ തമ്മിൽ ഓന്നോടൊന്ന് ബന്ധിപ്പിച്ച് നിർത്തുന്നു. ഇത് സൂര്യകേന്ദ്രത്തിൽ നിലനിൽക്കുന്ന ഉയർന്ന മർദ്ദത്തിനും ഊഷ്മാവിനും കാരണമാകുന്നു. സൂര്യൻ ഒരു ഖരരൂപത്തിലുള്ള ജ്യോതിർഗോളമല്ലാത്തതിനാൽ ഇതിന്റെ വ്യത്യസ്ത ഭാഗങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത വേഗതയിൽ ആണ് ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നത്. സൂര്യന്റെ മധ്യരേഖാ പ്രദേശത്ത് ഒരു ഭ്രമണം പൂർത്തിയാക്കാൻ 25 ദിവസവും, ധ്രുവ പ്രദേശങ്ങളിൽ 36 ദിവസവും വേണ്ടിവരുന്നു. സൂര്യന്റെ ഉപരിഭാഗത്തെ ഊഷ്മാവ് ഏകദേശം 5725^{0}C നോടടുത്താണ്. അകക്കാമ്പിലെ ഊഷ്മാവ് ഏകദേശം 15 ദശലക്ഷം ഡിഗ്രി സെൽഷ്യസ് ആണെന്നാണ് കണക്കാക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളത്.

പ്രപഞ്ചത്തെ മൊത്തമായി പരിഗണിക്കുമ്പോൾ സൂര്യന് അത്ര ഗണ്യമായ പ്രാധാന്യം ഒന്നും തന്നെയില്ല, എന്നാൽ സൗരയൂഥത്തിൽ സൂര്യന് പ്രഥമസ്ഥാനമാണുള്ളത്. ഭൂമിയിലെ ഊർജത്തിന്റെ പ്രധാന ഉറവിടം സൂര്യനാകുന്നു. ഭൂമിയിലെ മിക്കവാറും എല്ലാ ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും ആവശ്യമായ ഊർജത്തിന്റെ ദാതാവ് സൂര്യനാകുന്നു. കാറ്റ്, തിരമാലകൾ, സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ, വർഷപാതം, കാലാവസ്ഥാ വ്യതിയാനം എന്നിവയ്ക്കെല്ലാം ചാലകശക്തി ലഭ്യമാകുന്നത് സൗരോർജത്തിൽ നിന്നാണ്. ഭൂമിയിലെ വൈവിധ്യമാർന്ന ജീവജാലങ്ങളുടെ നിലനിൽപ്പിന് ഹേതുവായി വർത്തിക്കുന്നതും സൂര്യനാണ്.

2.2.2. ഗ്രഹങ്ങൾ (Planets)

എട്ട് ഗ്രഹങ്ങൾ ആണ് സൗരയൂഥത്തിൽ ഉള്ളത്. ബുധൻ (മെർക്കുറി), ശുക്രൻ (വീനസ്), ഭൂമി, (എർത്ത്) ചൊവ്വ (മാർഴ്സ്), വ്യാഴം (ജൂപ്പിറ്റർ), ശനി (സാറ്റേൺ), യുറാനസ്, നെപ്ട്യൂൺ എന്നിവയാണ് എട്ട് ഗ്രഹങ്ങൾ. സൂര്യനോട് ഏറ്റവും അടുത്ത്

കാണപ്പെടുന്നത് ബുധനും, സൂര്യനിൽ നിന്ന് ഏറ്റവും അകലെ കാണപ്പെടുന്നത് നെപ്ട്യൂണും ആകുന്നു ചിത്രം (2.3). സൗരയൂഥത്തിലെ ഏറ്റവും വലിയ ഗ്രഹം വ്യാഴവും ഏറ്റവും ചെറിയത് ബുധനും ആകുന്നു. ഏറ്റവും ചൂട് കൂടിയ ഗ്രഹം ശുക്രനാണ് (ശരാശരി ഊഷ്മാവ് 465°C)



ചിത്രം 2.3 – സൂര്യനും സൗരയൂഥത്തിലെ ഗ്രഹങ്ങളും

സൗരയൂഥത്തിലെ ഗ്രഹങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചുള്ള പ്രസക്തമായ ചില വസ്തുതകൾ

ഗ്രഹങ്ങളെ ആന്തരഗ്രഹങ്ങൾ (inner planets) എന്നും ബാഹ്യഗ്രഹങ്ങൾ (outer planets) എന്നും രണ്ടു വിഭാഗങ്ങളായി തരം തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ആദ്യത്തെ നാല് ഗ്രഹങ്ങളായ – ബുധൻ, ശുക്രൻ, ഭൂമി, ചൊവ്വ എന്നിവയാണ് ആന്തരഗ്രഹങ്ങൾ അഥവാ ഭൗമഗ്രഹങ്ങൾ. സൗരയൂഥത്തിലെ അവശേഷിക്കുന്ന ഗ്രഹങ്ങളായ വ്യാഴം, ശനി, യുറാനസ്, നെപ്റ്റ്യൂൺ എന്നിവ 'ജോവിയൻ ഗ്രഹങ്ങൾ' എന്ന പേരിലും അറിയപ്പെടുന്നുണ്ട്.

ബുധൻ സൂര്യനോട് ഏറ്റവും അടുത്തതും, സൗരയൂഥത്തിലെ ഏറ്റവും ചെറുതും, ഭൂമിയുടെ ഉപഗ്രഹമായ ചന്ദ്രനേക്കാൾ കുറച്ച് അധികം വലുതുമായ ഗ്രഹമാണ്. സൂര്യനോട് വളരെ അടുത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതിനാൽ പ്രഭാതസമയത്തും സായാഹ്ന സമയത്തും ബുധനെ നിരീക്ഷിക്കുന്നത് പ്രയാസമാണ്. സൂര്യനെ ഒരു തവണ പ്രദക്ഷിണം ചെയ്യാൻ ബുധന് 88 ദിവസം വേണ്ടി വരുന്നു. ബുധന്റെ ഭ്രമണവേഗത മറ്റുള്ള ഗ്രഹങ്ങളെക്കാൾ വളരെയധികമാണ്. ബുധനിലെ ഒരു സൗരദിനം ഭൂമിയിലെ 175.97 ദിനങ്ങൾക്ക് തുല്യമാണ്. സൗരയൂഥത്തിലെ ഏറ്റവും ചൂട് കൂടിയ ഗ്രഹമാണ് ശുക്രൻ എന്ന് പറഞ്ഞുവല്ലോ. ഭ്രമണ – പരിക്രമണ കാലയളവുകൾ ഏകദേശം ഒന്നാണ്. എങ്കിലും ഒരു ശുക്രദിനത്തിന്റെ ദൈർഘ്യം ഒരു പൂർണ്ണ ശുക്രവർഷത്തിനേക്കാൾ അധികമാണ്.

പട്ടിക 2.1. ഗ്രഹങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചുള്ള ചില പ്രധാന വസ്തുതകൾ

ക്രമ നം	ഗ്രഹത്തിന്റെ പേര്	സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള ശരി അകലം (ദശലക്ഷം (കി.മിറ്ററിൽ)	മധ്യരേഖീയ വ്യാസം (കി.മി)	സാന്ദ്രത കി.ഗ്രാം/ മീറ്റർ^3)	ഒരു പരിക്രമണ കാലയളവ്	ഒരു ഭ്രമണ കാലയളവ് (മണിക്കൂർ)	ശരാശരി ഊഷ്മാവ് (^oC)	ഉപഗ്രഹ ങ്ങളുടെ എണ്ണം
1	ബുധൻ	57.9	4,879	5427	88 ദിവസം	1407.6	167	0
2	ശുക്രൻ	108.2	12,104	5243	224 ദിവസം	- 5832.5	465	0
3	ഭൂമി	149.6	12,756	5514	$365\frac{1}{4}$ ദിവസം	23.9	15	1
4	ചൊവ്വ	227.9	6,792	3933	1.9 വർഷം	24.6	- 65	2
5	വ്യാഴം	778.6	1,42,984	1326	11.9 വർഷം	9.9	- 110	67
6	ശനി	1433.5	1,20,536	687	29.5 വർഷം	10.7	- 140	62
7	യുറാനസ്	2872.5	51,118	1271	84 വർഷം	- 17.2	- 195	27
8	നെപ്ച്യൂൺ	4495.1	49,528	1638	164.9 വർഷം	16.1	- 200	14

ഭ്രമണ കാലയളവിലെ നെഗറ്റീവ് ചിഹ്നം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ആ ഗ്രഹം ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നത് സൂര്യനെ പരിക്രമണം ചെയ്യുന്ന ദിശയ്ക്ക് വിപരീതദിശയിലാണ് എന്നാണ്. ഇതിന് വിപരീതഗതീയ ഭ്രമണം (retrograde rotation) എന്ന് പറയുന്നു.

2.2.3 ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ (Asteroids)

ചൊവ്വയുടെ ഭ്രമണപഥത്തിനും വ്യാഴത്തിന്റെ ഭ്രമണപഥത്തിനും ഇടയിലൂടെ സൂര്യനെ വലംവയ്ക്കുന്ന താരതമ്യേന ചെറിയ ആകാശ ഗോളങ്ങളെയാണ് ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നത്. വ്യത്യസ്ത ആകൃതിയിലും വലിപ്പത്തിലുമുള്ള ശിലാഖണ്ഡങ്ങളാണ് ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ. ഏകദേശം 1000 കിലോമീറ്റർ വ്യാസമുള്ള സീറീസ് ആകുന്നു സൗരയൂഥത്തിലെ ഏറ്റവും വലിയ ക്ഷുദ്രഗ്രഹം. ഈയടുത്ത കാലത്ത് സീറീസിനെ പ്ലൂട്ടോയോടും മറ്റുള്ളവയോടും ഒപ്പം കുള്ളൻ ഗ്രഹങ്ങളുടെ പട്ടികയിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. 1900 ജനുവരി 1-നാണ് ഈ ക്ഷുദ്രഗ്രഹത്തെ കണ്ടെത്തിയത്. ഈ തീയതിയുടെ സവിശേഷത ആലോചിച്ചുനോക്കൂ.

കണ്ടെത്തിയിട്ടുള്ള മിക്കവാറും എല്ലാ ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങളുടെയും വ്യാസം 1 കിലോമീറ്ററിനേക്കാൾ കുറവാണ്. വിദൂരഭൂതകാലത്ത് സൗരയൂഥത്തിൽ നിലനിന്നിരുന്ന ഒരു ഗ്രഹമോ ഗ്രഹങ്ങളോ അജ്ഞാതമായ കാരണത്താൽ പൊട്ടിത്തെറിച്ച് ഛിന്നഭിന്നമായ, അവശിഷ്ടങ്ങളാകാം ഇന്ന് കാണുന്ന ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങൾ എന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ പൊതുവെ വിശ്വസിച്ചുപോരുന്നു.

2.2.4 വാൽനക്ഷത്രങ്ങൾ (Comets)

അതിദീർഘവൃത്താകൃതിയിലുള്ളതും അതുകൊണ്ടുതന്നെ സുദീർഘമായതുമായ സഞ്ചാരപഥങ്ങളിലൂടെ സൂര്യനുചുറ്റും പ്രദക്ഷിണം വയ്ക്കുന്ന, താരതമ്യേന ചെറിയ ജ്യോതിർഗോളങ്ങളാണ് ധൂമകേതുക്കൾ (ചിത്രം 2.4). മലയാളത്തിൽ വാൽനക്ഷത്രങ്ങൾ എന്ന പേരിലും ഇവ അറിയപ്പെടുന്നു. ധൂമകേതുക്കളിൽ ഭൂരിഭാഗവും മിക്ക

വാറും സമയം സൗരയൂഥത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും അകന്ന മേഖലകളിലായിരിക്കും സഞ്ചരിക്കുന്നത്. ചില കാലങ്ങളിൽ ധൂമകേതുക്കൾ അവയുടെ പരിക്രമണപഥത്തിലൂടെ സൂര്യനോട് വളരെ അടുത്ത് വരാറുണ്ട്.

സൂര്യനോട് അടുത്തു വരുമ്പോൾ ധൂമകേതുക്കളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഹിമകണികകൾ, കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ് മുതലായവ ബാഷ്പീകരണത്തിന് വിധേയമാകുന്നു.

ചിത്രം 2.4 വാൽ നക്ഷത്രങ്ങൾ

ധൂമകേതുക്കൾക്ക് ശിലാനിർമിതമായ ഒരു കേന്ദ്രഭാഗവും (Nucleus), ഈ കേന്ദ്രഭാഗത്തിന് ചുറ്റുമായി വാതകങ്ങൾ, ഖരമഞ്ഞ്, പൊടിപടലങ്ങൾ എന്നിവ കാണപ്പെടുന്ന തിളക്കമാർന്ന വാലുപോലെയുള്ള ഭാഗവും (സൂര്യന്റെ എതിർദിശയിൽ വിന്യസിക്കപ്പെട്ടതായി) കാണാം. വാതകങ്ങൾ, ന്യൂക്ലിയസ്സിനു ചുറ്റുമായി ഒരു പ്രഭാവലയം സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഈ പ്രഭാവലയം ഭൂമിയിൽ നിന്ന് ദൃശ്യമാകുന്നത് ഒരുപക്ഷേ ധൂമകേതുക്കൾ സൂര്യനോട് അടുത്ത് വരുമ്പോൾ മാത്രമാണ്. ധൂമകേതുക്കളിൽ സുപ്രസിദ്ധമായത് ഹാലിയുടെ ധൂമകേതുവാകുന്നു (Halley's Comet). 18-ാം നൂറ്റാണ്ടിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന എഡ്മണ്ട് ഹാലി (Edmund Halley) എന്ന ജ്യോതിശാസ്ത്രകാരന്റെ സ്മരണാർഥമാണ് ഈ പേര് നൽകിയിട്ടുള്ളത്. 76 വർഷത്തിൽ ഒരിക്കൽ മാത്രമാണ് ഹാലിയുടെ ധൂമകേതു ഭൂമിയിൽ നിന്ന് ദൃശ്യമാകും വിധം സൂര്യനോട് അടുത്ത് വരുകയുള്ളൂ.

ഊർട്ട് മേഘപടലം

1950 - ൽ, ഡച്ച് ജ്യോതിശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന ജാൻ ഊർട്ട് സൗരയൂഥത്തിന്റെ ബാഹ്യമേഖലയിൽ അതിനെ ആവരണം ചെയ്ത ഗോളാകൃതിയിലുള്ള ശൂന്യാകാശ ഭാഗത്തെ ഐസ് പോലെ തണുത്ത പ്രപഞ്ചവസ്തുക്കളിൽ നിന്നുമാണ് ചില വാൽനക്ഷത്രങ്ങൾ (ധൂമകേതുക്കൾ) സൗരയൂഥത്തിനുള്ളിലേയ്ക്ക് വന്നെത്തുന്നത് എന്ന് കണ്ടെത്തി. സൗരയൂഥത്തിനുപുറത്തെ ഈ ഭീമാകാരമായ പ്രപഞ്ചപദാർഥ സഞ്ചയം ഊർട്ട് മേഘപടലം എന്ന പേരിലാണ് ഇന്ന് അറിയപ്പെടുന്നത്. സൂര്യനിൽ നിന്നും 5,000 മുതൽ 100,000 ജ്യോതിശാസ്ത്ര ഏകകം (A.U) അകലെയായിട്ടാണ് ഊർട്ട് മേഘപടലങ്ങൾ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. ഈ സഞ്ചയങ്ങളിൽ നിന്നും ആവിർഭവിക്കുന്ന ധൂമകേതുക്കളുടെ പരിക്രമണ പഥത്തിന് അതിദീർഘവൃത്താകൃതിയാണുള്ളത്. ഇവയ്ക്ക് സൂര്യനെ ചുറ്റി വരുവാൻ ആയിരക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന നീണ്ട കാലയളവുകളും വേണ്ടിവരുന്നുവെന്നും കണ്ടെത്തിയിട്ടുമുണ്ട്. ചരിത്രകാലത്ത്, ഈയിനം വാൽനക്ഷത്രങ്ങളിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ഒരെണ്ണത്തെ മാത്രമെ വാനശാസ്ത്ര നിരീക്ഷണത്തിൽ സൗരയൂഥത്തിന്റെ അന്തർമേഖലയിൽ കണ്ടെത്താൻ കഴിഞ്ഞിട്ടുള്ളൂ. ഊർട്ട് മേഘപടലത്തിൽ നിന്നും വന്നെത്തുന്ന വാൽ നക്ഷത്രങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് മറ്റിനം വാൽനക്ഷത്രങ്ങൾക്ക് സൂര്യനെ പരിക്രമണം ചെയ്യുവാൻ ഏകദേശം 200 വർഷത്തിനേക്കാൾ കുറവായ കാലമേ വേണ്ടിവരുന്നുള്ളൂ. കൂടാതെ ഇവയുടെ പരിക്രമണപഥങ്ങൾ ഏറെക്കുറെ ഗ്രഹങ്ങളുടെ സഞ്ചാര പഥങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന

പ്രതലത്തിൽ തന്നെയാണെന്നതും ശ്രദ്ധേയമാണ്. പരിക്രമണ കാലം കുറവായ വാൽനക്ഷത്രങ്ങൾ എല്ലാം തന്നെ ചരിക്കുന്നത് സൗരയൂഥത്തിൽ നെപ്ട്യൂൺ ഗ്രഹത്തിന്റെ സഞ്ചാരപഥത്തിന് പുറമെ ക്യൂപ്പർ ബെൽറ്റ് എന്നറിയപ്പെടുന്ന, തളികാ രൂപത്തിലുള്ള ഒരു മേഖലയിൽ നിന്നുമാണ്. സുപ്രസിദ്ധ വാനശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന ജെറാൾഡ് ക്യൂപ്പറിന്റെ ബഹുമാനാർഥമാണ് ഈ മേഖലയ്ക്ക് അതിന്റെ പേര് നൽകിയിട്ടുള്ളത്. സൂര്യനിൽ നിന്നും 35 മുതൽ 55 A.U (ജ്യോതിശാസ്ത്ര ഏകകം) അകലെയായിട്ടാണ് ക്യൂപ്പർ ബൽറ്റിന്റെ സ്ഥാനം. 100 കി.മീറ്ററിലധികം വ്യാസമുള്ള അനേകായിരം ഐസ് പോലെ തണുത്ത പ്രപഞ്ചവസ്തുക്കളും കോടിക്കണക്കിനുള്ള വാൽ നക്ഷത്രങ്ങളും ഈ മേഖലയിൽ കാണപ്പെടുന്നുവെന്നാണ് വിശ്വസിച്ചുവരുന്നത്.

നമുക്ക് ചെയ്തുനോക്കാം

നിങ്ങളുടെ സ്കൂൾ ഗ്രൗണ്ടിൽ അനുയോജ്യമായ സ്ഥലത്ത്, ഉചിതമായ അളവിൽ (ഉദാ: 1 മീറ്റർ = 2 A.U) സൗരയൂഥത്തിന്റെ ഒരു മാതൃക നിർമിക്കുക.

2.2.5 ഉൽക്കകളും ഉൽക്കാശിലകളും (Meteors and Meteorites)

ചന്ദ്രനില്ലാത്ത സമയത്ത് ആകാശത്ത് പെട്ടെന്ന് തിളക്കമാർന്ന പ്രകാശരേഖകൾ ആകാശത്തിന് കുറുകെ സഞ്ചരിക്കുന്നതും ഒരു അടയാളംപോലും അവശേഷിപ്പിക്കാതെ ഏതാനും നിമിഷങ്ങൾക്കുള്ളിൽ അപ്രത്യക്ഷമാവുകയും ചെയ്യുന്ന പ്രതിഭാസം നിങ്ങളിൽ പലർക്കും സുപരിചിതമാണല്ലോ. സൗരയൂഥത്തിലെ അംഗങ്ങളായ ഉൽക്കകളാണ് ആകാശത്തിലെ ഈ പ്രതിഭാസത്തിന് കാരണം.

താരതമ്യേന വലിപ്പം കുറഞ്ഞ ജ്യോതിർവസ്തുക്കളാണ് ഉൽക്കകൾ. ഗ്രഹങ്ങളുടെ സഞ്ചാര പഥങ്ങൾക്കിടയ്ക്കുള്ള ശൂന്യാകാശഭാഗങ്ങളിൽ നിന്ന് ഭൂമിയുടെ വായുമണ്ഡലത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്ന ഉൽക്കകൾ അന്തരീക്ഷത്തിലെ കണികകളുമായുണ്ടാക്കുന്ന ഘർഷണത്തിന്റെ ഫലമായി കത്തിയെരിയുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് ആകാശത്തിന് കുറുകെ പ്രകാശരേഖകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ഘർഷണത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന ഉയർന്ന താപം ഉൽക്കാപദാർഥങ്ങൾ വായുമണ്ഡലത്തിൽ വച്ച് കത്തുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. ശൂന്യാകാശത്ത് നിന്നും ഭൂമിയുടെ ബാഹ്യാവരണ വായുമണ്ഡലത്തിൽ വന്നെത്തുന്ന ശിലാഖണ്ഡങ്ങളാണ് ഉൽക്കകൾ. ഇവ സെക്കന്റിൽ നിരവധി കിലോമീറ്റർ വേഗതയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഓരോ ദിവസവും ആയിരക്കണക്കിന് ഉൽക്കകൾ ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷമണ്ഡലത്തിൽ പ്രവേശിക്കുന്നുണ്ട്. ചില സമയങ്ങളിൽ ആകാശത്തിൽ ദൃശ്യമാകുന്ന ഉൽക്കാവർഷണം (Meteor Showers) ധൂമകേതുക്കളുടെ വാൽ ഭാഗത്തിന്റെ അവശിഷ്ടങ്ങളിൽ നിന്നും രൂപം കൊള്ളുന്നതാണ്.

വായുമണ്ഡലത്തിൽ വച്ച് പൂർണ്ണമായും കത്തി നശിക്കാതെ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ പതിക്കുന്ന ഉൽക്കകളെ ഉൽക്കാശിലകൾ (Meteorites) എന്നുവിളിക്കുന്നു.

ചിത്രം 2.5 ഉൽക്കാ ഗർത്തം (ബാരിഞ്ചർ ഗർത്തം, അരീസോണ, യു.എസ്.എ)

ഭീമാകാരമായ ഉൽക്കകളുടെ പതനം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ചിലപ്പോൾ വലിയ ഗർത്തങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിലുണ്ടായ സുപ്രസിദ്ധമായ ഗർത്തമാണ് USAയിലെ അരിസോണ മരുഭൂമിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ബാരിഞ്ചർ ഗർത്തം (Barringer Crater of Arizona Desert in USA) (ചിത്രം 2.5.) ഈ ഗർത്തത്തിന് 1.2 കിലോമീറ്റർ വ്യാസവും 200 മീറ്റർ ആഴവുമുണ്ട്. ഭാരതത്തിൽ ഉൽക്കാപതനം മൂലമുണ്ടായ ഗർത്തത്തിന് ഒരു ഉദാഹരണമാണ് ലോനാർ ഗർത്തം (Lonar Crater). ഈ ഗർത്തം ഇന്ന് ലവണജല തടാകമായി (saline soda lake) കാണപ്പെടുന്നു. മഹാരാഷ്ട്രയിലെ ബുൽഡാന ജില്ലയിലെ ലോനാറിൽ കാണപ്പെടുന്ന ലോനാർ ഗർത്തത്തിന്റെ വ്യാസം 1.8 കി. മീ. ആകുന്നു. പ്ലീസ്റ്റോസിൻ (Pleistocene) കാലഘട്ടത്തിൽ ഡക്കാൺ പ്രദേശത്തെ തണുത്തുറഞ്ഞ ലാവയ്ക്ക് മുകളിൽ ആണ് ഇത് പതിച്ചിട്ടുള്ളത്.

കേരളത്തിൽ രണ്ട് ഉൽക്കാശിലകൾ കണ്ടെത്തിയ വിവരങ്ങൾ ലഭ്യമാണ്. ഏകദേശം 1460 ഗ്രാം തൂക്കമുള്ള ഒന്ന് കൊടുങ്ങല്ലൂരിൽ (10°12'N, 76°16'E) 1917-ലും, ഏകദേശം 45 കി.ഗ്രാം തൂക്കമുള്ള മറ്റൊന്ന് 1914 - ൽ കുറ്റിപ്പുറത്ത് നിന്നും ലഭ്യമായിട്ടുണ്ട്. ഇവ രണ്ടും കോണ്ട്രയിറ്റ് (Chondrite) അഥവാ ശിലാമയ ഉൽക്കാശിലാ (Stony meteorites) വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ടതാകുന്നു.

ഉൽക്കകളെ മൂന്ന് വിഭാഗങ്ങളായി വർഗീകരിച്ചാണ് പഠനവിഷയമാക്കുന്നത്.

എ. ശിലാമയ ഉൽക്കാശിലകൾ (Stony Meteorites)

ബി. അയേൺ ഉൽക്കാശിലകൾ (Iron Meteorites)

സി. ശിലാമയ-അയേൺ ഉൽക്കാശിലകൾ (Stony-Iron Meteorites)

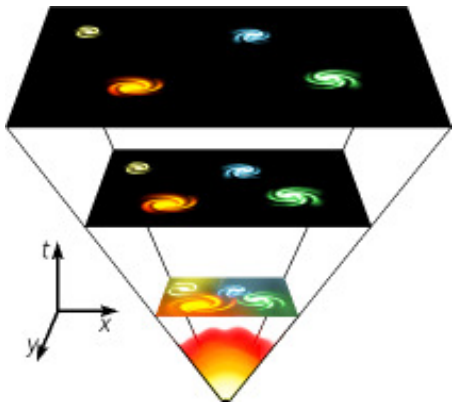
മുകളിൽ പറഞ്ഞ വർഗീകരണം ഉൽക്കാശിലകളുടെ രാസഘടനയെ ആസ്പദമാക്കിയുള്ളതാണ്.

ശിലാമയ ഉൽക്കാശിലകൾ ഏറെക്കുറെ പൂർണ്ണമായും സിലിക്കേറ്റ് ഖനിജങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. എന്നാൽ അയേൺ ഉൽക്കാശിലകൾ നിക്കലോ മറ്റു ലോഹങ്ങളോ ഇരുമ്പുമായി കൂടിച്ചേർന്നുണ്ടാകുന്ന ലോഹസങ്കരങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. മൂന്നാമത്തെ ഇനമായ ശിലാമയ - അയേൺ ഉൽക്കാശിലകൾ സിലിക്കേറ്റ് ഖനിജങ്ങളുടെയും ഇരുമ്പിന്റെയും ഒരു മിശ്രിതമാണ്. ഉൽക്കാശിലകളിൽ ഭൂരിഭാഗവും ശിലാമയ വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. മൂന്നാമത്തെ വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ഉൽക്കാശിലകൾ വളരെ കുറഞ്ഞ തോതിൽ മാത്രമേ കാണപ്പെടുന്നുള്ളൂ.

ശാസ്ത്രപഠനത്തിൽ ഉൽക്കാശിലകൾക്ക് ഏറെ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. കാരണം ഭൂമിക്ക് പുറത്തുള്ള സൗരയൂഥമേഖലയിൽ നിന്ന് ഭൂമിയിൽ വന്നെത്തുന്ന ഒരേയൊരു തരം സൗരയൂഥദ്രവ്യങ്ങളാണ് ഉൽക്കാശിലകൾ. ഇവ സൗരയൂഥത്തിന്റെ പ്രായത്തെക്കുറിച്ചുള്ള പഠനങ്ങൾക്ക് വിലയേറിയ ഉപാദാനങ്ങളാണ്. സൗരയൂഥത്തിലെ ജ്യോതിർഗോളങ്ങളുടെ രാസഘടനാപരമായ വസ്തുതകളെക്കുറിച്ചുള്ള നിഗമനങ്ങളിൽ എത്തിച്ചേരാൻ സഹായകരമായ തെളിവുകൾ ഉൽക്കാശിലകൾ പ്രദാനം ചെയ്യുന്നുണ്ട്.

2.3 പ്രപഞ്ചോൽപ്പത്തി – മഹാവിസ്ഫോടന സിദ്ധാന്തം (Origin of Universe - The Big - Bang Hypothesis)

ഇന്ന് ഈ കുഞ്ഞുഭൂമിയിൽ നിന്ന് കൊണ്ട് നമ്മുടെ ശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ അവരുടെ ബുദ്ധിവൈഭവം ഉപയോഗപ്പെടുത്തി പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ആഴത്തിനേയും പരപ്പിനേയും അന്വേഷിക്കാനും പ്രപഞ്ചരഹസ്യങ്ങൾ അനാവരണം ചെയ്യുവാനും ശ്രമിക്കുന്നു. പ്രപഞ്ചോൽപ്പത്തി വളരെ സങ്കീർണ്ണമായ ഒരു പഠനവിഷയമാകയാൽ വളരെ സംക്ഷിപ്തമായ ഒരു വിവരണമാണ് താഴെ നൽകുന്നത്.



ചിത്രം 2.6. പ്രപഞ്ച വികാസം എന്ന ആശയം

വർത്തമാനകാലത്തെയും, ഭൂതകാലത്തെയും, ഭാവികാലത്തെയും മൊത്തം ദ്രവ്യവും ഊർജവും ഉൾക്കൊള്ളുന്നതാണ് പ്രപഞ്ചം. പ്രപഞ്ചത്തിൽ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്ന മൊത്തം ശൂന്യാകാശവും, അനന്തവും സങ്കൽപ്പാതീതവുമായ മൊത്തം കാലദൈർഘ്യവും, അതിന്റെ അവിഭാജ്യഘടകങ്ങളായി പരിഗണിക്കാം. ഭൂമിയിൽ നിന്നും താരതമ്യേന വളരെ അകലെ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന നക്ഷത്രങ്ങളിൽ നിന്നും ഗ്യാലക്സികളിൽ നിന്നും ഭൂമിയിൽ വന്നെത്തുന്ന പ്രകാശരശ്മികൾ പഠനവിഷയമാക്കിയപ്പോൾ, അവയുടെ വർണരാജി (spectrum) യിൽ ദൃശ്യമാകുന്ന ആഗിരണ മേഖലകൾ (absorption line) നക്ഷത്രങ്ങളെ ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്ന ഹൈഡ്രജൻ പോലുള്ള വാതകങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യത്തിന് തെളിവ് നൽകുന്നു. പ്രകീർണന ഫലമായി സപ്തവർണങ്ങളായി ദൃശ്യമാകുന്ന സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ വർണരാജി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ അവയിലെ ആഗിരണരേഖകൾ താരതമ്യേന ദൈർഘ്യം കൂടിയ ചുവപ്പ് നിറത്തിന്റെ സ്ഥാനത്തേയ്ക്ക് മാറിയാണ് കാണപ്പെടുന്നത് എന്ന വസ്തുതയും കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. മാത്രവുമല്ല, ഭൂമിയിൽ നിന്നും പ്രകാശരശ്മികളുടെ സ്രോതസുകളിലേക്കുള്ള ദൂരത്തിന് ആനുപാതികമായി ആഗിരണരേഖകളുടെ സ്ഥാനവ്യത്യാസവും കൂടുന്നതായും ശാസ്ത്രീയ നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ വ്യക്തമായിരിക്കുന്നു. വർണരാജികളിൽ ആഗിരണരേഖകളുടെ ഇത്തരത്തിലുള്ള സ്ഥാനമാറ്റം 'റെഡ് ഷിഫ്റ്റ്' (Red Shift) എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. അമേരിക്കൻ ജ്യോതിശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന എഡ്വിൻ ഹബിൾ 1929 ലാണ് ഈ വസ്തുത കണ്ടെത്തിയത്.

മുൻപറഞ്ഞ ശാസ്ത്രീയ നിരീക്ഷണങ്ങളിൽ നിന്നും, പ്രപഞ്ചത്തിലെ ഗ്യാലക്സികൾ ഭൂമിയിൽ നിന്നും നിരന്തരം അതിവേഗതയിൽ അകന്ന് പോകുന്നുവെന്നും, അതിനാൽ പ്രപഞ്ചം അനുക്രമം വികസിക്കുന്നുവെന്നുമുള്ള നിഗമനങ്ങളിൽ ശാസ്ത്രകാരന്മാരെ എത്തിച്ചു.

"ഭൂമിയിൽ നിന്നുമകലുന്നതിനനുസരിച്ച് ഗ്യാലക്സികളുടെ വേഗതയും വർധിക്കുന്നു എന്ന ശാസ്ത്രീയ വസ്തുതയാണ് 'ഹബിൾ നിയമം' അനുശാസിക്കുന്നത്. ഭൂമിയിൽനിന്ന് വളരെ അകലെസ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഗ്യാലക്സികൾ വളരെ വേഗത്തിൽ ഭൂമിയിൽനിന്ന് അകന്ന് മാറുന്നുവെന്നർഥം. പ്രപഞ്ചം നിരന്തരം വികാസത്തിന് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു എന്ന് സാരം. നിറയെ ചെറിയ ബിന്ദുക്കൾ ഇട്ട ഒരു ബലൂൺ പ്രപഞ്ചമായി സങ്കൽപ്പിക്കുക (ചിത്രം 2.6). വീർപ്പിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് അതിലെ ഓരോ ബിന്ദുക്കൾ പരസ്പരം അകന്നു മാറുന്നു. പ്രപഞ്ച വികാസപ്രക്രിയയിൽ ഗ്യാലക്സികൾക്കിടയ്ക്കുള്ള അകലം കാലദൈർഘ്യത്തിനനുസൃതമായി വർധിക്കുന്നു. എന്നാൽ അവയുടെ വലിപ്പം വർധിക്കുന്നില്ല. പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നുവെന്നും അത് എങ്ങനെ ഉണ്ടായി എന്നതിനെക്കുറിച്ചും കുറച്ച് കാര്യങ്ങൾ വിശദീകരിക്കാൻ ജ്യോതിശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർക്ക് കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നുവെന്ന കണ്ടെത്തലുകൾക്ക് മുൻപ് പ്രപഞ്ചത്തെക്കുറിച്ചുള്ള നിരവധി ആശയങ്ങൾ ഉണ്ടായിട്ടുണ്ട്. മിക്കവാറും എല്ലാ മുൻകാല സിദ്ധാന്തങ്ങളും പ്രപഞ്ചം ചലിക്കാത്തതായിരുന്നു (Static) എന്ന ആശയത്തിൽ അധിഷ്ഠിതമായിരുന്നു. പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നുവെന്ന് അനുമാനിച്ച ശാസ്ത്രകാരൻമാർതന്നെ ഭൂതകാലത്തെന്നോ ഒരിക്കൽ പ്രപഞ്ചം വളരെ ചെറുതായിരുന്നു എന്നും അനുമാനിച്ചു. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വികാസം സംഭവിക്കുന്നതിന് മുൻപ് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വ്യാപ്തി വളരെക്കുറവായിരുന്നു.

മഹാവിസ്ഫോടനം - (The Bing Bang)

പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഉൽപ്പത്തിയേയും അനന്തരപരിണാമത്തെയും കുറിച്ച് ശാസ്ത്രലോകം ഏറെക്കുറെ അംഗീകരിച്ച ആധുനിക സിദ്ധാന്തമാണ് 'ബിഗ് ബാങ് സിദ്ധാന്തം.' ഈ സിദ്ധാന്തത്തെക്കുറിച്ച് വ്യക്തമായ ധാരണ ലഭ്യമാകാൻ പ്രപഞ്ചം നിരന്തരവികാസത്തിന് വിധേയമാണെന്നചിത്രം മനസിൽ വിഭാവനം ചെയ്യണം. ഒരു വീഡിയോ പ്ലയറിലെ റിവേഴ്സ്ബട്ടൺ അമർത്തുമ്പോൾ സ്ക്രീനിൽ ദൃശ്യങ്ങൾ ദൃശ്യമാകുന്നതുപോലെ കാലത്തെ ഭൂതകാലത്തിന്റെ ആഴങ്ങളിലേക്ക് ഒരു സങ്കൽപ്പസഞ്ചാരം നടത്തുവാൻ കഴിയുകയാണെങ്കിൽ ഈ പ്രപഞ്ചം ഭൂതകാലത്തിന്റെ ഏതോ ഒരു ഘട്ടത്തിൽ ഗ്യാലക്സികൾ തമ്മിലുള്ള അകലം അനുക്രമം കുറഞ്ഞിരുന്നതായും അതിനനുസൃതമായി പ്രപഞ്ചം ചുരുങ്ങി വരുന്നതായും കാണാൻ കഴിയും. വീണ്ടും വീണ്ടും കാലത്തിന്റെ ആഴങ്ങളിലേക്ക് പോകുമ്പോൾ പ്രപഞ്ചം ഒന്നാകെ ചുരുങ്ങി, ച്ചുരുങ്ങി ഒരു ബിന്ദുവിൽ കേന്ദ്രീകൃതമായിരുന്നുവെന്ന് സൈദ്ധാന്തികമായി വിഭാവനം ചെയ്യേണ്ടി വരും. അതായത് നാം എത്തിച്ചേരുന്നത് വളരെ ചുരുങ്ങിയതും അതീവ സൂക്ഷ്മവുമായ ഒരു ആദിമ പ്രപഞ്ചത്തിലേക്കായിരിക്കും.

മഹാവിസ്ഫോടന സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ ഉപോൽപ്പന്നം എന്ന നിലയ്ക്ക് രൂപംകൊണ്ട സൈദ്ധാന്തിക ആശയമാണ് ഏകത്വം (Singularity). നമുക്ക് ഇന്ന് ദൃശ്യമാകുന്ന ബൃഹദാകാരമായ പ്രപഞ്ചം അനാദിയായ ഭൂതകാലത്തിലെന്നോ, അതീവ ഘനീ

ഭൂതാവസ്ഥയിലും, അത്യുന്നത താപനിലയിലും തീവ്രമായ മർദ്ദത്തിലും, നക്ഷത്രങ്ങളോ, പരമാണുക്കളോ, ആകാരം, ഘടന എന്നീ സവിശേഷതകളോ ഒന്നും തന്നെ പ്രകടമാക്കാത്ത അതീവ പ്രാകൃതാവസ്ഥയിൽ നിലനിന്നിരുന്നുവെന്ന ആശയമാണ് "ഏകത്വം" (Singularity). പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ പ്രാരംഭദശയെ കുറിക്കുന്ന ഈ ആശയം തികച്ചും സൈദ്ധാന്തികമാണെന്ന കാര്യം വിസ്മരിക്കാൻ പാടില്ല. സംഘടിതമായതും സുശക്തമായതും, സമന്വിതമായതും, ഏകതാനവുമായ ഒരു അവസ്ഥാവിശേഷമാണ് ഏകത്വം (Singularity)എന്ന പദംകൊണ്ട് വിവക്ഷിക്കുന്നത്.

ഏകദേശം 13.7 ശതകോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പാണ് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ആദ്യത്തെ മഹാവിസ്ഫോടനം നടന്നത്. വിസ്ഫോടനത്തിന് ശേഷമുള്ള ആദ്യത്തെ കുറച്ച് നിമിഷങ്ങളിൽ പ്രപഞ്ചം അത്യുഗ്രമായ താപത്തിലും ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയിലും ആയിരുന്നു. ഏതാനും നിമിഷങ്ങൾക്ക് ശേഷം പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുവാൻ ആരംഭിക്കുകയും തൽഫലമായി അതിന്റെ സാന്ദ്രതയും താപനിലയും അനുക്രമം കുറഞ്ഞ് വരികയും തുടർന്ന് പ്രോട്ടോണുകളും ഇലക്ട്രോണുകളും ന്യൂട്രോണുകളും രൂപപ്പെടുകയും ചെയ്തു. ഏതാനും മിനിറ്റുകൾക്ക് ശേഷം പരമാണുക്കളുടെ (Atoms)ന്യൂക്ലിയസ്സുകൾ ആവിർഭവിച്ചു. എന്നാൽ ഇലക്ട്രോണും പ്രോട്രോണും ന്യൂട്രോണും ചേർന്ന ന്യൂട്രൽ ആറ്റങ്ങൾ ആദ്യവിസ്ഫോടനം നടന്ന് ഏകദേശം 380000 വർഷങ്ങൾക്കുശേഷം മാത്രമാണ് രൂപം കൊണ്ടതെന്ന് വിശ്വസിക്കുന്നു. ശൂന്യാകാശത്തിന്റെ വികാസത്തിന്റെ ആദ്യഘട്ടത്തിൽ ദ്രവ്യം എല്ലാഭാഗത്തും ഒരു പോലെയല്ല വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടിരുന്നത്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ചിലഭാഗങ്ങളിൽ മറ്റുഭാഗങ്ങളേക്കാൾ സാന്ദ്രത കൂടുതലായിരുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണ ബലമാണ് ദ്രവ്യകണങ്ങളെ പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വ്യത്യസ്ത മേഖലകളിൽ അടുപ്പിച്ച് നിർത്തിയിരുന്നത്. ഈ ദ്രവ്യക്കൂട്ടത്തെയാണ് (Clumps) 'പ്രോട്ടോഗ്യാലക്സികൾ' അഥവാ 'ഗ്യാലക്സികളുടെ പൂർവ്വികൻമാർ' എന്ന് വിളിച്ചിരുന്നത്. ഇതിലാണ് ആദ്യകാല നക്ഷത്രങ്ങളുടെ ജനനം. നക്ഷത്രങ്ങൾ ന്യൂക്ലിയസ്സുകളുടെ തീച്ചൂളയാണ്. അതിലാണ് കാർബൺ, ഓക്സിജൻ, സിലിക്കൺ, ഇരുമ്പ് തുടങ്ങിയ താരതമ്യേന ഭാരംകൂടിയ മൂലകങ്ങൾ രൂപംകൊണ്ടത്. വളരെ വലിയ നക്ഷത്രങ്ങൾ വിസ്ഫോടനത്തിന്റെ ഫലമായി സൂപ്പർനോവകളായി മാറുമ്പോൾ മുൻപറഞ്ഞ മൂലകങ്ങളേക്കാൾ ഭാരംകൂടിയ മൂലകങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. അത്തരത്തിലുള്ള വിസ്ഫോടനത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന വസ്തുക്കൾ ശൂന്യതയിൽ പ്രസരിക്കപ്പെടുകയും അവ പിന്നീട് കൂടിച്ചേർന്ന് പുതുതലമുറയിലെ നക്ഷത്രങ്ങളും ഗ്രഹങ്ങളും പ്രപഞ്ചത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന മറ്റു വസ്തുക്കളുമായി പരിണമിക്കുകയും ചെയ്തു.

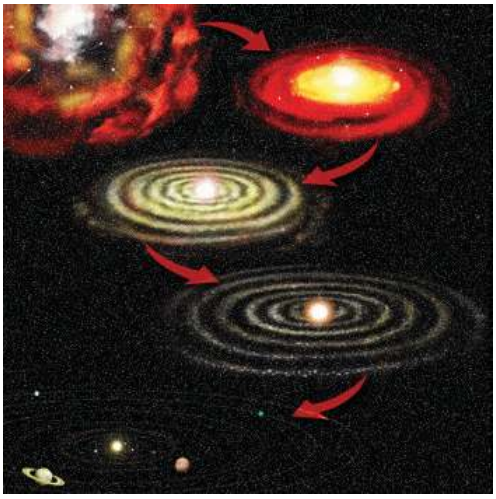
ബിഗ് ബാങ് എന്നറിയപ്പെടുന്ന മഹാവിസ്ഫോടനത്തിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് സ്ഥലം, കാലം എന്നീ (time and space) ആശയങ്ങളുടെ ആവിർഭാവം ഉണ്ടായത്. മഹാവിസ്ഫോടനമാണ് കാലമെന്ന ആശയത്തിന്റെ നിദാനമെങ്കിൽ 'അതിന് മുൻപ്' (before) എന്താണിരുന്നുവെന്ന ചോദ്യം അപ്രസക്തമാണ്.

ഇപ്പോൾ നിങ്ങളിൽ ചിലർക്കെങ്കിലും ചില ചോദ്യങ്ങൾ മനസിൽ ഉരുത്തിരിഞ്ഞിട്ടുണ്ടാകും. അതായത് പ്രപഞ്ചം എത്ര വേഗതയിലാണ് വികാസം പ്രാപിക്കുന്നത്? പ്രപഞ്ചം വികസിക്കുന്നുണ്ടോ? എങ്കിൽ അതിന്റെ വലിപ്പം അനന്തമായി വികസിക്കുന്നുണ്ടോ? നിരവധി ശാസ്ത്രകാരന്മാർ കരുതുന്നത് പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ

വികാസം അനന്തമായി തുടരാൻ കഴിയില്ല എന്നാണ്. പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ വികാസം നിലയ്ക്കുന്ന ഒരു ഘട്ടം വരുമെന്നാണ് ഇക്കൂട്ടർ കരുതുന്നത്. വികാസം അവസാനിക്കുമ്പോൾ ഗ്യാലക്സികളും അവയിലെ ദ്രവ്യവും തമ്മിലുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്തിന്റെ ഫലമായി പ്രപഞ്ചം ചുരുങ്ങി, പഴയ ഏകത്വം (Singularity) എന്ന സ്ഥിതി വിശേഷത്തിലേക്ക് മടങ്ങിപ്പോകും. ഇത്തരത്തിൽ ഗ്യാലക്സികളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ചുരുങ്ങലിനെ ബിഗ് ക്രഞ്ച് (Big Crunch) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഒരൊറ്റ ബിന്ദുവിലേക്ക് പ്രപഞ്ചം ചുരുങ്ങിയ നിമിഷം വീണ്ടും അത് മഹാവിസ്ഫോടനത്തിന് (Big Bang) പുനർവിധേയമാകും. ഇങ്ങനെ പ്രപഞ്ചം ഒന്നിടവിട്ട വികാസത്തിനും സങ്കോചനത്തിനും അനുക്രമം വിധേയമായി കൊണ്ടിരിക്കും എന്നാണ് ഇക്കൂട്ടത്തിൽപ്പെടുന്ന ശാസ്ത്രകാരൻമാർ കരുതുന്നത്.

2.4 ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവം (Origin of Earth)

എങ്ങിനെയായിരുന്നു ഭൂമി എന്ന ഗ്രഹത്തിന്റെ ജനനം? ഈ സമസ്യ ശാസ്ത്രകാരന്മാരുടെ ചിന്താമണ്ഡലത്തിൽ അസ്വസ്ഥതയുണ്ടാക്കി. മാത്രമല്ല വളരെ നീണ്ടകാലം പ്രസ്തുത പ്രശ്നം തൃപ്തികരമായി വിശദീകരിക്കാൻ സാധിച്ചില്ല. ഇന്നുപോലും ആ നില തുടരുന്നു.



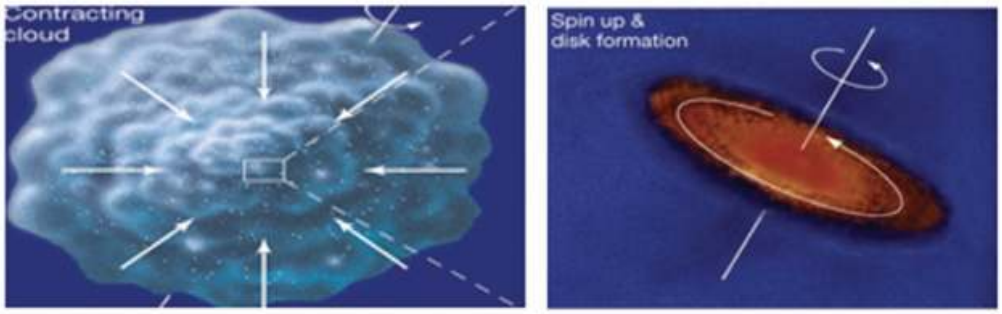
ചിത്രം 2.7 ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവം

ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവത്തെ സംബന്ധിച്ച് നിരവധി കാഴ്ചപ്പാടുകൾ കഴിഞ്ഞ 250 വർഷങ്ങൾക്കുള്ളിൽ ആവിർഭവിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഇവയിലേറെയും സിദ്ധാന്തങ്ങളായല്ല പരികല്പനകൾമാത്രമായാണ് ശാസ്ത്രലോകം പരിഗണിക്കുന്നത്.

ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവത്തെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കാൻ ശ്രമിച്ചിട്ടുള്ള രണ്ട് പ്രധാനപ്പെട്ട പരികൽപ്പനകൾ മാത്രം നമുക്ക് ചുരുക്കത്തിൽ പഠിക്കാം.

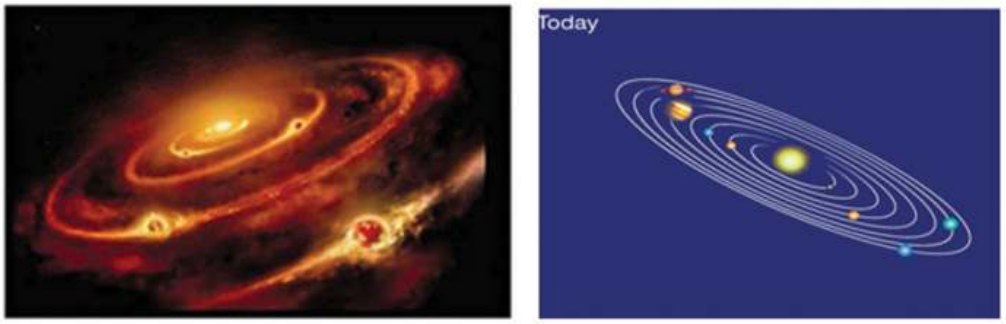
2.4.1 നെബുലാർ പരികൽപ്പന (Nebular Hypothesis)

ഭൂമിയുൾപ്പെടുന്ന സൗരയൂഥത്തിന്റെ ഉൽഭവത്തെക്കുറിച്ച് വിശദീകരിക്കാൻ ശ്രമിച്ച ആദ്യ പരികൽപ്പനയാണ് നെബ്യൂലാർ പരികൽപ്പന. യഥാർഥത്തിൽ ഈ പരികൽപ്പന മുന്നോട്ട് വച്ചത് 1755-ൽ ജർമ്മൻ തത്ത്വചിന്തകനായ ഇമ്മാനുവൽ കാന്റ് ആയിരുന്നെങ്കിലും പിന്നീട് 1796-ൽ ഫ്രഞ്ച് ജ്യോതിശാസ്ത്രകാരനായ പിയറി സൈമൺ ഡി ലാപ്ലെയ്സ് നെബുലാർ പരികൽപ്പനയിൽ വേണ്ട മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തി കൂടുതൽ വിശദീകരണത്തോടെ പ്രസിദ്ധീകരിച്ചു.



ചിത്രം 2.8 എ, ചിത്രം 2.8 ബി നെബുലാർ പരികൽപ്പന

നെബുലാർ പരികൽപ്പന പ്രകാരം സൗരയൂഥം അനുക്രമമായി വികസിച്ചത് നക്ഷത്രങ്ങളുടെയെല്ലാം ജനനത്തിന് കാരണമായ വലിയ ഒരു ധൂമതാരഗണത്തിൽ വിന്യസിക്കപ്പെട്ട ദ്രവ്യകണികകളുടെ മേഘപടലത്തിൽ നിന്നാകുന്നു. നെബുല എന്ന പദം രൂപം കൊണ്ടത് മൂടൽമഞ്ഞ് (mist) അല്ലെങ്കിൽ മങ്ങിയ മേഘപടലം (cloud) എന്നർഥം വരുന്ന ലത്തീൻ പദത്തിൽ നിന്നാണ്. നക്ഷത്ര സഞ്ചാരപഥങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള നേർത്ത വാതക-ധൂളികളുടെ മേഘപടലങ്ങളെയാണ് ഈ പദം സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. നെബുലാർ പരികൽപ്പന പ്രകാരം നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സഞ്ചാര പഥങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള വാതക-ധൂളി- കണങ്ങളുടെ മേഘപടലം ഗുരുത്വാകർഷണപരമായ തകർച്ചയ്ക്ക് വിധേയമായി ചുരുങ്ങുകയും നെബുല രൂപംകൊള്ളുകയും ചെയ്തു. (ചിത്രം 2.8 എ) ചുരുങ്ങലിന് ശേഷം ഇവ കറങ്ങാൻ തുടങ്ങുകയും ചക്രാകൃതിയിലേക്ക് രൂപമാറ്റം സംഭവിക്കുകയും ചെയ്തു. (ചിത്രം 2.8 ബി)



ചിത്രം 2.9 എ, സൗരയൂഥത്തിന്റെ രൂപം കൊള്ളൽ

ചിത്രം 2.9. ബി. സൗരയൂഥം ഇന്ന്

നക്ഷത്രങ്ങളുടെ സഞ്ചാരപഥങ്ങൾക്കിടയ്ക്ക് കാണപ്പെട്ടതും സൗരയൂഥത്തിന്റെ മധ്യത്തിൽ അവശേഷിക്കപ്പെട്ടതുമായ പിണ്ഡങ്ങൾ, സൗരചക്രത്തിന്റെ കേന്ദ്രത്തിലേക്ക് ചുരുങ്ങിയതുപോലെ ഏകീഭവിച്ച് (coalesced) വലിയ തരികൾ (Pebbles and boulders) രൂപംകൊണ്ടു. ഇങ്ങനെയുണ്ടായ വലിയ തരികൾ പലതും കൂടിച്ചേർന്ന് (accretion) ഏതാനും കിലോമീറ്റർ മുതൽ നൂറുകണക്കിന് കിലോമീറ്റർ വരെ വിസ്തൃതിയുള്ള ദ്രവ്യപിണ്ഡങ്ങൾ രൂപംകൊണ്ടു. ഇത്തരത്തിലുള്ള വലിയ ദ്രവ്യപിണ്ഡങ്ങൾ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് വിധേയമായി വീണ്ടും കൂടിച്ചേർന്ന് ഗ്രഹങ്ങളുടെ ആദ്യരൂപമായ പ്രോട്ടോപ്ലാനറ്റുകൾ (Protoplanets) ഉണ്ടായി . സൗരയൂഥത്തിലെ ഇന്ന് കാണുന്ന

മിക്കവാറും ഗ്രഹങ്ങളും രൂപം കൊണ്ടത് പ്രോട്ടോപ്ലാനറ്റുകളിൽ നിന്നാകുന്നു. പിന്നീട് പ്രോട്ടോപ്ലാനറ്റുകളിൽ കൂടുതൽ വസ്തുക്കൾ കൂടിച്ചേരുകയും ഇന്ന് നാം അറിയപ്പെടുന്ന വിധത്തിലുള്ള ഗ്രഹങ്ങളുടെ ആകൃതിയിലും വലുപ്പത്തിലും ആയിത്തീരുകയും ചെയ്തു. (ചിത്രം 2.9 എ യും 2.9 ബി യും)

സൗരയൂഥത്തിലെ ക്ഷുദ്രഗ്രഹങ്ങളും മറ്റു ചെറിയ ജ്യോതിർഗോളങ്ങളും മുകളിൽ പറഞ്ഞവിധത്തിൽ ഉണ്ടായ ഛിന്നഭിന്നമായ ഒന്നോ അതിലധികമോ ഗ്രഹങ്ങളുടെ കഷണങ്ങളാണ് (ഭാഗങ്ങളാണ്). സൗരയൂഥ നെബുലയുടെ അവശേഷിക്കുന്ന കേന്ദ്ര പിണ്ഡം പിന്നീട് സൂര്യനായി മാറുകയും ചെയ്തു.

2.4.2 പ്ലാനറ്റെസിമൽ പരികൽപ്പന (Planetesimal Hypothesis)

സൗരയൂഥത്തിന്റെ ഉൽപ്പത്തിയെക്കുറിച്ച് അമേരിക്കൻ ഐക്യനാടുകളിലെ ഭൂവിജ്ഞാനികനായിരുന്ന ഷാമ്പർലെയിനും അവിടത്തെ ജ്യോതിശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന മോൾട്ടണും ചേർന്ന് 1905-ൽ പ്രസിദ്ധീകരിച്ച പരികൽപ്പനയാണ് പ്ളാനെറ്റെസിമൽ പരികല്പന എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നത്. പ്ലാനെറ്റെസിമൽ പരികൽപ്പന പ്രകാരം, ഭൂമിയും, സൗരയൂഥത്തിലെ മറ്റു ഗ്രഹങ്ങളും അതിപ്രാചീനകാലത്ത് ഇന്നത്തെ സൗരയൂഥ മേഖലയിൽ നിലവിലുണ്ടായിരുന്ന കൃശഗ്രഹങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്നാണ് രൂപം കൊണ്ടതെന്ന ആശയമാണ് മുന്നോട്ടു വയ്ക്കുന്നത്. വിദൂരഭൂതകാലത്ത്, എന്നോ ഒരിക്കൽ സൂര്യൻ മാത്രം നിലവിലുണ്ടായിരുന്നപ്പോൾ അതീവ ഗുരുത്വാകർഷണ ശക്തിയുള്ള ഒരു നക്ഷത്രം സൂര്യന്റെ സമീപത്തുകൂടി സഞ്ചരിക്കാൻ ഇടയായി. ഈ നക്ഷത്രം സൂര്യന്റെ ഉപരിഭാഗത്ത് അത്യുഗ്രമായ വലിവുബലം സൃഷ്ടിക്കാൻ കാരണമായി. ഇതുമൂലം സൂര്യന്റെ ഉപരിഭാഗത്തിന്റെ നല്ലൊരു ഭാഗം സൂര്യനിൽ നിന്നും വേർപ്പെട്ട് ഇന്നത്തെ സൗരയൂഥത്തിന്റെ ബാഹ്യാതിർത്തിവരെ ചെന്നെത്തി. ഇതാണ് പ്ലാനെറ്റെസിമൽ പരികൽപ്പന (Planetesimal Hypothesis) വിഭാവനം ചെയ്യുന്നത്.

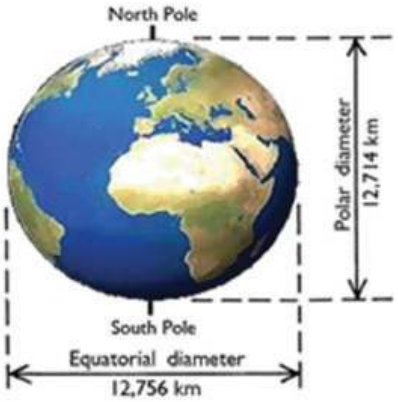
സൂര്യഗോളത്തിൽ നിന്നും വേർപ്പെട്ട വസ്തുക്കൾ പരസ്പര ആകർഷണത്തിനും തുടർന്ന് ശീതീകരണത്തിനും വിധേയമായി. തൽഫലമായി ഒട്ടനവധി ഖരരൂപദ്രവ്യങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിന് കാരണമായി. പ്ലാനെറ്റെസിമലുകൾ (planetesimals) എന്ന പേർ നൽകിയിട്ടുള്ള ചെറുതും വലുതുമായ ഈ ഖരകണികകൾ സൂര്യനെ വലയം ചെയ്യാനാരംഭിക്കുകയും, തുടർന്നുള്ള പരിക്രമണകാലത്ത് പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടുകയും, അവയൊക്കെ പിൽക്കാലത്ത്, സൂര്യനിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്ത അകലങ്ങളിൽ, നാമിന്ന് അറിയപ്പെടുന്ന വിഭിന്ന ഗ്രഹങ്ങളായി പരിണമിക്കുകയും ചെയ്തുവെന്നാണ് പ്ലാനെറ്റെസിമൽ പരികൽപ്പനയുടെ വീക്ഷണം. ഇതുപ്രകാരം സൗരയൂഥ ഗ്രഹങ്ങൾ എല്ലാം തന്നെ ആദിമകാലം മുതൽക്കേ ഖരാവസ്ഥയിലായിരുന്നുവെന്നാണ് വിശ്വസിക്കുന്നത്.

വർത്തമാനകാലത്തു ഭൂമിയിൽ നിരന്തരം ദൃശ്യമാകുന്ന ഉൽക്കാപാതത്തിന്റെ കാരണം കണ്ടെത്തുവാനും അനുകൂലമായ ഒന്നാണ് പ്ലാനെറ്റെസിമൽ പരികൽപ്പന. മാത്രവുമല്ല, സൗരയൂഥത്തിന്റെ രൂപകൽപ്പനയ്ക്കും (അതായത് ഗ്രഹങ്ങളുടെ പരിക്രമണ ദിശയും തലവും) അനുബന്ധ സവിശേഷതകൾക്കും (ഗ്രഹങ്ങളുടെ ഐകരൂപമായ ഭ്രമണദിശ) യുക്തമായ കാരണങ്ങൾ പ്രദാനം ചെയ്യുവാനും ഈ പരികൽപ്പന സഹായകമാണ്.

2.5. ഭൂമിയുടെ ആകൃതിയും വലിപ്പവും (Shape and Size of the Earth)

17-ാംശതകം വരെ ഭൂമി പരിപൂർണ്ണമായ ഒരു ഗോളമാണെന്നാണ് കരുതി വന്നിരുന്നത്. പിൽക്കാല ഭൗമശാസ്ത്രജ്ഞൻമാർ ഭൂമിയുടെ ആകൃതി പൂർണമായ ഗോളാകൃതിയല്ലെന്നും ധ്രുവഭാഗങ്ങൾ പരന്നതും മധ്യഭാഗം അല്പം വീർത്തതുമായതരം സവിശേഷ ഗോളാകൃതിയാണെന്നും (oblate ellipsoid) കണ്ടെത്തി. ഇത് ദീർഘഗോളാകൃതി ആണ് എന്ന് സാമാന്യമായി പറയാം. (നിങ്ങൾ ഒരു ഗോളാകൃതിയുള്ള റബ്ബർപന്തിനെ ഒരു പ്രതലത്തിൽ വച്ച് ചെറുതായൊന്ന് അമർത്തിയാൽ ആ പന്തിന്റെ ആകൃതിക്ക് സമാനമായ രൂപത്തെയാണ് ദീർഘഗോളാകൃതിയെന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്).

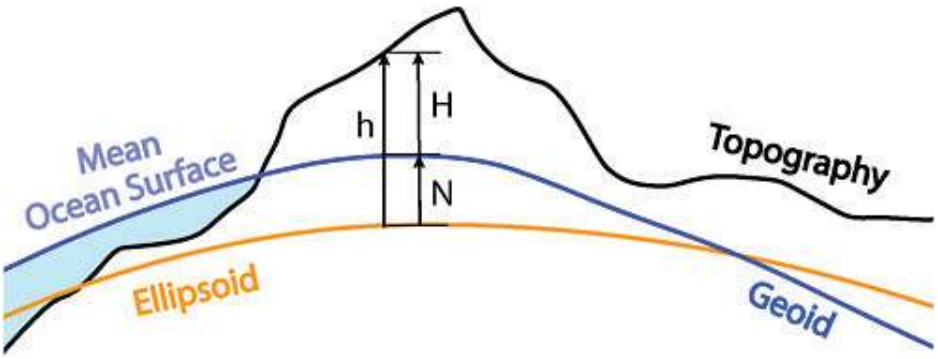
ഭൂമിയുടെ ധ്രുവീയഅക്ഷം (Polar axis) ഭൂമധ്യ രേഖീയഅക്ഷ (equatorial axis) ത്തേക്കാൾ അല്പം നീളം കുറവുള്ളതാണ്. ഇതിന് കാരണം ധ്രുവീയ അക്ഷത്തെ കേന്ദ്രീകരിച്ചുള്ള ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണവും അതിന്റെ അനന്തരഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന അപകേന്ദ്രബല (Centrifugal force) ത്തിന്റെ പ്രഭാവവും ആകുന്നു. (ചിത്രം 2.10). ഭൂമിയുടെ മധ്യരേഖീയ പരിഛേദത്തിന്റെ വ്യാസാർധം (radius) 6378 കി.മീറ്ററും ധ്രുവീയ പരിഛേദത്തിന്റെ വ്യാസാർധം 6357 കി.മീറ്ററുമാണ്. അതായത് ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്തിലെ വ്യാസം ധ്രുവങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അകലത്തേക്കാൾ 42 കി.മീ. കൂടുതലാണ്. ഇത് ശ്രദ്ധേയമായ ഒരു വസ്തുതയാണെന്ന് ഓർക്കണം.



ചിത്രം 2.10 ദീർഘ വൃത്താകൃതിയിലുള്ള ഭൂമി

ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ഒരു നിർദിഷ്ട ബിന്ദുവിന്റെ ഉയരം പരാമർശിക്കുന്നത് ശരാശരി സമുദ്രജലനിരപ്പിനെ ആശ്രയിച്ചോ അടിസ്ഥാനമാക്കിയോ ആണ്. സമുദ്രജലം ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണവുമായി സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നുവെന്നും, ഇക്കാരണത്താൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം ഗണിതശാസ്ത്രോക്തമായ ഒരു നിയത രൂപം കൈവരിച്ചിരുന്നു എന്നും മുൻകാലത്ത് ശാസ്ത്രലോകം അനുമാനിച്ചിരുന്നു. സൂര്യചന്ദ്രൻമാരുടെ ഗുരുത്വാകർഷണഫലമായി സമുദ്രജലവിതാനത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനം ഓരോ മണിക്കൂർ ഇടവേളയിലും രേഖപ്പെടുത്തുന്നു. ഇങ്ങനെ ഓരോ 19 വർഷക്കാലയളവിലും രേഖപ്പെടുത്തിയ വ്യതിയാനങ്ങളുടെ മാധ്യഅളവിനെയാണ് ശരാശരി സമുദ്രജല നിരപ്പ് (Mean Sea Level) എന്ന സാങ്കേതിക പദംകൊണ്ട് ഭൗമശാസ്ത്രത്തിൽ വിവക്ഷിക്കുന്നത്. സമുദ്രജലത്തിന്റെ ഉപരിതലം ഭൂമിയുടെ ഗുരുത്വാകർഷണ മണ്ഡലത്തിന് അനുരൂപമായി വർത്തിക്കുന്നുവെന്നതുകൊണ്ട് ശരാശരി സമുദ്രജല വിതാനം, കുന്നുകൾ, താഴ്‌വരകൾ മുതലായവയ്ക്ക് സദൃശമായ രീതിയിൽ ചെറിയ തോതിലുള്ള ഉയർച്ചകളും താഴ്ചകളും പ്രകടിപ്പിക്കുന്നതായി നിരീക്ഷിച്ചിട്ടുണ്ട്. കരഭാഗങ്ങളിലെ ഉയർച്ച താഴ്ചകളുടെ അന്തരം വളരെ ഉയർന്നതോതിലായിരിക്കും ഇതിനെ അപേക്ഷിച്ച് സമുദ്രജല നിരപ്പിൽ മിതമായി മാത്രമെ ഉയർച്ച താഴ്ചയിലുള്ള വ്യത്യസ്തത പ്രകടമാക്കുന്നുള്ളൂ. ഭൂമിയുടെ യഥാർഥ ആകൃതി ശരിക്കും

ഒരു ജ്യാമിതീയ - ദീർഘഗോളാകൃതി അല്ലെന്നാണ് ആധുനിക ശാസ്ത്രപഠനങ്ങൾ സൂചന നൽകുന്നത്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലെ ചിലഭാഗങ്ങൾ, ഗണിതശാസ്ത്രപരമായി കൃത്യമായ ജ്യാമിതീയ രൂപമായ ഭീർഘഗോളാകൃതിയുടെ ഉപരിതലത്തേക്കാൾ ആപേക്ഷികമായി ഉയർന്നും മറ്റുചില ഭാഗങ്ങൾ താഴ്ന്നും ആണെന്ന വസ്തുത ആധുനിക ശാസ്ത്രം കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഭൂമിയുടെ ശരിയായ ആകൃതിയെ ഇന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുവാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ശാസ്ത്രീയ പദമാണ് ജിയോയ്ഡ് (Geoid). ഭൂമിയിലെ വൻകരകളുടെ ഒരു ഭാഗത്തുനിന്നും മറുഭാഗത്തേക്ക് പലദിശകളിലും നിരവധി കനാലുകൾ നിർമിച്ച് അവയിൽ സമുദ്രജലത്തെ പ്രവേശിക്കുവാൻ അനുവദിക്കുകയും ചെയ്ത ശേഷം, ഇത്തരം എല്ലാ കനാലുകളിലെയും ജലോപരിതലങ്ങളെ തമ്മിൽ കൂട്ടിയിണക്കുന്ന ഒരു സാങ്കൽപ്പിക പ്രതലം വിഭാവനം ചെയ്താൽ, അപ്രകാരം ലഭ്യമാകുന്ന ത്രിമാന രൂപത്തെയാണ് ജിയോയ്ഡ് എന്ന സാങ്കേതിക പദം കൊണ്ട് ഭൗമശാസ്ത്രം വിവക്ഷിക്കുന്നത്. (ചിത്രം 2.11)



ചിത്രം 2.11 ദീർഘവൃത്ത ഉപരിതലം, ശരാശരി സമുദ്ര നിരപ്പ്, ജിയോയ്ഡിന്റെ ഉപരിതലം എന്നിവ തമ്മിലുള്ള ബന്ധം

2.6. ഭൂവൈജ്ഞാനികകാലം എന്ന ആശയം (Concept of Geologic Time)

ഭൂമി ഉൾപ്പെടുന്ന സൗരയൂഥത്തിന്റേയും അതിലെ അംഗങ്ങളായ ഗ്രഹങ്ങളുടെയും ഉപഗ്രഹങ്ങളുടെയും പ്രായം നിർണയിക്കാൻ കഴിഞ്ഞുവെന്നതാണ് ഭൗമശാസ്ത്രത്തിന്റെ ഏറ്റവും ആധുനിക നേട്ടങ്ങളിലൊന്ന്. ഭൂമിയുണ്ടായിട്ട് ഏകദേശം 4500 ദശലക്ഷം (4.5 ശതകോടി) വർഷങ്ങൾ കഴിഞ്ഞുവെന്നത് ശാസ്ത്രലോകം പൊതുവെ അംഗീകരിക്കുന്ന വസ്തുതയാണ്. അതായത് ഭൂമിയുടെ പ്രായം 4500 ദശലക്ഷം വർഷമാകുന്നു. ഭൂമിയുടെ ആവിർഭാവകാലം മുതൽ ഇന്നുവരെയുള്ള കാലഘട്ടത്തെയാണ് ഭൂവൈജ്ഞാനികകാലം (Geologic time) എന്ന് പറയുന്നത്.

2.6.1 ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമം (Geologic Time Scale)

ശാസ്ത്രീയ കാലനിർണയ പ്രകാരം ഭൂമിയുടെ പ്രായം ഏകദേശം 4.54 0.05 ശതകോടി വർഷമാകുന്നു (4.54×10^9 വർഷം 1%). കണ്ടെത്തിയിട്ടുള്ള ഏറ്റവും പ്രാചീനമായ ശിലകളുടെ പ്രായത്തിൽ നിന്നും, ഉൽക്കാശിലകളിലും ഭൂമിയിലെ ഏറ്റവും പുരാതനമായ ശിലകളിലും അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന റേഡിയോ ആക്ടീവ് മൂലകങ്ങളുടെ വികിരണത്തെയും പഠന വിഷയമാക്കിയതിലൂടെ (Radiometric age dating) ലഭിച്ച തെളിവുകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലാണ് ഭൂമിയുടെ പ്രായം കണക്കാക്കിയിട്ടുള്ളത്.

ഭൂമിയുടെ പരിണാമചരിത്രത്തിൽ സംഭവിച്ചിട്ടുള്ള പ്രധാന സംഭവപരമ്പരകളെ അനന്തമായ കാലഘട്ടവുമായി കൂട്ടിയിണക്കാൻ ശാസ്ത്രകാരൻമാർ ഉപയോഗിക്കുന്ന കാലാനുക്രമമായ (Chronological) അളവ്സമ്പ്രദായ രീതിയാണ് ഭൂവിജ്ഞാനിക കാലക്രമം (Geologic Time Scale) എന്ന് പറയുന്നത്. ഏകദേശം 3.9 ശതകോടി വർഷം മുതൽ വർത്തമാനകാലം വരെയുള്ള ഭൂമിയുടെ ചരിത്രം മാത്രമാണ് (അതായത് ലഭ്യമായിട്ടുള്ള ഏറ്റവും പഴക്കമേറിയ ശിലകളുടെ പ്രായത്തിന് തുല്യം) ശിലാപാളികളുടെ വിശകലനത്തിലൂടെ നമുക്ക് ലഭിക്കുന്നത്.

ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലം പ്രത്യേകം പേരുകൾ നൽകി സമയത്തിന്റെ നിരവധി യൂണിറ്റുകളായി വിഭജിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമം (Geologic Time Scale)എന്ന സാങ്കേതിക പദം വ്യക്തമായ പേരുകൾ നൽകിയ വിവിധ കാലയളവുകളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. അതായത് ഭൂമിയുടെ ഉൽപ്പത്തി മുതൽ വർത്തമാനകാലം വരെ നീളുന്ന കാലത്തെ ചെറുതും വലുതുമായ നിരവധി കാലഘട്ടങ്ങളായി തരം തിരിച്ചാണ് പഠന വിഷയമാക്കുന്നത്. ഇവയിൽ മുഖ്യമായവ താഴെ നൽകുന്നു.

1 മഹാകൽപ്പങ്ങൾ (Eons)

ഭൂമിയുടെ ആവിർഭാവകാലം മുതൽ ഇന്ന് വരെയുള്ള കാലഘട്ടത്തെ നാല് മഹാകല്പങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവയാണ്

- ഹേഡിയൻ മഹാകൽപ്പം (Hadean Eon) (4600 ദശലക്ഷം വർഷം മുതൽ 4000 ദശലക്ഷംവർഷം വരെ)
- ആർക്കിയൻ മഹാകൽപ്പം (Archean Eon) (4000 ദശലക്ഷം വർഷം മുതൽ 2500 ദശലക്ഷം വരെ)
- പ്രോട്ടറോസോയിക് മഹാകൽപ്പം (Proterozoic Eon) (2500 ദശലക്ഷം വർഷം മുതൽ ഏകദേശം 541 ദശലക്ഷം വർഷം വരെ)
- ഫാനറോസോയിക് മഹാകൽപ്പം (Phanerozoic Eon) (541 ദശലക്ഷം വർഷം മുതൽ ഇന്ന് വരെയുള്ള കാലഘട്ടം)

2. കൽപ്പങ്ങൾ (Eras)

മഹാകൽപ്പങ്ങളുടെ ഉപവിഭാഗങ്ങളാണ് (Subdivisions)കൽപ്പങ്ങൾ. അതായത് മഹാകൽപ്പം എന്ന വലിയ കാലഘട്ടത്തെ കൽപ്പങ്ങൾ എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്ന ഏറെക്കുറെ ചെറിയ കാലഘട്ടങ്ങളായി വിഭജിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഹേഡിയൻ മഹാകൽപ്പത്തെ കൽപ്പങ്ങളായി വിഭജിച്ചിട്ടില്ല. ആർക്കിയൻ മഹാകൽപ്പത്തെ നാല് കൽപ്പങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക 2.2: ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമം
(കാലയളവ് ദശലക്ഷം വർഷങ്ങളായി രേഖപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു.)

മഹാകൽപ്പം	കൽപ്പം	മഹായുഗം	യുഗം
ഫാനറോസോയിക്ക് 542 my മുതൽ വർത്തമാന കാലം വരെ	സിനോസോയിക്ക് (65 my മുതൽ വർത്തമാനകാലം വരെ)	ക്വാർട്ടേർനറി (2.6-വർത്തമാനകാലം)	ഹോളോസിൻ (0.1 മുതൽ വർത്തമാനകാലം വരെ)
		ടെർഷറി (66-2.6)	പ്ലീസ്റ്റോസീൻ (2.6-0.1)
			പ്ലയോസീൻ (5.3-2.6)
			മയോസീൻ (23-5.3)
			ഒളിഗോസീൻ (34-23)
			ഇയോസീൻ (56-34)
			പാലീയോസീൻ(66-56)
	മീസോസോയിക്ക്	ക്രിട്ടേഷ്യസ് (145-66)	
		ജൂറാസ്സിക്ക് (201-145)	
		ട്രയാസ്സിക്ക് (247-201)	
	പാലിയോസോയിക്ക്	പെർമിയൻ (299-247)	
		കാർബോണിഫെറസ് (359-299)	
		ഡെവോണിയൻ (419-359)	
		സൈലൂറിയൻ (445-419)	
		ഓർഡോവിഷ്യൻ (485-445)	
		കാംബ്രിയൻ (541-485)	
പ്രോട്ടറോസോയിക്ക് (2500 my മുതൽ 542 my വരെ)	നിയോപ്രോട്ടറോസോയിക്ക് (1000-541)		
	മീസോപ്രോട്ടറോസോയിക്ക് (1600-1000)		
	പാലിയോപ്രോട്ടറോസോയിക്ക് (2500-1600)		
ആർക്കിയൻ (4000 my മുതൽ 2500 my വരെ)	നിയോആർക്കിയൻ (2800 - 2500)		
	മീസോആർക്കിയൻ (3200-2800)		
	പാലിയോആർക്കിയൻ (3600-3200)		
	ഇയോ ആർക്കിയൻ (4000-3600)		
ഹേഡിയൻ (ഏകദേശം 4600 my 4000 my വരെ)			

വർഷങ്ങൾ ദശലക്ഷത്തിലാണ് (my) പട്ടികയിൽ നൽകിയിരിക്കുന്നത്.

ഇവയിൽ ഏറ്റവും പ്രായം കൂടിയത് ഇയോആർക്കിയൻ കൽപ്പം (Eoarchean Era), തുടർന്നുള്ളവ പാലിയോ ആർക്കിയൻ കൽപ്പവും (Palaeoarchean Era). മിസോ ആർക്കിയൻ കൽപ്പവും (Mesoarchean Era) നിയോ ആർക്കിയൻ കൽപ്പവുമാണ് (Neoarchean Era).

പ്രോട്ടോറോസോയിക് മഹാകൽപ്പത്തെ (Proterozoic Era)വീണ്ടും മൂന്ന് കൽപ്പങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. പാലിയോ പ്രോട്ടറോസോയിക് കൽപ്പം (Palaeoproterozoic Era), മീസോപ്രോട്ടോറോസോയിക് കൽപ്പം (Mesoproterozoic Era), നിയോപ്രോട്ടറോസോയിക് കൽപ്പം (Neoproterozoic Era) എന്നിവയാണ് പ്രായക്രമമനുസരിച്ചുള്ള മൂന്ന് കൽപ്പങ്ങൾ.

ഫാനറോസോയിക് മഹാകൽപ്പത്തെ വീണ്ടും മൂന്ന് കൽപ്പങ്ങളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. അതിൽ ഏറ്റവും പ്രായം കൂടിയത് പാലിയോസോയിക് കൽപ്പം (Palaeozoic Era) തുടർന്ന് മീസോസോയിക് കൽപ്പം (Mesozoic Era). കൂട്ടത്തിൽ ഏറ്റവും പ്രായം കുറഞ്ഞത് സീനോസോയിക് കൽപ്പം (Cenozoic Era).

ഫാനറോസോയിക് മഹാകൽപ്പത്തിന് മുൻപുള്ള അനന്തമായ കാലഘട്ടത്തെ സൂചിപ്പിക്കാൻ പ്രീകാംമ്പ്രിയൻ (Precambrian) എന്ന പദം പൊതുവായി ഉപയോഗിക്കാറുണ്ട്.

3. മഹായുഗങ്ങൾ (Periods)

കൽപ്പത്തെ വീണ്ടും സമയത്തിന്റെ കൂടുതൽ ചെറിയ യൂണിറ്റുകളായി വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. ഇവയെ മഹായുഗങ്ങൾ (Periods) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഫാനറോസോയിക് കൽപ്പത്തിൽ 11 മഹായുഗങ്ങൾ ഉണ്ട്. അവ ക്രമമായി പറഞ്ഞാൽ അതിപുരാതനവും പ്രായക്കൂടുതലുള്ളതുമായ കാംമ്പ്രിയൻ മഹായുഗം (Cambrian Period), ഓർഡോവിഷ്യൻ മഹായുഗം (Ordovician Period), സൈലൂറിയൻ മഹായുഗം (Silurian Period), ഡിവോണിയൻ മഹായുഗം (Devonion Period), കാർബോണിഫെറസ് മഹായുഗം (Carboniferous Period), പെർമിയൻ മഹായുഗം (Permian period), ട്രയാസ്സിക് മഹായുഗം (Triassic Period), ജുറാസിക് മഹായുഗം (Jurassic Period), ക്രിട്ടേഷ്യസ് മഹായുഗം (Cretaceous Period) ടെർഷറി മഹായുഗം (Teritary Period), ക്വാർട്ടേർണറി മഹായുഗം (Quarternary Period) എന്നിവയാണ്.

4. യുഗങ്ങൾ (Epochs)

ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമത്തിലെ മഹായുഗങ്ങളെ വീണ്ടും സമയദൈർഘ്യത്തിന്റെ മറ്റൊരു ഏകകമായ യുഗങ്ങളായി (Epoch) വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. ക്വാർട്ടേർണറി മഹായുഗത്തിലെ ഹോളോസിൻ യുഗത്തിലാണ് നാം ജീവിക്കുന്നത്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ഭൂമിയുടെ പ്രത്യേകമായ ആകൃതിയെന്ത്? ഇത് ഭൂമിയുടെ ചുറ്റളവിനേയും, വ്യാസാർധത്തേയും എങ്ങനെ ബാധിക്കുന്നു?
2. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലം എന്നാൽ എന്ത്?
3. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലത്തിലെ ഏറ്റവും പുതിയ യുഗം ഏതാകുന്നു?
4. മഹാവിസ്ഫോടനം (ബിഗ് - ബാംഗ്) എന്നതുകൊണ്ട് നിങ്ങൾ അർത്ഥമാക്കുന്നതെന്ത്?

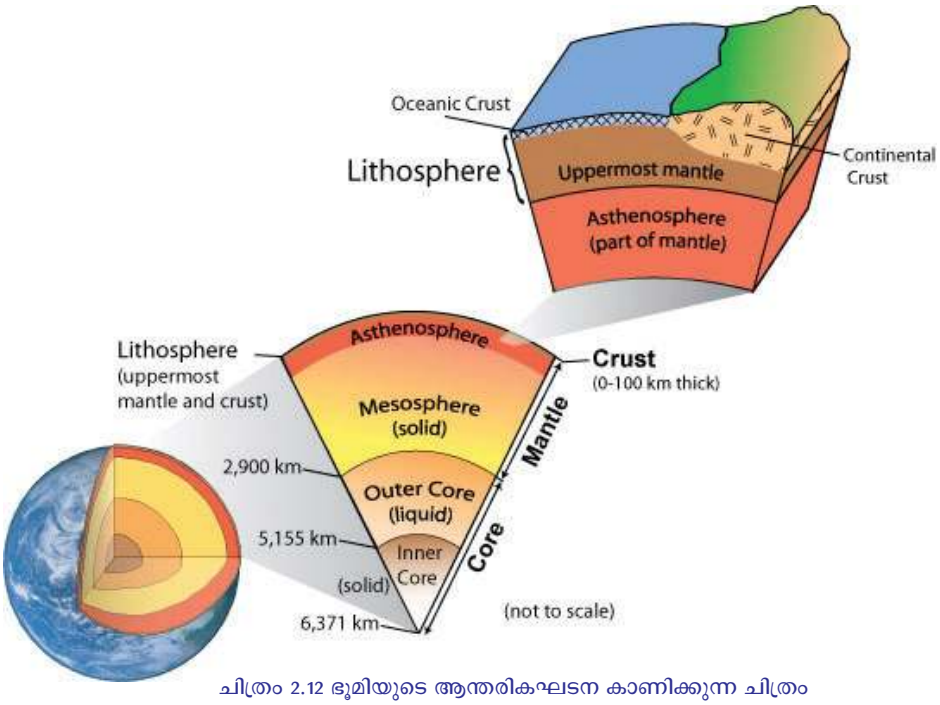
2.7. ഭൂമിയുടെ ആന്തരികഘടന (Internal Structure of the Earth)

ഭൂമിയുടെ മധ്യഭാഗത്തേക്ക് ഒരു യാത്ര നടത്താൻ നമുക്ക് കഴിഞ്ഞാൽ ഏകദേശം 6400 കി.മീ ദൂരം നമുക്ക് സഞ്ചരിക്കേണ്ടി വരും. ഭൂമിയുടെ കേന്ദ്രസ്ഥിതമായ അന്തർമണ്ഡലം അഥവാ അകക്കാമ്പിലേക്കുള്ള (Core) യാത്രയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ശിലാപാളികൾ അവയുടെ ഭൗതികസ്വഭാവത്തിലും രാസഘടനയിലും പ്രകടമായ വൈവിധ്യം കാണിക്കുന്നു. രാസഘടനയുടെയും ഭൗതികസ്വഭാവത്തിന്റെയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂമിയുടെ ഉൾഭാഗത്തെ വ്യത്യസ്ത മണ്ഡലങ്ങളായി തരംതിരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഭൂവൽക്കം (Crust), മാന്റിൽ (Mantle), അകക്കാമ്പ് (Core) എന്നിങ്ങനെയാണ് രാസഘടനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തരംതിരിച്ചിട്ടുള്ളത് (ചിത്രം 2.12). എന്നാൽ ഭൗതികസ്വഭാവത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലംതൊട്ട് അകക്കാമ്പ് വരെയുള്ള ഉൾഭാഗത്തെ 6 വ്യത്യസ്ത മേഖലകളായി തരംതിരിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഭൂമിയുടെ ഉൾഭാഗത്ത് രൂപപ്പെടുന്ന ഉന്നതമർദ്ദത്തെ (Stress) പ്രതിരോധിക്കാനുള്ള ശിലകളുടെ ക്ഷമതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലുള്ള വർഗീകരണമാണ് രണ്ടാമത്തേത്.

ഭൂമിയുടെ ഉൾഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളുടെ രാസഘടനയും ഭൗതികസ്വഭാവവും പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ മുഖ്യകാരണം ഭൗതികസ്വഭാവങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഒരു ഘടകം ശിലകളുടെ രാസഘടനയാണ് എന്നതാകുന്നു. ഭൂമിക്കുള്ളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഉന്നത മർദ്ദവും താപവും ശിലകളുടെ ഭൗതികസ്വഭാവത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന മറ്റ് ഘടകങ്ങളാണ്. ഭൂതലത്തിൽ നിന്നുമുള്ള ആഴം കൂടുന്തോറും മർദ്ദവും താപവും കൂടുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചിട്ടുണ്ടല്ലോ. ഇതിന്റെ ഫലമായി ഒരേ രാസഘടനയുള്ള ശിലാമണ്ഡലങ്ങളാണെങ്കിൽ പോലും അവ കാഠിന്യത്തിൽ വ്യത്യാസം കാണിക്കുന്നു.

1. ഭൂവൽക്കം (Crust)

ഭൂമിയുടെ ഏറ്റവും ഉപരിഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്ന പാളിയാണിത്. ആഗ്നേയ ശിലകൾ, കായാന്തരിത ശിലകൾ, അവസാദശിലകൾ എന്നിവയെല്ലാം ഈ മേഖലയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയിൽ ആദ്യത്തെ രണ്ട് വിഭാഗങ്ങളിൽപ്പെട്ട ശിലകളാണ് താരതമ്യേന കൂടുതലായി ഭൂവൽക്കത്തിലുള്ളത്. ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ കനം ഭൂമിയുടെ എല്ലാ ഭാഗത്തും



ചിത്രം 2.12 ഭൂമിയുടെ ആന്തരികഘടന കാണിക്കുന്ന ചിത്രം

ഒരുപോലെയല്ല. കടൽത്തറ ഭാഗങ്ങളിൽ 5 കി. മീ മുതൽ 10 കി.മീ വരെ കനത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഭൂവൽക്കം വൻകരഭാഗങ്ങളിൽ ശരാശരി 35 കി.മീ. കനത്തിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഹിമാലയം പോലെയുള്ള ഉന്നത പർവ്വതങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ ഭൂവൽക്കഭാഗത്തിന്റെ കനം 70 കി. മീറ്ററിലധികമാണെന്ന് കണക്കാക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഭൂവൽക്ക ഭാഗത്തെയും മാന്റിലിനേയും വേർതിരിക്കുന്ന ഭൂചലനീയ വിച്ഛിന്നതയെ (Seismic discontinuity) മോഹോറോവിസിക് ഡിസ്കണ്ടിന്യുവിറ്റി (Mohorovicic dis-continuity) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഈ പദത്തെ "മോഹോ "(Moho)എന്ന് സംക്ഷിപ്ത രൂപത്തിൽ എഴുതാറുണ്ട്. ഭൂവൽക്കഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളിൽ സിലിക്കൺ ഡയോക്സൈഡ് (SiO_2), അലുമിനിയം ഓക്സൈഡ് (Al_2O_3) തുടങ്ങിയ സംയുക്തങ്ങളാണ് താരതമ്യേന അധികമായി കാണപ്പെടുന്നത്. വൻകരാഭാഗങ്ങളിൽ ഭൂവൽക്കഭാഗത്തിന്റെ കനം സമുദ്രതടഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങളേക്കാൾ കൂടുതലാണ്. എന്നാൽ വൻകരഭാഗങ്ങളിൽ ഭൂവൽക്കസാന്ദ്രത (density) കടൽത്തറ ഭാഗങ്ങളേക്കാൾ കുറവാകുന്നു. മധ്യ സമുദ്രാന്തർ വരമ്പുകളിൽ (Mid Oceanic ridge) ഭൂവൽക്ക ഭാഗങ്ങളുടെ കനം 5 കി.മീറ്ററിൽ താഴെയാകുന്നു. എന്നാൽ ഉന്നതമായ പർവ്വത മേഖലകളിൽ 70 കി.മീറ്ററിൽ അധികമാണ്.

സിയാലും സിമയും (Sial and Sima)

വൻകരഭാഗങ്ങൾ നിലനിൽക്കുന്ന ഭൂവൽക്ക ഭാഗത്തെ സിയാൽ (Sial) എന്നും കടൽത്തറ ഭാഗങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഭൂവൽക്ക ഭാഗത്തെ സിമ (Sima) എന്നും വിളിക്കുന്നു. സിയാലിൽ കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളിൽ അലുമിനിയം സിലിക്കേറ്റുകളാണ് അധികമായി കാണപ്പെടുന്നത്. അലുമിനിയം സിലിക്കേറ്റ് ധാതുക്കളായ ഫെൽസ്പാർ,

ക്വാർട്ട്സ് തുടങ്ങിയ ധാതുക്കളാണ് ഇവിടെയുള്ള ഗ്രാനൈറ്റ് പോലെയുള്ള ശിലകളിൽ ധാരാളമായി കണ്ടു വരുന്നത്. ഈ ഭാഗത്തെ സാന്ദ്രത 2.7 മുതൽ 2.8 ഗ്രാം/സെ.മീ വരെയാകുന്നു. സാന്ദ്രത കുറവായതിനാൽ ഈ ഭാഗം ഭൂവല്ക്കത്തിന്റെ ഏറ്റവും ഉപരിഭാഗത്തായി സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ഈ ഭാഗത്ത് ധാരാളമായി കണ്ടു വരുന്ന സിലിക്കൺ (Silica) മൂലകത്തിന്റേയും അലുമിനിയം (Aluminium) എന്ന മൂലകത്തിന്റേയും ഇംഗ്ലീഷിലുള്ള ആദ്യത്തെ രണ്ട് അക്ഷരങ്ങൾ ചേർന്നാണ് സിയാൽ (Sial) എന്ന വാക്ക് രൂപം കൊണ്ടിട്ടുള്ളത്. ഫെൽസ്പാർ (അലൂമിനിയം സിലിക്കേറ്റ് ധാതുക്കൾ), സിലിക്ക എന്നീ രണ്ടു ധാതുക്കളുടെ ആദ്യ രണ്ട് അക്ഷരങ്ങൾ ചേർന്നുവരുന്ന ഫെൽസിക് (Felsic) എന്ന വാക്ക് സിയാൽ ഭൂവൽക്കഭാഗത്തിനെ സൂചിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ട്. കടൽത്തറ ഭാഗങ്ങളിൽ സിയാൽ കാണപ്പെടുന്നില്ല.

സിയാലിനു താഴെ കാണപ്പെടുന്ന കടൽത്തറഭാഗങ്ങളെ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഭൂവൽക്കഭാഗത്തെ സിമ എന്നു വിളിക്കുന്നു. സിലിക്കൺ, മെഗ്നീഷ്യം തുടങ്ങിയ മൂലകങ്ങൾ സമൃദ്ധമായി അടങ്ങിയ ധാതുക്കൾ കാണപ്പെടുന്ന ബസാൾട്ട് ശിലകളാണ് ഈ മേഖലയിൽ ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്നത്. ഇരുമ്പ്, മെഗ്നീഷ്യം തുടങ്ങിയ മൂലകങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം ഇവിടെയുള്ള ശിലകളുടെ താരതമ്യേന ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയ്ക്ക് കാരണമാകുന്നു. 2.8 മുതൽ 3.3 ഗ്രാം/സെ.മീ വരെയാണ് ഈ മേഖലയുടെ സാന്ദ്രത. സിലിക്കോൺ (Slicon), മെഗ്നീഷ്യം (Magnesium) എന്നീ മൂലകങ്ങളുടെ ഇംഗ്ലീഷ് വാക്കിലെ ആദ്യ രണ്ട് അക്ഷരങ്ങൾ ചേർന്നാണ് സിമ (Sima) എന്ന വാക്കിന് രൂപം നൽകിയത്. ഇതിനെ സമുദ്ര ഭൂവൽക്കം (Oceanic Crust) അഥവാ ആധാര ഭൂവൽക്കപാളികൾ (Basal crust or basal layer) എന്നും അടിസ്ഥാന ഭൂവൽക്കം എന്നും വിളിക്കുന്നു.

സിയാലിനെയും സിമയെയും തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന സീസ്മിക ഡിസ്കണ്ടിന്യുവിറ്റിയെ കോൺറാഡ് സിസ്കണ്ടിന്യുവിറ്റി എന്നു വിളിക്കുന്നു (Conrad discontinuity) . ഇത് വ്യക്തമായ വിച്ഛിന്നത അല്ലായ്കയാൽ ഭൂവൽക്കത്തിൽ 2.8 ശരാശരി സാന്ദ്രത രേഖപ്പെടുത്തുന്ന പ്രതലമായി ഈ വിച്ഛിന്നതയെ പരിഗണിച്ചു വരുന്നു. സിയാൽ പാളികൾ താരതമ്യേന വിസ്കോസിറ്റി കൂടിയ സിമാപാളികളുടെ ഉപരിതലത്തിൽ പൊങ്ങികിടക്കുകയും അതോടൊപ്പം പാർശ്വഭാഗങ്ങളിലേക്ക് തെന്നി നീങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂവൽക്കഭാഗത്തെ സിയാൽ എന്നും സിമ എന്നും രണ്ടായി തരംതിരിച്ചത് 19-ാംനൂറ്റാണ്ടിൽ ജീവിച്ചിരുന്ന എഡ്വാർഡ് സൂയസ് എന്ന ശാസ്ത്രജ്ഞനാണ്.

മാന്റിൽ (Mantle)

ഭൗമാന്തർ മധ്യത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന (രാസഘടനയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തിരിച്ചറിയാവുന്ന) പാളിയാണ് മാന്റിൽ. ഇത് ഭൂവൽക്കഭാഗത്തിന്റെ അടിഭാഗത്തുനിന്നും അഥവാ മോഹൊറോവിസിക് വിച്ഛിന്നത മുതൽ താഴേയ്ക്ക് 2900 കി. മീറ്റർ ആഴം വരെ (ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും) വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നു. മാന്റിൽ എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഭൂമിയുടെ ഈ ഭാഗം രാസഘടനാപരമായി മറ്റ് മണ്ഡലങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് വ്യത്യസ്തത പ്രകടമാക്കുന്ന മണ്ഡലമാണ്. വ്യാപ്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂമിയിലെ ഏറ്റവും വലിയ ഭാഗമായ ഈ മണ്ഡലം ഭൂമിയുടെ മൊത്തം വ്യാപ്തത്തിന്റെ 83 ശതമാനവും മൊത്തം പിണ്ഡത്തിന്റെ 68 ശതമാനവും ഉൾക്കൊള്ളുന്നു.

കൂടിയ തോതിൽ ഇരുമ്പും മെഗ്നീഷ്യവും താരതമ്യേന കുറഞ്ഞ തോതിൽ അലുമിനിയം, സിലിക്കൺ തുടങ്ങിയ മൂലക ധാതുക്കളും അടങ്ങിയ അൾട്രാമാഫിക് ശിലകളാണ് ഈ ഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്നത്. മാന്റിലിന്റെ ബാഹ്യമേഖലയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളിൽ സിലിക്കേറ്റ് ധാതുക്കളായ ഒലിവിൻ, പൈറോക്സിൻ എന്നിവയാണ് ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്നത്. മാന്റിലിൽ നിന്നും അകക്കാമ്പിലേക്ക് പോകുന്തോറും സാന്ദ്രത വർധിക്കുന്നതായി കാണാം. സാന്ദ്രതയിൽ വ്യത്യാസം വരുന്ന ഭാഗത്ത് സീസ്മിക് തരംഗങ്ങളുടെ (ഭൂചലനീയ തരംഗങ്ങൾ) സഞ്ചാരദിശയിലും പ്രവേഗത്തിലും വ്യത്യാസം വരുന്നു. മാന്റിലിനേയും അകക്കാമ്പിനെയും വേർതിരിക്കുന്ന ഭാഗത്തെ 'ഗുട്ടൻബെർഗ് - വിച്ചാർട്ട് ഡിസ്കണ്ടിന്യുവിറ്റി' (Guttenberg-Weichert Discontinuity) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഭൂചലനീയ തരംഗങ്ങളുടെ ചലനത്തിന്റെ പ്രവേഗം ദ്രുതഗതിയിൽ വർധിക്കുന്ന മേഖല കൂടിയാണിത്.

അകക്കാമ്പ് (Core)

ഭൂമിയുടെ ഏറ്റവും ഉൾഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ഭാഗമാണിത്. മാന്റിലിനു താഴെയായി കാണപ്പെടുന്ന ഈ ഭാഗത്ത് നിക്കൽ, ഇരുമ്പ് തുടങ്ങിയ മൂലകങ്ങളാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും ഏകദേശം 2900 കി.മി ആഴത്തിൽ നിന്ന് തുടങ്ങി ഭൗമകേന്ദ്രം വരെ വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്ന മണ്ഡലമാണിത്. അകക്കാമ്പിന്റെ ആരം ഏകദേശം 3500 കി.മീ ആകുന്നു. ഭൂമിയുടെ മൊത്തം വ്യാപ്തത്തിന്റെ 17 ശതമാനവും പിണ്ഡത്തിന്റെ 34 ശതമാനവും അകക്കാമ്പ് ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. അത്യുഗ്ര മർദ്ദവും 6000^0C വരെ ചെന്നെത്തുന്ന താപനിലയും ഉള്ള മേഖലയാണ് അകക്കാമ്പ്.

ഭൗതിക സ്വഭാവത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഉപരിഭാഗത്ത് നിന്നും അകക്കാമ്പ് വരെ ചെന്നെത്തുന്ന ഭൂമിയുടെ ഉൾഭാഗത്തെ 6 വിവിധ മേഖലകളായി തരംതിരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

1. ശിലാമണ്ഡലം (Lithosphere)
2. ആസ്തെനോസ്ഫിയർ (Asthenosphere)
3. ഉപരിമിസോസ്ഫിയർ (Upper Mesosphere)
4. അധോമിസോസ്ഫിയർ (Lower Mesosphere)
5. ബാഹ്യഅകക്കാമ്പ് (Outer Core)
6. ആന്തരഅകക്കാമ്പ് (Inner Core)

ഓരോ പാളികളുടെയും സ്വഭാവ സവിശേഷതകൾ എന്തെന്ന് നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാം.

1. ശിലാമണ്ഡലം (Lithosphere)

മനുഷ്യനും മറ്റ് ജീവജാലങ്ങളും കാണപ്പെടുന്ന ഭൂമിയുടെ ഏറ്റവും ഉപരിഭാഗമാണ് ശിലാമണ്ഡലം. ശിലാമണ്ഡലം ഖരരൂപത്തിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഉരുകിയ ശിലകൾ ശിലാമണ്ഡലത്തിന്റെ മൊത്തം വ്യാപ്തത്തിന്റെ 0.1 ശതമാനമാണെന്ന് കണക്കാക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

മാന്റിലിന്റെ ഉപരിഭാഗവും ഭൂവൽക്കഭാഗവും കൂടിച്ചേർന്നതാണ് ശിലാമണ്ഡലം എന്ന് പറയുന്നത്. ശിലാമണ്ഡലത്തിന്റെ മുകൾ ഭാഗത്ത് ഭൂവൽക്കവും അതിനു താഴെ മാന്റിലിന്റെ ഉപരിഭാഗവും (Lithospheric Mantle) ആണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഈ രണ്ട് മണ്ഡലങ്ങളും കൂടിച്ചേർന്ന് ശിലാമണ്ഡലത്തെ ഉറച്ച ശിലാപാളിയാക്കി മാറ്റുന്നു. പരസ്പരം അതീവ മന്ദഗതിയിൽ വിവിധദിശയിലുള്ള ചലനത്തിൽ ഏർപ്പെട്ടിരിക്കുന്ന നിരവധി ടെക്ടോണിക് പ്ലെയിറ്റുകളുടെ സംഗമമാണ് ശിലാമണ്ഡലം. (ഇതിനെക്കുറിച്ച് അധ്യായം 11-ൽ നിങ്ങൾക്ക് കൂടുതൽ മനസ്സിലാക്കാം).

2. ആസ്തെനോസ്ഫിയർ (Asthenosphere)

ശിലാമണ്ഡലത്തിനു താഴെകാണപ്പെടുന്ന മാന്റിലിന്റെ ഭാഗത്തെ ആസ്തെനോസ്ഫിയർ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത് താരതമ്യേന ദുർബലവും (weak) ബാഹ്യസമ്മർദ്ദ ബലത്തിന് വിധേയമാകുമ്പോൾ രൂപമാറ്റത്തിന് വശംവദമാകുന്ന (ductile) സ്വഭാവം പ്രദർശിപ്പിക്കുന്നതുമായ മണ്ഡലമാണ്. ആസ്തെനോസ്ഫിയർ ശിലാമണ്ഡലം പോലെ ഉറച്ച ഖരാവസ്ഥയിലല്ല ഉള്ളത്. എന്നാൽ ദ്രാവകാവസ്ഥയിലുമല്ല. അർധദ്രാവകാവസ്ഥയിലുള്ള ഇത് നിരവധി സെന്റീമീറ്റർ, വർഷംതോറും ചലനവിധേയമാകുന്നു. അതായത് സമ്മർദ്ദബലത്തിന് വഴങ്ങാത്ത (rigid) ശിലാമണ്ഡലത്തെ അപേക്ഷിച്ച് ആസ്തെനോസ്ഫിയർ സമ്മർദ്ദ ബലത്തിന് കൂടുതലായി വഴങ്ങുന്ന (Plastic Nature)സ്വഭാവം കാണിക്കുന്നു.

ആസ്തെനോസ്ഫിയറിന്റെ രാസഘടന മുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ശിലാമണ്ഡലത്തിന്റെ രാസഘടനയോട് ഏറെക്കുറെ സമാനമാണ്. എന്നിട്ടും എന്തുകൊണ്ടാണ് ആസ്തെനോസ്ഫിയർ കൂടുതൽ മൃദുവും ശിലാമണ്ഡലം സമ്മർദ്ദ ബലത്തിന് കൂടുതൽ വഴങ്ങാത്ത സ്വഭാവ സവിശേഷതയുള്ളതുമാകുന്നത്? ഇതിന് കാരണം ആസ്തെനോസ്ഫിയർ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ആഴത്തിലെ ഉയർന്ന ഊഷ്മാവാണ്. ഇവിടത്തെ ഊഷ്മാവ് ശിലകളുടെ ദ്രവണാങ്കത്തിനോടടുത്താണ്. ഇതുമൂലം ശിലകളുടെ ദൃഢത നഷ്ടപ്പെടുന്നു. യഥാർഥത്തിൽ പരോക്ഷമായ സൂചനകളിൽ നിന്നും ആസ്തെനോസ്ഫിയറിലെ ധാതുക്കൾക്കിടയ്ക്ക് കാണപ്പെടുന്ന ചെറിയ അളവിലുള്ള ഉരുകിയ ശിലാദ്രവമാണ് ആസ്തെനോസ്ഫിയറിനെ മൃദു സ്വഭാവമുള്ളതാക്കുന്നത്. ആസ്തെനോസ്ഫിയറിലെ ധാതുക്കൾക്കിടയ്ക്ക് ഭാഗികമായ ഉരുകിയ ശിലാദ്രവം കാണപ്പെടുന്നുവെങ്കിലും, ആസ്തെനോസ്ഫിയർ മൊത്തത്തിൽ ഖരാവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടുന്നു.

മാഗ്മയുടെ ഉറവിടസ്ഥാനമാണ് ആസ്തെനോസ്ഫിയർ. ശിലകൾ അവയുടെ ദ്രവണാങ്കത്തിന് അടുത്ത അവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതിനാൽ ആസ്തെനോസ്ഫിയറിന്റെ പല ഭാഗങ്ങളിലും ശിലകൾ ഭാഗികമായ ഉരുകിയ അവസ്ഥയിൽ ആയിരിക്കുമെന്ന് നേരത്തെ സൂചിപ്പിച്ചല്ലോ. ജലം പോലെയുള്ള ദ്രാവകങ്ങളുടെ സാന്നിദ്ധ്യവും മർദ്ദത്തിന്റെ കുറവും ആസ്തെനോസ്ഫിയറിന്റെ ഉരുകലിന് ആക്കം കൂട്ടുന്നു.

3. ഉപരിമിസോസ്ഫിയർ (Upper Mesosphere)

ആസ്തെനോസ്ഫിയറിന്റെ താഴെ കാണപ്പെടുന്ന മാന്റിലിന്റെ ശേഷിച്ച ഭാഗമാണ് ഉപരിമിസോസ്ഫിയർ. മാന്റിലിന്റെ വ്യാപ്തത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും ഇത് ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഈ ഭാഗം ഖരാവസ്ഥയിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഉയർന്ന ഊഷ്മാവും, മർദ്ദവും, ശിലകൾ പൊട്ടുന്നത് തടയുന്നു. അത് കാരണം ഈ ഭാഗം ഭൂചലനങ്ങളുടെ പ്രഭവസ്ഥാനമായി വർത്തിക്കുന്നില്ല.

ശിലകളുടെ സാന്ദ്രതയിൽ മാറ്റം വരുന്ന ഒരു മേഖലയാണിത്. ആഴം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് മർദ്ദം കൂടുന്നതുകൊണ്ടാണ് സാന്ദ്രതയിൽ മാറ്റം വരുന്നത്.

4. അധോമിസോസ്ഫിയർ (Lower Mesosphere)

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും കീഴ്പോട്ട് ഏകദേശം 660 കി.മീ മുതൽ 2900 കി.മീ. വരെ (ബാഹ്യ അകക്കാമ്പു വരെ) കാണപ്പെടുന്ന ഭാഗമാണിത്. ധാതുക്കളുടെ ക്രിസ്റ്റൽ ഘടനയിൽ മാറ്റം വരുന്നതുകൊണ്ട് ശിലകളുടെ സാന്ദ്രതയിലും വ്യത്യാസം വരുന്നു. ഇവിടെ കാണപ്പെടുന്ന ശിലകൾക്ക് മുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന മണ്ഡലങ്ങളിലെ ശിലകളേക്കാൾ സാന്ദ്രത കൂടുതലാണ്.

5. ബാഹ്യഅകക്കാമ്പ് (Outer Core)

മിസോസ്ഫിയറിനു താഴെ കാണപ്പെടുന്ന ഭാഗമാണിത്. ഭൂവൽക്കത്തേക്കാൾ രണ്ടിരട്ടിയും മാന്റിലിനേക്കാൾ ഒന്നര ഇരട്ടിയും സാന്ദ്രത കൂടിയ ഭാഗമാണിത്. ഈ ഭാഗം ദ്രാവകാവസ്ഥയിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. S തരംഗങ്ങൾ എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്ന ഭൂചലനീയ തരംഗങ്ങൾ ഈ മേഖലയിലൂടെ സഞ്ചരിക്കാത്തതുകൊണ്ടാണ് അവിടെ ദ്രാവകാവസ്ഥയാണെന്ന് അനുമാനിക്കുന്നത്.

6. ആന്തരഅകക്കാമ്പ് (Inner Core)

ആന്തര അകക്കാമ്പ് ഖരാവസ്ഥയിലാണ് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. ഇരുമ്പ് ധാരാളം അടങ്ങിയ മേഖലയാണ് അകക്കാമ്പ്. ഊഷ്മാവ് ബാഹ്യ അകക്കാമ്പിലും ആന്തര അകക്കാമ്പിലും ഏകദേശം ഒരുപോലെയാകുന്നു. മുകളിലുള്ള പാളികളുടെ ഉയർന്ന മർദ്ദമാണ് ഈ ഭാഗം ഖരാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യാൻ കാരണം.

താഴെപ്പറയുന്ന പട്ടിക (2.3) ഭൂമിയുടെ വിവിധ ഭൗതിക മണ്ഡലങ്ങളുടെ തനതായ സ്വഭാവത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

പട്ടിക 2.3 ഭൂമിയുടെ ഭൗതികപാളികൾ

മേഖല	ഭൗതിക സ്വഭാവം	കനം
ശിലാമണ്ഡലം	ശിലകൾ ദൃഢതയുള്ളതും ആഴം കുറഞ്ഞ ഭാഗങ്ങളിൽ പെട്ടെന്ന് പൊട്ടുന്ന സ്വഭാവം ഉള്ളതുമാകുന്നു.	5 കി.മീ മുതൽ 200 കി.മീ
ആസ്തെനോസ്ഫിയർ	ശിലകൾ സമ്മർദ്ദ ബലത്തിന് വഴങ്ങുന്ന സ്വഭാവമുള്ളതാകുന്നു.	100 കി.മീ മുതൽ 300 കി.മീ
ഉപരിമിസോസ്ഫിയർ	ആഴം കൂടുന്നതിന് അനുസരിച്ച് സാന്ദ്രത കൂടുന്നു. ശിലകൾ ദൃഢതയുള്ളതും പെട്ടെന്ന് പൊട്ടാത്തതുമാകുന്നു.	300 കി.മീ മുതൽ 400 കിമീ
അധോമിസോസ്ഫിയർ	മുകളിലെ മണ്ഡലങ്ങളിലെ ശിലകളേക്കാൾ സാന്ദ്രത കൂടുതൽ, ദൃഢത കൂടുതൽ	2300 കി.മീ
ബാഹ്യഅകക്കാമ്പ്	ദ്രാവക അവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടുന്നു	2300 കി.മീ
ആന്തര അകക്കാമ്പ്	ദൃഢതയള്ളതും പെട്ടെന്ന് പൊട്ടാത്തതുമായ സ്വഭാവം	1200 കി.മീ

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ഭൂമിയുടെ വിവിധ ആന്തരപാളികൾ ഏതെല്ലാം?
2. ബാഹ്യ അകക്കാമ്പുകളും ആന്തര അകക്കാമ്പുകളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ എഴുതുക?

നമുക്ക് ചെയ്തുനോക്കാം

1. ഭൂമിയുടെ ആന്തരിക ഘടന കാണിക്കുന്ന ഒരു ത്രിമാന മാതൃക നിർമിക്കുക.
2. ഭൂമിയുടെ വ്യത്യസ്ഥ ആന്തരപാളികളുടെ രാസ-ഭൗതിക ഗുണങ്ങൾ കാണിക്കുന്ന പട്ടിക താഴെ കാണുന്ന വിധത്തിൽ തയാറാക്കുക.

	ഭൂവൽക്കം	മാന്റിൽ	അകക്കാമ്പ്
രാസസ്വഭാവ സവിശേഷതകൾ			
ഭൗതിക സ്വഭാവ സവിശേഷതകൾ			

2.8 ഭൗമവ്യവസ്ഥകളുടെ അടിസ്ഥാനഘടകങ്ങൾ (The basic components of Earth system)

ഭൗമവ്യവസ്ഥാവിജ്ഞാനം എന്ന സങ്കൽപ്പം ഭൂമിയെ ഒരു പരസ്പരബന്ധിത വ്യവസ്ഥയായി വിഭാവനം ചെയ്യുന്നു. അതിലൂടെ ഭൂമിയുടെ ഭൂതകാലത്തേയും വർത്തമാനകാലത്തെയും ഭാവികാലത്തെയും സ്വാധീനിക്കുന്ന ഭൗതിക-രാസ-ജൈവിക ഇടപെടലുകളെയും മാനുഷിക ഇടപെടലുകളെയും ആഴത്തിൽ മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കുന്നു. സുസ്ഥിരത കൈവരിക്കുക എന്ന ലക്ഷ്യം പ്രാപിക്കാൻ ഭൂമിയക്കുറിച്ച് ആർജിക്കേണ്ട ധാരണകൾക്ക് ഈ വിജ്ഞാനം ഭൗതികാടിത്തറ നൽകുന്നു.

ഒരു ഭൗമവ്യൂഹത്തിന് രണ്ട് പ്രാഥമിക ഘടകങ്ങളാണ് ഉള്ളത്: ഭൗമമണ്ഡലവും (Geosphere) മറ്റൊന്ന് ജൈവമണ്ഡലവും (Biosphere). ഇതിൽ ഭൗമമണ്ഡലത്തിൽ നാല് ഉപഘടകങ്ങളാണ്: ശിലാമണ്ഡലം (ഖരഭൂമി), വായുമണ്ഡലം (വാതക കവചം), ജലമണ്ഡലം (ദ്രാവക ജലം), അതിശൈത്യ മണ്ഡലം (ഉറഞ്ഞ ജലമണ്ഡലം) എന്നിവയാണ്. മേൽപറഞ്ഞ ഉപഘടകങ്ങളെ നിരവധി ചെറുഘടകങ്ങളായി വിഭജിക്കാം. ഉദാഹരണമായി സമുദ്രങ്ങൾ ജലമണ്ഡലത്തിലെ ഒരു ചെറുഘടകമാണ്. ജൈവമണ്ഡലത്തിൽ ജീവജാലങ്ങളെ വിവിധ ഫൈലങ്ങളായും (phyla) അഞ്ച് കിങ്ഡങ്ങളായും (kingdoms) തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്നു. കിങ്ഡം അനിമാലിയ (kingdom animalia) യിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന മനുഷ്യർ ജൈവമണ്ഡലത്തിലെ 20 ദശലക്ഷം മുതൽ

100 ദശലക്ഷം വരെയുള്ള വിവിധ സ്പീഷിസുകളിൽ (species) കേവലം ഒരു സ്പീഷിസ് മാത്രമാണ്.

2.8.1 ശിലാമണ്ഡലം (Lithosphere)

ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ശിലാവരണമാണ് ശിലാമണ്ഡലം എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഭൂമിയുടെ ആന്തരിക ഘടനയിലെ ഭൂവൽക്കഭാഗവും മാന്റിലിന്റെ ഉപരിഭാഗവും ചേർന്നതാണ് ശിലാമണ്ഡലം. ആഗ്നേയ - അവസാദ - കായാന്തരിത ശിലകളാലും അവയുടെ പിൽക്കാല ഉൽപന്നങ്ങളാലും നിർമിതമാണ് ശിലാമണ്ഡലം. ആധുനിക കൃതികളിലും ഭൗമവ്യവസ്ഥാവിജ്ഞാനത്തിലും ഭൂമിയിലെ ഖരഭാഗങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കാൻ ഭൗമമണ്ഡലം (geosphere) എന്ന പദം വായുമണ്ഡലം, ജലമണ്ഡലം, ജൈവമണ്ഡലം എന്നിവയോടൊപ്പം ഉപയോഗിക്കുന്നു. ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ ഭൗമമണ്ഡലം എന്നപദം ഭൂമിയുടെ ഉറച്ച ഉപരിതലത്തെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന പദമായ ശിലാമണ്ഡലത്തിന് പകരമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. എന്നിരുന്നാലും ശിലാമണ്ഡലം എന്നത് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലെ കനമേറിയ ഉറച്ച പാളിയെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന പദമാണ്.

2.8.2 അന്തരീക്ഷം (Atmosphere)

ഭൂമിയെ പൊതിഞ്ഞു കാണുന്ന വായുവിന്റെ ആവരണത്തെയാണ് അന്തരീക്ഷം എന്നു വിളിക്കുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾ താഴ്ന്ന ക്ലാസിൽ മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. നിരവധി വാതകങ്ങളുടെ മിശ്രണമാകുന്നു അന്തരീക്ഷം. നൈട്രജൻ, ഓക്സിജൻ, കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ് തുടങ്ങിയ വാതകങ്ങൾ അവയിൽ ചിലതാകുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് ഇത്തരം വാതകങ്ങൾ കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെടുമ്പോഴും അവ അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിന്ന് മാറ്റപ്പെടുമ്പോഴും അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ രാസഘടനയിൽ മാറ്റം വരുന്നു. ജീവജാലങ്ങൾ ശ്വസിക്കുമ്പോൾ അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിന്നും ഓക്സിജൻ വലിച്ചെടുക്കുകയും പുറത്ത് വിടുന്ന കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ് അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. സസ്യങ്ങൾ പ്രകാശസംശ്ലേഷണ സമയത്ത് കാർബൺ ഡൈ ഓക്സൈഡ് അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിന്ന് സ്വീകരിക്കുകയും ഓക്സിജൻ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് പുറന്തള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടന സമയത്തും, വാഹനങ്ങളിൽ നിന്നും, ഫാക്ടറികളിൽ നിന്നും മറ്റും അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് വാതകങ്ങൾ കൂട്ടിച്ചേർക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഭൂമിയിലെ താപനില നിലനിർത്തുന്നതിൽ അന്തരീക്ഷം പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഘടകങ്ങൾ (Composition of Atmosphere)

അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന വാതകങ്ങളുടെ ഘടകസവിശേഷതകൾ സാധാരണയായി അവയുടെ വ്യാപ്തത്തിന്റെ ശതമാനത്തിലാകുന്നു. മൊത്തം അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഓരോവാതകവും ഏത് അനുപാതത്തിലാണ് നിലകൊള്ളുന്നത് എന്നതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഘടകസവിശേഷതകൾ വിവരിക്കാം. അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന വാതകങ്ങളും മറ്റും പട്ടികയായി താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു.

ക്രമ നമ്പർ	വാതകങ്ങൾ	ശതമാനം
1	നൈട്രജൻ (N_2)	78.08
2	ഓക്സിജൻ (O_2)	20.95
3	ആർഗൺ	0.93
4	ജലബാഷ്പം	0 to 4
5	കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ്	0.0395
6	മീഥേൻ	0.00018

നമുക്ക് ചെയ്തുനോക്കാം

അന്തരീക്ഷ രാസഘടനയുടെ ആപേക്ഷിക ശതമാനം സൂചിപ്പിക്കുന്ന ഒരു വലിയ പൈ ചിത്രം വരയ്ക്കുക.

മുകളിൽ പറഞ്ഞ വാതകങ്ങളെ കൂടാതെ വളരെ ചെറിയ ഖരരൂപത്തിലുള്ള വസ്തുക്കളും അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഈ വസ്തുക്കളെ കണികകൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇവയുടെ വലുപ്പം ഒരു മില്ലീമീറ്ററിന്റെ ആയിരത്തിലൊന്ന് അഥവാ മൈക്രോമീറ്ററിൽ താഴെ ആയിരിക്കും. മണ്ണ്, ഉപ്പ്, ചാരം, ജ്വലനത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന വസ്തുക്കൾ, അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനഫലമായിട്ടുണ്ടാകുന്ന ചാരം, പൂമ്പൊടി, എയ്റോസോൾ (aerosol)എന്നറിയപ്പെടുന്ന ചെറിയ ദ്രാവക കുമിളകൾ എന്നിവയെല്ലാം ഇതിൽ ഉൾപ്പെടും. ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നീ മൂന്ന് രൂപങ്ങളിൽ അന്തരീക്ഷത്തിലും ജലം കാണപ്പെടുന്നു.

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം മുതൽ ആയിരകണക്കിന് കിലോമീറ്റർ അപ്പുറമുള്ള സൗരക്കാറ്റ് മേഖല വരെ അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. സൂര്യന്റെ ഉപരിഭാഗത്ത് നിന്നും പുറപ്പെടുന്ന അയോണുകളുടെ പ്രവാഹത്തെയാണ് സൗരക്കാറ്റ് എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഏകദേശം 100 കി.മി വരെ പൊതുവെ അന്തരീക്ഷവാതകങ്ങളുടെ മിശ്രണത്തിൽ കാര്യമായ വ്യത്യാസങ്ങൾ ഒന്നുംതന്നെ വരുന്നില്ല. ഓസോണിന്റെയും ജലബാഷ്പത്തിന്റെയും അളവിലാണ് കാര്യമായ വ്യത്യാസം കാണുന്നത്.

വായുവിന് ഭാരവും മർദ്ദവും ചെലുത്താനുള്ള കഴിവുണ്ട്. ഭൂഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിനു ചുറ്റും അന്തരീക്ഷം നിലനിർത്തപ്പെടുന്നത്. ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെ ഫലമായി ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ സാന്ദ്രത ഉപരിതലത്തിനടുത്ത് അധികമാകുന്നു. ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും 30 കിലോമീറ്റർ പരിധിക്കുള്ളിൽ ആകുന്നു അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങളുടെ ഭൂരിഭാഗം പിണ്ഡവും കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉയർന്ന തലങ്ങളിൽ വാതക തന്മാത്രകളുടെ അളവ് വളരെ കുറവാണ്. അതിനാൽ തന്നെ അന്തരീക്ഷ മർദ്ദവും കുറവായിരിക്കും. സമുദ്ര നിരപ്പിൽ അന്തരീക്ഷമർദ്ദം 1013.25 മില്ലീബാർ ആകുന്നു. ബാരോമീറ്റർ ഉപയോഗിച്ചാണ് അന്തരീക്ഷമർദ്ദം അളക്കുന്നത്.

അന്തരീക്ഷഘടന ലംബതലത്തിൽ (അന്തരീക്ഷപാളികൾ) (Vertical Structure of the atmosphere)

സമുദ്രനിരപ്പിൽ നിന്നും തുടങ്ങി പതിനായിരകണക്കിന് കിലോമീറ്റർ അപ്പുറമുള്ള ബഹിരാകാശംവരെ അന്തരീക്ഷം വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നു. സ്വഭാവത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അന്തരീക്ഷത്തെ കുത്തനെയുള്ള രണ്ട് മേഖലകളായി തരംതിരിയ്ക്കാം.

1. ഹോമോസ്ഫിയർ (Homosphere)

ഏകദേശം 100 കിലോമീറ്റർ ഉയരംവരെ വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്ന അന്തരീക്ഷ മേഖലയാണിത്. വാതകങ്ങളുടെ ശക്തമായ മിശ്രണം (Turbulent mixing)വാതക തന്മാത്രകളുടെ പ്രസരണത്തേക്കാൾ അധികമാണ്. ഉയരം ഹോമോസ്ഫിയറിലെ വാതകങ്ങളുടെ ചേരുവകളെ സ്വാധീനിക്കുന്നില്ല. അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ രാസഘടന ഈ ഭാഗത്തിന്റെ ഉയർന്ന തലം വരെ ഐകരൂപ്യമുള്ള പോലെ (uniform) കാണപ്പെടുന്നു. ഈയൊരു കാരണം കൊണ്ടാണ് ഈ ഭാഗത്തിന് ഹോമോസ്ഫിയർ എന്ന പേര് നൽകിയിട്ടുള്ളത്.

2. ഹെറ്ററോസ്ഫിയർ (Heterosphere)

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും 100 കിലോമീറ്ററിൽ കൂടുതൽ ഉയരത്തിലുള്ള അന്തരീക്ഷ മേഖലയാണിത്. താരതമ്യേന തന്മാത്രാപിണ്ഡം കൂടിയ വാതകങ്ങൾ താഴ്ന്ന മേഖലയിലും കുറവുള്ളത് ഉയർന്നതലങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്നു. 1000 കിലോമീറ്ററിനപ്പുറം ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം തുടങ്ങിയ വാതകങ്ങളാണ് ധാരാളമായി കണ്ടുവരുന്നത്. തന്മാത്രാഭാരം കൂടിയ ദ്വയാറ്റോമിക് നൈട്രജൻ വാതകം 500 കിലോമീറ്ററിനു മുകളിൽ വളരെ കുറഞ്ഞ തോതിൽ മാത്രമേ കാണപ്പെടുന്നുള്ളു.

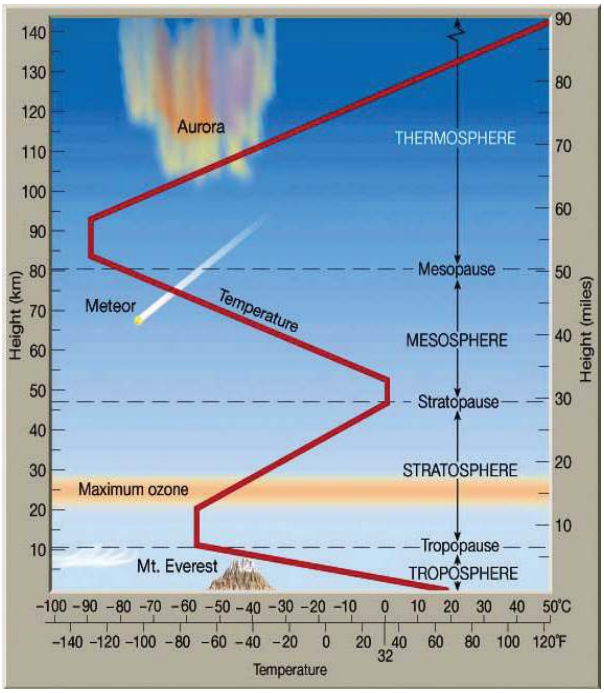
ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും ഏകദേശം 100 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിൽ എത്തുമ്പോൾ അന്തരീക്ഷ ഘടനയിൽ മാറ്റം വരുന്നു. ഹോമോസ്ഫിയറിനും ഹെറ്ററോസ്ഫിയറിനും ഇടയ്ക്കുള്ള ഈ ഭാഗത്തെ ടർബോപോസ് (turbopause) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും മുകളിലേക്ക് പോകുന്തോറും അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവിൽ വ്യതിയാനം സംഭവിക്കുന്നു. ഈ വ്യതിയാനത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അന്തരീക്ഷപാളിയായ ഹോമോസ്ഫിയറിനെ അഞ്ച് വ്യത്യസ്ത പാളികളായി തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നു. (ചിത്രം 2.13)

1. ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ
2. സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ
3. മിസോസ്ഫിയർ
4. തെർമ്മോസ്ഫിയറും അയനോസ്ഫിയറും
5. എക്സോസ്ഫിയർ

1. ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തോട് ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്ന അന്തരീക്ഷ പാളിയാണിത്. മനുഷ്യനുൾപ്പെടെയുള്ള ജീവജാലങ്ങൾ വസിക്കുന്ന ഏറ്റവും താഴ്ന്ന വിതാനത്തിലുള്ള അന്തരീക്ഷ പാളിയാണിത്. ഈ മേഖല എപ്പോഴും മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. മേഘങ്ങൾ, പ്രകാശം, താപം എന്നിവയിലെല്ലാം ഓരോ ദിവസവും നിരവധി മാറ്റങ്ങൾ സംഭവിക്കുന്നു. ഓരോ മാറ്റവും മനുഷ്യനുൾപ്പെടെയുള്ള ജീവജാലങ്ങളുടെ നിലനിൽപ്പിനെ ബാധിക്കുന്നു. സംയോജന മേഖല എന്നാണ് ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ അർഥം.



ചിത്രം 2.13 ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷ പാളികൾ (vertical layers of Earth's atmosphere)

ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിൽ നിത്യേനയുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങളെ ദിനാവസ്ഥ (Weather)എന്നു വിളിക്കുന്നു. വായുവിന്റെ സംവഹന പ്രക്രിയ വഴിയാണ് അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഈ ഭാഗം ചൂടുപിടിക്കുന്നത്. ഇതിന്റെ (ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ) മുകൾ ഭാഗത്തേയ്ക്ക് പോകുന്തോറും അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവ് അനുക്രമം കുറഞ്ഞു വരുന്നു. വായുവിന്റെ ലംബതലത്തിലും തിരശ്ചീന തലത്തിലുമുള്ള ശക്തമായ മിശ്രണം വഴി ചൂടുകൂടിയ വായു മുകളിലേയ്ക്ക് ഉയർന്ന് മേഘങ്ങളായും, മഴയായും, കാറ്റായും ഒക്കെ മാറുന്നു. വായുവിന്റെ ഇത്തരത്തിലുള്ള മിശ്രണമാണ് (mixing) കാലാവസ്ഥ പ്രതിഭാസത്തിന് കാരണം.

ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശങ്ങളിൽ ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ ഏകദേശം 18-20 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിലും ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിൽ 7 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിലും കാണപ്പെടുന്നു. അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ജലബാഷ്പത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ജലബാഷ്പത്തിന്റെ അളവിലുണ്ടാകുന്ന വ്യത്യാസം ഒഴിച്ചാൽ ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ രാസഘടന എല്ലാ ഭാഗത്തും ഏറെക്കുറെ സമാനമാണ്.

ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്ന സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗം ട്രോപ്പോസ്ഫിയർ ആഗിരണം ചെയ്യുകയും അതിനെ താപോർജമായി മാറ്റുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ താപോർജം ചാലനം, സംവഹനം എന്നീ പ്രക്രിയകൾ വഴി ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ എല്ലാ ഭാഗത്തും പ്രസരിക്കപ്പെടുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായിട്ടാണ് ഭൂമിയോട് അടുത്ത ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ ഭാഗത്ത് ചൂട് കൂടുതൽ അനുഭവപ്പെടാൻ കാരണം.

ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ മുകൾ ഭാഗത്ത് എത്തുമ്പോഴേക്കും താപനില കുറയുന്നു. ഇതിനാലാണ് പർവ്വതങ്ങളുടെ മുകൾഭാഗത്ത് താഴ്വരകളേക്കാൾ തണുപ്പ് ഉണ്ടാകാൻ കാരണം. ഉയരം കൂടുന്നതനുസരിച്ച് ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഊഷ്മാവിന്റെ കുറവിനെ എൻവിയോൺമെന്റൽ ലാപ്സ് നിരക്ക് (Environmental Lapse Rate) (ELR) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത് ഓരോ കിലോമീറ്റർ മുകളിലോട്ട് പോകുന്തോറും ശരാശരി $6.5^{o}C$ നിരക്കിൽ കുറയുന്നു. ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ മുകൾ ഭാഗത്തെ താപനില ഏകദേശം $-60^{o}C$ ആകുന്നു. ELR പോസിറ്റീവ് സംഖ്യയിൽ നിന്നും നെഗറ്റീവ് സംഖ്യയിലേക്ക് മാറുന്ന മേഖലയെ ട്രോപ്പോപോസ് (tropopause) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

അന്തരീക്ഷപിണ്ഡത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന മേഖലയാണിത്. ജലബാഷ്പത്തിന്റെ 99 ശതമാനവും, അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങളുടെ 75 ശതമാനവും ഈ മേഖലയിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ജലപരിവൃത്തിയെ മുന്നോട്ട് നയിക്കാനുള്ള തോതിലുള്ള ജലബാഷ്പം ഈ മേഖലയിലുണ്ട്.

2. സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ (Stratosphere)

ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിനു മുകളിലായി ഏകദേശം 50 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന അന്തരീക്ഷ പാളിയാണിത്. വായുവിന്റെ സംവഹനചലനം ഇവിടെ തീരെ ഇല്ലെന്ന് തന്നെ പറയാം. തിരശ്ചീന തലത്തിലുള്ള വായുവിന്റെ ചലനമാണ് ഈ മേഖലയിൽ കൂടുതൽ പ്രകടമായി കാണപ്പെടുന്നത്. ഉയരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് താപനിലയിൽ വർധനവ് അനുഭവപ്പെടുന്നു. കാലാവസ്ഥാ വ്യത്യാസം ഈ ഭാഗങ്ങളിൽ ഇല്ലെന്ന് തന്നെ പറയാം. സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിന്റെ താഴ്ന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ താപനില $-60^{o}C$ ആകുന്നു. ഉയരം കൂടുന്തോറും ഊഷ്മാവ് വർധിച്ച് $-3^{o}C$ വരെ എത്തുന്നു. ഓസോൺ തന്മാത്രകൾ അൾട്രാവയലറ്റ് രശ്മികളെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത് കൊണ്ടാണ് ഈ മേഖലയിലെ

ഓസോൺ

ഓക്സിജന്റെ ഒരു തന്മാത്രയിൽ (O_2) രണ്ട് ഓക്സിജൻ ആറ്റങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. പക്ഷേ ഒരു ഓക്സിജൻ ആറ്റം കൂടിച്ചേരുമ്പോൾ ഓക്സിജന്റെ ഒരു തന്മാത്ര ഓസോൺ ആയി മാറുന്നു. മൂന്ന് ഓക്സിജൻ ആറ്റങ്ങളാൽ നിർമിതമായ ഒരു ഓസോൺ തന്മാത്രയാണ് O_3. സൂര്യനിൽ നിന്നും വരുന്ന വിനാശകരമായ അൾട്രാവയലറ്റ് വികിരണങ്ങളെ ആഗിരണം ചെയ്ത് അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഓസോൺ നമ്മെ സംരക്ഷിക്കുന്നു. പക്ഷേ വായുവിലൂടെ ഓസോൺ ഭൂനിരപ്പിലുള്ള നാം ശ്വസിക്കുന്ന വായുവിൽ എത്തുമ്പോൾ അത് വിഷമായിമാറുന്നു. ജീവജാലങ്ങൾക്കും അജീവീയ വസ്തുക്കൾക്കും ഇത് പൊള്ളലുകളും നാശവും ഉണ്ടാക്കുന്നു. ഇടിമിന്നലും കൊടുങ്കാറ്റും ഉണ്ടാകുന്ന സമയത്ത് പ്രകൃത്യാ അന്തരീക്ഷത്തിൽ ചെറിയ അളവിൽ ഓസോൺ രൂപപ്പെടുന്നു. എന്നാൽ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് പുറംതള്ളപ്പെടുന്ന വ്യാവസായിക രാസവസ്തുക്കളും വാഹനങ്ങളിൽ നിന്നും പുറംതള്ളപ്പെടുന്ന വസ്തുക്കളും സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെയും ഊഷ്മാവിന്റെയും കൂടെ അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഓക്സിജനെ ഓസോണായി രൂപാന്തരപ്പെടുത്തുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഓസോണിന്റെ അളവ് ഭയാനകമായി ഉയരുന്നു. ഫോട്ടോകെമിക്കൽ സ്മോഗിലെ (Photochemical smog) പ്രധാന ഘടകമാണ് ഓസോൺ.

ഊഷ്മാവ് വർധിക്കാൻ കാരണം. ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിന്റെ മുകളതിരിൽ ഇത് 0°C (32°F) വരെ എത്തുന്നു. വരണ്ട വായുവും സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിനെ അപേക്ഷിച്ച് അനുഭവപ്പെടുന്ന ഉയർന്ന ഊഷ്മാവും കാരണം ഈ ഭാഗത്ത് മേഘങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നില്ല. മേഘങ്ങൾ കാണപ്പെടുകയാണെങ്കിൽ തന്നെ അത് 30 കിലോമീറ്ററിന് മുകളിലായിട്ടാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഇവിടെ കാണപ്പെടുന്ന മേഘങ്ങളെ നാക്രിയസ് (nacreous) മേഘങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. അവയ്ക്കുള്ള വർണോജ്വലത (Iridescence)കാരണം മുത്തുകളുടെ അമ്മ (Mother of Pearl) എന്നും ഇത്തരം മേഘങ്ങളെ വിളിക്കാറുണ്ട്. 30 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഈ മേഘങ്ങൾ ഖരമഞ്ഞ്, അതിശൈത്യജലം എന്നിവ ഉൾക്കൊള്ളുന്നവയാണ്.

സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിന്റെ ഉയർന്ന തലങ്ങളിൽ (20-50 Km) വച്ച് സൂര്യപ്രകാശത്തിലെ അൾട്രാവയലറ്റ് രശ്മികളെ ആഗിരണം ചെയ്ത് ഓക്സിജൻ തന്മാത്രകൾ വിഘടിക്കുന്നു. വിഘടിച്ചുണ്ടായ ഓക്സിജൻ ആറ്റം ഓക്സിജൻ (O_2)തന്മാത്രയുമായി കൂടിച്ചേർന്ന് ഓസോൺ (O_3)തന്മാത്രകൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഉത്തരായന രേഖയ്ക്കും ദക്ഷിണായന രേഖയ്ക്കും ഇടയിലുള്ള ഉഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശത്തും മധ്യ അക്ഷാംശരേഖാപ്രദേശത്തുമാണ് ഓസോൺ പ്രധാനമായും ഉണ്ടാകുന്നത്.

ദിനാവസ്ഥയും കാലാവസ്ഥയും

നിങ്ങളുടെ വരവ് - ചെലവ് കണക്കുകളുടെ പരിശോധന വഴി ഇത് വിവരിക്കാൻ കഴിയും. അതായത് ഒരു വർഷത്തിലെ 12 മാസത്തിലെ ഓരോ മാസത്തിലേയും മിച്ചം എന്നത് കാലാവസ്ഥയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. ഓരോ ദിവസത്തേയും വരവ് - ചെലവ് ദിനാവസ്ഥയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു. നിങ്ങൾക്ക് ദിനന്തോറുമുള്ള മിച്ചത്തിൽ നിത്യേന വളരെയധികം മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടായിക്കൊണ്ടിരിക്കും. എന്നാൽ നിങ്ങളുടെ മാസംതോറുമുള്ള മിച്ചം അതായത് ദിനംതോറുമുള്ള മിച്ചത്തിന്റെ ശരാശരി വളരെയധികം ഐക്യരൂപമുള്ളതായിരിക്കും. ഇതേ രീതിയിൽ നിങ്ങളുടെ അനുഭവത്തിൽ നിന്നും കാലാവസ്ഥയേക്കാൾ ദിനാവസ്ഥ വളരെ വേഗത്തിൽ മാറുന്നുണ്ടെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാം. ഒരുദിവസം 40°C നോടടുത്ത ചൂടാണെങ്കിൽ തൊട്ടടുത്ത ദിവസം 30°C താഴെയുള്ള തണുത്ത അവസ്ഥയിലേക്ക് മാറുന്നു. കാലാവസ്ഥയിലും ഇതുപോലെ മാറ്റങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പക്ഷേ അത് നീണ്ടകാലയളവുകൊണ്ടാണെന്ന് മാത്രം.

ട്രോപോസ്ഫിയറിലെ നിത്യേനയുള്ള മാറ്റങ്ങളെ ദിനാവസ്ഥ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. വലിയ കാലയളവുകളിലുള്ള മാറ്റത്തിന്റെ ശരാശരി അവസ്ഥയെ കാലാവസ്ഥ എന്ന പദം കൊണ്ട് സൂചിപ്പിക്കുന്നു. കാലാവസ്ഥയേക്കാളും കൂടുതൽ തീവ്രമായിരിക്കും ദിനാവസ്ഥ. ഇതു കൊണ്ടാർഥമാക്കുന്നത് നിത്യേനയുള്ള ഊഷ്മാവിന്റെയും, മഴയുടെയും, മർദ്ദത്തിന്റെയും, കാറ്റിന്റെയും പരിധി നീണ്ട കാലയളവിലുള്ള കാലാവസ്ഥയേക്കാളും അധികമായിരിക്കും. കാലാവസ്ഥ നീണ്ട കാലയളവിലുള്ള ദിനാവസ്ഥയുടെ ശരാശരിയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നതിനാൽ ഇത് മിതമായിരിക്കും. കരയിൽ ജീവിക്കുന്ന ബഹുഭൂരിപക്ഷം ജീവജാലങ്ങളും അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ താഴെഭാഗത്തുള്ള 5 കി.മി. നുള്ളിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഉയർന്ന തലങ്ങളിലുള്ള അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ നേർമയും രൂക്ഷമായ അവസ്ഥകളും ഭൂരിഭാഗം ജീവജാലങ്ങൾക്കും നിലനിൽക്കാൻ പറ്റാത്തതാകുന്നു. 8848 കി.മി. ഉയരമുള്ള എവറെസ്റ്റ് കൊടുമുടി അന്തരീക്ഷ മണ്ഡലമായ ട്രോപോസ്ഫിയറിന്റെ ഏകദേശം പകുതി വരെ ഉയർന്ന് കാണപ്പെടുന്നു.

സൂര്യനിൽ നിന്ന് ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്ന വിനാശകാരികളായ അൾട്രാവയലറ്റ് വികിരണങ്ങൾ പോലുള്ള രശ്മികളെ ഓസോൺ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഓസോൺ അൾട്രാവയലറ്റ് വികിരണോർജത്തെ താപോർജമായി മാറ്റുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയുടെ ഫലമായിട്ടാണ് സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ ചൂടുപിടിക്കുന്നത്. വസന്തകാലത്ത് (Spring Season) അന്റാർട്ടിക്കയിൽ ഓസോൺ ശോഷണം നടക്കുന്നതിന്റെ പ്രധാന കാരണക്കാർ നാക്രിയസ് മേഘങ്ങൾ, ക്ലോറോ ഫ്ളൂറോ കാർബൺ (CFC), മറ്റ് മനുഷ്യനിർമിത മലിനീകാരികൾ എന്നിവയാകുന്നു.

സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയറിനേയും തൊട്ടുമുകളിലുള്ള മിസോസ്ഫിയറിനേയും വേർതിരിക്കുന്ന ഭാഗത്തെ സ്ട്രാറ്റോപോസ് (stratopause) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഏകദേശം 45-50 കിലോമീറ്റർ ഉയരംവരെ സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നു. സ്ട്രാറ്റോപോസിൽ അന്തരീക്ഷമർദ്ദം ഏകദേശം 1 മില്ലിബാർ ആകുന്നു. ഇവിടെ വച്ച് അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവിൽ വീണ്ടും മാറ്റം വരുന്നത് നിലയ്ക്കുന്നു. താഴെയുള്ള ഓസോൺ പാളികളുടെ ചൂടുപിടിക്കൽ വഴി മിസോസ്ഫിയറിന്റെ താഴ്ന്ന മേഖലകളിൽ ഉയർന്ന വിതാനങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് ചൂട് കൂടുതൽ അനുഭവപ്പെടുന്നു. ഏകദേശം 80 കിലോമീറ്റർ വരെ മിസോസ്ഫിയറിൽ ഉയരത്തിന് ആനുപാതികമായി അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവ് കുറഞ്ഞുവരുന്നു. ജെറ്റ് വിമാനങ്ങളുടെ സഞ്ചാരത്തിന് ഏറ്റവും അനുയോജ്യമായ മേഖലയാണ് സ്ട്രാറ്റോസ്ഫിയർ.

3. മിസോസ്ഫിയർ (Mesosphere)

ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും 50 മുതൽ 80 കിലോമീറ്റർ വരെ ഉയരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന അന്തരീക്ഷ പാളിയാണിത്. മിസോസ്ഫിയറിൽ ഉയരം കൂടുന്നതനുസരിച്ച് താപനില കുറയുന്നു. ശൈത്യം ഏറ്റവും കൂടുതലുള്ള അന്തരീക്ഷ പാളിയാണിത്. ഇതിന്റെ മുകൾ ഭാഗത്തെ ഊഷ്മാവ് -120°C-ൽ താഴെയാകുന്നു. സൗരയൂഥത്തിന്റെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിൽ നിന്നും ബഹിരാകാശത്ത് നിന്നും ഭൂമിയിലേക്ക് പതിക്കുന്ന ശിലാ ശകലങ്ങളും മറ്റും കത്തിതീരുന്ന അന്തരീക്ഷഭാഗമാണിത്. അതിനാൽ ഭൂമിയിലേക്ക് പതിക്കുന്ന ഉൽക്കകളിൽ നിന്നും ഭൂമിയെ സംരക്ഷിക്കുന്ന പാളിയാണിത്. ഉൽക്കകൾ ഇവിടെ വച്ച് കത്തിച്ചാരമായിത്തീരുന്നു. മിസോസ്ഫിയറിനേയും തെർമോസ്ഫിയറിനേയും വേർതിരിക്കുന്നത് മിസോപാസാണ് (mesopause)

4. തെർമോസ്ഫിയറും അയണോസ്ഫിയറും

മിസോസ്ഫിയറിന് തൊട്ടുമുകളിലും എക്സോസ്ഫിയറിനു താഴെയുമായി കാണപ്പെടുന്ന അന്തരീക്ഷ പാളിയാണിത്. ഏകദേശം 85 കിലോമീറ്റർ മുകളിലായിട്ടാണ് ഇത് കാണപ്പെടുന്നത്. അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങൾ ഇവിടെ അവയുടെ തന്മാത്രാഭാരത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ പ്രത്യേക പാളികളായി കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

ഉയരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവ് വർധിക്കുന്നു. ഉയർന്ന ഊർജമുള്ള സൗരവികിരണങ്ങളെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നതുവഴി ഈ ഭാഗത്ത് ഊഷ്മാവ് സൗരപ്രക്രിയകളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ഏകദേശം 2000°C വരെ ഊഷ്മാവ് ഉയരാറുണ്ട് (3,630°F) ഉയർന്ന ഊർജമുള്ള സൗരവികിരണങ്ങളുടെ പ്രവർത്തന ഫലമായി അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങൾ ഈ മേഖലയിൽ വൈദ്യുതചാർജുള്ള കണികകളായിട്ടാണ് (അയോണുകൾ) കാണപ്പെടുന്നത്. തെർമ്മോപോസ് എന്ന മേഖലവരെ

തെർമ്മോസ്ഫിയർ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നു. ഏകദേശം 100 കിലോമീറ്ററിനു മുകളിൽ ഉയരം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ രാസഘടനയിൽ മാറ്റം വരുന്നു. അതിനെ നമ്മൾ ഹെറ്ററോസ്ഫിയർ അഥവാ അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഉപരിപാളി (Heterosphere or Upper atmosphere) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഹെറ്ററോസ്ഫിയറിന്റെ ഏറ്റവും താഴ്ന്ന പാളിയായ തെർമ്മോസ്ഫിയർ ആയിരക്കണക്കിന് കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിൽ വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നു. ചില സ്ഥലങ്ങളിൽ ബഹിരാകാശവും തെർമ്മോസ്ഫിയറും തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന പ്രത്യേക അതിർത്തിയൊന്നും തന്നെയില്ല. ഏറ്റവും ചൂട് കൂടിയ അന്തരീക്ഷപാളിയാണിത്. പകൽ സമയങ്ങളിൽ അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവ് 2500°C വരെ ഉയരാറുണ്ട്. വാതക കണികകൾ അധികമില്ലാത്തതിനാലും ശൂന്യാകാശത്തോട് ഏറെ അടുത്ത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നതിനാലും താപത്തിന്റെ പ്രസരണം നടക്കാത്തതിനാൽ ഇവിടെ ചൂട് അധികമായി തോന്നാനിടയില്ല. അൾട്രാവയലറ്റ് വികിരണങ്ങളെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത് വഴിയാണ് തെർമ്മോസ്ഫിയർ ചൂട് പിടിക്കുന്നത്.

ഏകദേശം 700 കിലോമീറ്ററിന് അപ്പുറമുള്ള തെർമ്മോസ്ഫിയറിന്റെ ഉപരിഭാഗത്തെ തെർമ്മോപാസ് എന്ന് വിളിക്കുന്നു. 700 കിലോമീറ്ററിന് മുകളിൽ അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവിൽ വ്യത്യാസം വരുന്നില്ല. ഇതിന് മുകളിലുള്ള അന്തരീക്ഷ ഭാഗത്തെ എക്സോസ്ഫിയർ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം എന്നീ മൂലക അയോണുകൾ പരസ്പരം വളരെ അകന്ന് കാണപ്പെടുന്ന മേഖലയാണ് എക്സോസ്ഫിയർ. എക്സോസ്ഫിയറിന്റെ താഴ്ന്ന പരിധിയായ തെർമോപോസിനെ എക്സോബെയ്സ് എന്നും വിളിക്കാറുണ്ട്. കാലാവസ്ഥ, ദിവസങ്ങളുടെ സമയദൈർഘ്യം, സ്ഥലത്തിനനുസരിച്ചുള്ള ഊർജത്തിന്റെ വരവ് എന്നിവയ്ക്കനുസരിച്ച് തെർമോപാസിന്റെ ഉയരം മാറുന്നു. ഇക്കാരണത്താൽ തെർമോസ്ഫിയറിന്റെ ഉയരം 500 മുതൽ 1000 വരെ ആകാം.

ചാർജുള്ള കണികകൾ (അയോണുകൾ) അധികമായി കാണപ്പെടുന്ന തെർമ്മോസ്ഫിയറിന്റെ ഭാഗത്തെ 'അയണോസ്ഫിയർ' എന്ന് വിളിക്കുന്നു. സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള അൾട്രാവയലറ്റ് വികിരണങ്ങളെ ആഗിരണം ചെയ്ത് അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങളിലെ ആറ്റങ്ങളിൽ നിന്ന് ഇലക്ട്രോൺ നഷ്ടപ്പെടുമ്പോഴാണ് അയോണുകൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ഏകദേശം 80 മുതൽ 300 കിലോമീറ്റർ ഉയരത്തിലാണ് അയണോസ്ഫിയർ കാണപ്പെടുന്നത്. വൈദ്യുതിയെ കടത്തിവിടുന്ന മേഖലയാണിത് (electrically counducting region). ദീർഘദൂര വാർത്താവിനിമയത്തിന് സഹായകരമാകുന്ന ഭാഗമാണിത്. അന്തരീക്ഷത്തിലെത്തുന്ന റേഡിയോ തരംഗങ്ങളെ ഇത് ഭൂമിയിലേയ്ക്ക് തിരിച്ച് പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നു. അറോറ (Northern and Southern Lights) (ചിത്രം 2.14) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഒരു പ്രത്യേക പ്രതിഭാസം തെർമ്മോസ്ഫിയറിന്റെ ഈ ഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്നത്.

ഭൂമിയുടെ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്ന സൗരക്കാറ്റ് (Solar Wind)അന്തരീക്ഷ തന്മാത്രകളുമായി കൂട്ടിമുട്ടുമ്പോൾ വ്യത്യസ്തങ്ങളായ വർണരാജികൾ ഉണ്ടാകുന്നു. ഈ വർണ വിസ്മയകാഴ്ചയെയാണ് അറോറ എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. ഉത്തര- ദക്ഷിണ ധ്രുവങ്ങളിലാണ് ഇത് ദൃശ്യമാകുന്നത്. ബഹിരാകാശ വാഹനങ്ങളുടെയും അന്താരാഷ്ട്ര ബഹിരാകാശ നിലയങ്ങളുയുടെയും സഞ്ചാരപഥം എക്സോസ്ഫിയറിന്റെ മധ്യഭാഗം മുതൽ മുകൾഭാഗം വരെയുള്ള മേഖലകളിലാണ്.

5. എക്സോസ്ഫിയർ (Exosphere)

ചിത്രം 2.14 അറോറ പ്രകാശം

അന്തരീക്ഷത്തിന്റെ ഏറ്റവും മുകളിലെ പാളിയാണ് എക്സോസ്ഫിയർ. സമുദ്ര നിരപ്പിൽ നിന്നും ഏകദേശം 700 കിലോ മീറ്ററിനു മുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഈ ഭാഗം ചന്ദ്രനിലേക്കുള്ള ദൂരത്തിന്റെ പകുതിഭാഗംവരെ വ്യാപിച്ചു കാണപ്പെടുന്നു. ബഹിരാകാശത്തിന്റെ തുടക്കം ഈ ഭാഗത്തുനിന്നാണ്. ഹൈഡ്രജൻ, ഹീലിയം തുടങ്ങിയ മൂലക തന്മാത്രകളാണ് ഇവിടെ പ്രധാനമായും കണ്ടുവരുന്നത്. ഇവയെക്കൂടാതെ നൈട്രജൻ, ഓക്സിജൻ, CO_2 എന്നീ ഭാരം കൂടിയ തൻമാത്രകളും താഴ്ന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ആറ്റങ്ങളും തന്മാത്രകളും ഇവിടെ വളരെ അകന്നാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. അതിനാൽ വളരെദൂരം പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടാതെ സഞ്ചരിക്കാൻ ഇവയ്ക്ക് സാധിക്കുന്നു. ഇക്കാരണത്താൽതന്നെ ഈ ഭാഗത്തെ അന്തരീക്ഷം വാതകസ്വഭാവം പൂർണ്ണമായി കാണിയ്ക്കുന്നില്ല. സൗരക്കാറ്റുമായി ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതുവരെ ഇത് വ്യാപിച്ചിരിക്കുന്നു. സൗരക്കൊടുങ്കാറ്റുകൾ ഈ ഭാഗത്തെ ഞെരുക്കുന്നു. സൂര്യന്റെ തീക്ഷ്ണത കുറഞ്ഞ സമയങ്ങളിൽ ഈ ഭാഗം ബഹിരാകാശത്തിലേയ്ക്ക് കൂടുതൽ വ്യാപരിക്കുന്നു. ഇതിന്റെ പരിധി ഭൂനിരപ്പിൽ നിന്ന് 1000 മുതൽ 10000 വരെ കിലോമീറ്ററിൽ വരെയാകാം.

ഹരിതഗൃഹ പ്രഭാവം (Green House Effect)

ഭൂമിയുടെ അന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ എത്തുന്ന സൂര്യപ്രകാശമാണ് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തെ ചൂടുപിടിപ്പിക്കുന്നത്. ഭൂമിയിലെത്തുന്ന സൂര്യപ്രകാശത്തെ ഭൗമപ്രതലം തിരിച്ച് അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് പ്രസരിപ്പിക്കുന്നു. ഇതിൽ കുറച്ച് താപോർജം ബഹിരാകാശത്തേക്ക് സ്വതന്ത്രമാക്കപ്പെടുന്നു. ബാക്കിഭാഗം ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങളാൽ ആഗിരണം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഇത് വീണ്ടും ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലേക്ക് വികിരണം വഴി എത്തുന്നു.

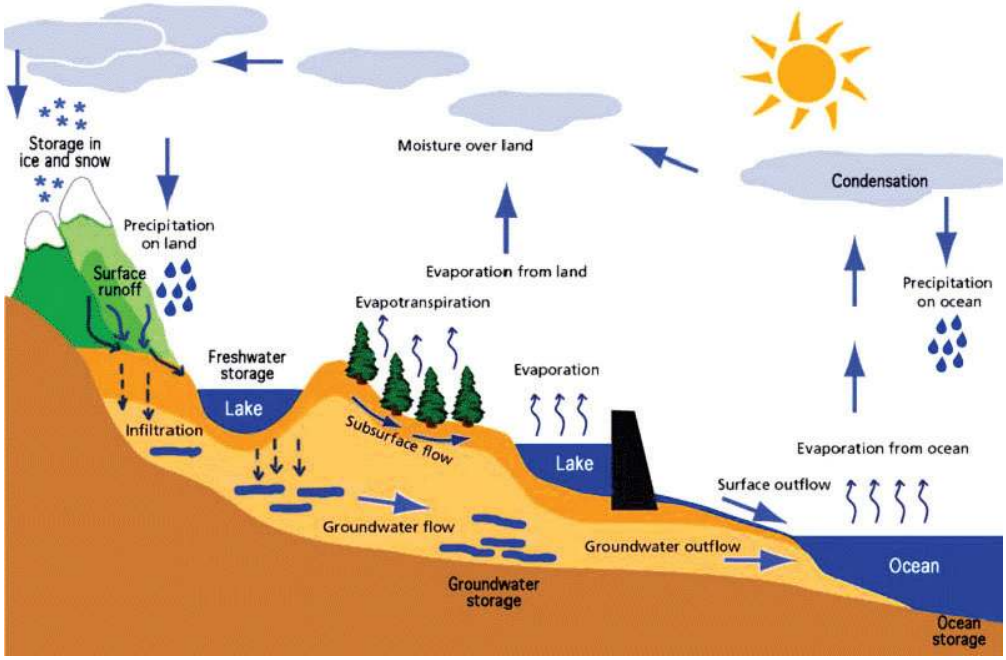
ഇങ്ങനെ ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ ഭൗമോപരിതലത്തിനടുത്ത് വച്ച് സൂര്യപ്രകാശത്തിലെ താപോർജത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയയെ ആണ് ഹരിതഗൃഹ പ്രഭാവം എന്ന് പറയുന്നത്. ഹരിതഗൃഹപ്രഭാവം ഇല്ലെങ്കിൽ ഭൂമി, ജീവൻ നിലനിൽക്കാൻ പറ്റാത്ത ഒരു തണുത്തുറഞ്ഞ ഗ്രഹമായി മാറിയേനേ. ഭൂമിയിൽ നിന്ന് പ്രതിഫലിക്കുന്ന സൗരവികിരണത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യുകയും തിരിച്ച് ഭൂമിയിലേക്ക് തന്നെ പ്രസരിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന അന്തരീക്ഷ വാതകങ്ങളെ ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഇത്തരം വാതകങ്ങൾ ഒന്നും തന്നെ വളരെ ഉയർന്ന അളവിൽ അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നില്ല. കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, മീഥൈൻ, നൈട്രസ് ഓക്സൈഡ്, ജലബാഷ്പം എന്നിവയാണ് അന്തരീക്ഷത്തിൽ ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്ന ഹരിതഗൃഹവാതകങ്ങൾ. ഇവ, ഒരു കവചംപോലെ പ്രവർത്തിച്ച് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ചൂട് നിലനിർത്തി സംരക്ഷിക്കുന്നു. വിവിധതരം വ്യാവസാ

യിക പ്രവർത്തനങ്ങൾ വഴിയും പ്രകൃതി പ്രവർത്തനങ്ങൾ വഴിയും അന്തരീക്ഷത്തിലെ കാർബൺഡൈഓക്സൈഡിന്റെ അളവിൽ മാറ്റം വരാറുണ്ട്. വ്യത്യസ്തതരം പ്രകൃതി പ്രക്രിയകൾവഴി അന്തരീക്ഷത്തിലെ ജലബാഷ്പത്തിന്റെ അളവിലും മാറ്റം വരാറുണ്ട്.

2.8.3 ജലമണ്ഡലം (Hydrosphere)

ഭൂമിയിലെ മൊത്തം ജലാശയങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന പദമാണിത്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലും അതിനടുത്തും കാണപ്പെടുന്ന തുടർച്ചയില്ലാത്ത ജലപാളിയാണിത്. അതായത് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലും ഉപരിതലത്തിനടിയിലും കാണപ്പെടുന്ന എല്ലാ പ്രകൃതിദത്തമായ ജലവും ഉൾപ്പെടുന്ന ഭാഗമാണ് ഹൈഡ്രോസ്ഫിയർ. സമുദ്രങ്ങൾ, കടലുകൾ, നദികൾ, തടാകങ്ങൾ, മഞ്ഞ്, ഖരമഞ്ഞ്, ഭൂഗർഭജലം, അന്തരീക്ഷജലം എന്നിവയെല്ലാം ജലമണ്ഡലത്തിൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നീ മൂന്ന് അവസ്ഥയിൽ ജലമണ്ഡലത്തിൽ ജലം കാണപ്പെടുന്നു. അതായത് ഖരമഞ്ഞ്, ദ്രാവകജലം, ജലബാഷ്പം എന്നീ രൂപങ്ങളിൽ.

ജലമണ്ഡലത്തിലെ 97 ശതമാനം ജലവും സമുദ്രങ്ങളിലും, കടലിലും ഉപ്പുവെള്ളമായി കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ബാക്കിവരുന്ന ജലമാണ് നദികളിലും, തടാകങ്ങളിലും, ഹിമാനികളിലും, ഭൂഗർഭജലമായും, അന്തരീക്ഷജലമായും ഒക്കെ കാണപ്പെടുന്നത്. അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ജലബാഷ്പത്തിന്റെ ശതമാനം വളരെ കുറവാണെങ്കിലും, ജലാശയങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള ജലത്തിന്റെ ബാഷ്പീകരണവും തിരിച്ച് അവ മഴയായി ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്നതും ജലപരിവൃത്തിയുടെ പ്രധാന ഭാഗമാകുന്നു. ഭൂമിയിലെ ജീവൻ നിലനിർത്തുന്നതിൽ ഈ ചാക്രിക പ്രക്രിയയ്ക്ക് പ്രധാന പങ്കാണുള്ളത്.



ചിത്രം 2.15 ജലപരിവൃത്തി അഥവാ ഹൈഡ്രോളജിക് സൈക്കിൾ

ജലപരിവൃത്തി (Hydrologic cycle)

ചൂടുപിടിച്ച റോഡിൽ നിന്നും ചെറിയ മഴയ്ക്ക് ശേഷം ഒരു പുക ഉയരുന്നത് നിങ്ങൾ ശ്രദ്ധിച്ചിരിക്കുമല്ലോ. ഈ പ്രക്രിയയുടെ കാരണം എന്താണ്?

ചൂടുപിടിച്ച റോഡിൽ മഴവെള്ളം വീഴുമ്പോൾ അത് ബാഷ്പീകരണ പ്രക്രിയ വഴി വാതകാസ്ഥയിലുള്ള ജലബാഷ്പമായി മാറുന്നു. ജലപരിവൃത്തി അഥവാ ഹൈഡ്രോളജിക് പരിവൃത്തി എന്ന പ്രകൃതി പ്രതിഭാസത്തിന്റെ പ്രധാന ഭാഗമാണ് ഈ പ്രക്രിയ. (ചിത്രം 2.15)

ഖരം, ദ്രാവകം, വാതകം എന്നീ മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത അവസ്ഥകളിലുള്ള ഭൗമ മണ്ഡലങ്ങളിലൂടെ ജലത്തിന്റെ തുടർച്ചയുള്ള ചംക്രമണ (Circulation) ത്തെയാണ് ജലപരിവൃത്തി (Water Cycle)എന്ന് വിളിക്കുന്നത്.

ജലപരിവൃത്തിയിൽ പലതരം പ്രക്രിയകൾ ഉൾപ്പെടുന്നു.

1 വർഷണം (Precipitation)

2 മേലോഴുക്ക് (Surface run-off)

3 ഊർന്നിറങ്ങൽ (Infiltration)

4 അടിയൊഴുക്ക് (Base flow)

5 ബാഷ്പീകരണം (Evaporation)

6 സസ്യസ്വേദനം (Transpiration)

7 ഘനീകരണം (Condensation)

ജലമണ്ഡലത്തിന്റെ എല്ലാ ഭാഗത്തും ഈ പ്രക്രിയകൾ നടക്കുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഏകദേശം 15 കിലോമീറ്റർ ഉയരം വരെ അന്തരീക്ഷത്തിലും 5 കിലോമീറ്റർ താഴ്ചയിൽ ഭൂവൽക്ക ഭാഗത്തും കാണപ്പെടുന്നു. വർഷപാതം വഴിയാണ് ഭൂമിയിൽ ജലം എത്തുന്നത്. മഴ, മഞ്ഞ് എന്നിവയാണ് വർഷപാതത്തിന്റെ രണ്ട് വിഭാഗങ്ങൾ.

ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്ന മഴവെള്ളത്തിന്റെ കുറച്ചുഭാഗം ഭൂമി ആഗിരണം ചെയ്യുന്നു. ഇതിനെ ഊർന്നിറങ്ങൽ (infiltration) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. കുറച്ച് ഭാഗം ഉപരിതലത്തിലൂടെയും നദികളിലൂടെയും, തടാകങ്ങളിലൂടെയും സമുദ്രത്തിലേക്ക് ഒഴുകുന്നു. ഇതിനെ മേലൊഴുക്ക് (Surface run-off) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ അടിയിലേക്ക് ഊർന്നിറങ്ങിയ ജലം ശിലാസുഷിരങ്ങളിൽ ഭൂഗർഭ ജലനിരപ്പ് ഉയരുന്നതിന് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഊർന്നിറങ്ങിയ ജലത്തിന്റെ കുറച്ച് ഭാഗം ഭൂമിക്കടിയിലുള്ള ശിലകളിലൂടെ സമുദ്രത്തിലേക്ക് ഒഴുകുന്നു. ഇതിനെ അടിയൊഴുക്ക് (Base flow) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ചെടികൾ ആഗിരണം ചെയ്യുന്ന ഈ ജലത്തിന്റെ കുറച്ചുഭാഗം ഇലകളിലൂടെ സസ്യസ്വേദനം വഴി (Transpiration) ബാഷ്പീകരിച്ച് അന്തരീക്ഷത്തിൽ തിരികെ എത്തുന്നു.

നദികളിൽ നിന്നും തടാകങ്ങളിൽ നിന്നും സമുദ്രങ്ങളിൽ നിന്നും മറ്റും ജലം ബാഷ്പീകരിച്ച് അന്തരീക്ഷത്തിലെത്തുന്നു. ഇത് അന്തരീക്ഷത്തിൽവച്ച് മേഘങ്ങളായി മാറുന്നു. അന്തരീക്ഷഊഷ്മാവ് കുറയുമ്പോൾ മേഘങ്ങൾ തണുത്ത് മഴയായും മഞ്ഞായും ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്നു (Precipitation). അതായത് ജലപരിവൃത്തി എന്നുപ

റയുന്നത് സമുദ്രജലം അന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ വൻകരകളിൽ എത്തി തിരിച്ച് സമുദ്രങ്ങളിലേക്ക് തന്നെ എത്തുന്ന പ്രക്രിയ ആണ്. ഭൂമിയിലെത്തുന്ന സൗരോർജത്തിന്റെ ഭാഗം സമുദ്രജലത്തിന്റെ ബാഷ്പീകരണത്തിന് വേണ്ടിയാണ് ചിലവഴിക്കപ്പെടുന്നത്. ബാഷ്പീകരണത്തിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന അന്തരീക്ഷ ഈർപ്പവും, ആർദ്രതയും (Moisture and humidity) തണുത്ത് മേഘമായും, മഴയായും മഞ്ഞായും മഞ്ഞുകണമായും (dew) മാറുന്നു.

അന്തരീക്ഷ ഈർപ്പം കാലവസ്ഥാനിർണയത്തിലെ പ്രധാന ഘടകമാകുന്നു. കൊടുങ്കാറ്റുകൾക്ക് ചാലകബലം നൽകുന്നത് ഈർപ്പമാണ്. ഇടിമിന്നലിനും കാട്ടുതീക്കും ഇത് കാരണമാകുന്നു. കരയെ ഈർപ്പമുള്ളതാക്കാനും, ജലഭൃതങ്ങളിലും നദികളിലും ജലം നിറയ്ക്കുന്നതിലും, ശിലകളുടെ രാസിക അപക്ഷയത്തിനും ഭൂപ്രദേശങ്ങളുടെ അപരദനത്തിനും ജീവിതം കരുപിടിപ്പിക്കുന്നതിലും, ലേയമായ രാസവസ്തുക്കളേയും അവസാദങ്ങളേയും സമുദ്രങ്ങളിൽ എത്തിക്കുന്നതിലും അന്തരീക്ഷ ഈർപ്പം പ്രധാന പങ്ക് വഹിക്കുന്നു.

2.8.4 അതിശൈത്യമണ്ഡലം (Cryosphere)

ഊഷ്മാവ് കുറഞ്ഞ തണുപ്പേറിയ ഭൂമിയുടെ ചില ഭാഗങ്ങളിൽ ഖരമഞ്ഞ്, മഞ്ഞ് (ice and snow) തുടങ്ങിയ അവസ്ഥയിൽ ജലം കാണപ്പെടുന്നു. അത്തരത്തിൽ തണുപ്പേറിയ ഭൂവ്യവസ്ഥയുടെ ഭാഗമായ പ്രദേശങ്ങളെ അതിശൈത്യമണ്ഡലം (cryosphere) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഭൂമിയിലെ ഹിമാനികളാലും ഖരമഞ്ഞിനാലും മൂടപ്പെട്ട എല്ലാപ്രദേശങ്ങളും അതിശൈത്യ മണ്ഡലത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഓസോൺ, ജലബാഷ്പം, പൊടിപടലങ്ങൾ എന്നിവ ഭൂമിയിലെ ജീവന്റെ നിലനിൽപ്പിന് പ്രധാനപ്പെട്ടതാകുന്നതെങ്ങിനെ?
2. ട്രോപ്പോസ്ഫിയറിനെ ദിനാവസ്ഥ മണ്ഡലം എന്ന് വിളിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
3. അന്തരീക്ഷത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന പ്രധാന വാതകങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?
4. ജലപരിവൃത്തിയുടെ പ്രാധാന്യം എന്ത്?

2.9. ജൈവമണ്ഡലം (Biosphere)

ഭൂമിയുടെ ജൈവമണ്ഡലം ഭൂമിയിലെ ജീവമേഖല (Zone of life) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. 1875 ൽ എഡ്‌വേഡ് സ്യൂസ്സ് (Edward Suess) എന്ന ഭൂവൈജ്ഞാനികനാണ് "ജൈവമണ്ഡലം" എന്ന പദം മുന്നോട്ട് വച്ചത്. "ഭൂമിയിലെ സമസ്ത ജീവജാലങ്ങളെയും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ആഗോളവ്യവസ്ഥയാണ് ബയോസ്ഫിയർ എന്ന് നിർവചിക്കാം. ശിലാമണ്ഡലം, ജല മണ്ഡലം, വായു മണ്ഡലം എന്നിവയിലെ ഘടകങ്ങളുമായി ജീവികളുടെ പ്രതിപ്രവർത്തനവും ഈ വ്യവസ്ഥയിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

ധ്രുവപ്രദേശം മുതൽ ഭൂമധ്യരേഖ പ്രദേശം വരെയുള്ള ഭൂമിയുടെ എല്ലാ ഭാഗങ്ങളിലും ഏതെങ്കിലും തരത്തിലുള്ള ജീവജാലങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഭൂമിയിലെ ജീവമണ്ഡലത്തിന്റെ വ്യാപ്തി അളക്കാൻ പ്രയാസമാണ്. വലിയ ജീവികളിൽ ചില പക്ഷി വിഭാഗങ്ങൾ (ഉദാഹരണമായി "റപ്പെൽസ്" (Ruppells) എന്ന കഴുകൻ) ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും 11 കി.മി അധികം ഉയരത്തിൽ പറക്കുന്നതായി കാണപ്പെടുന്നു. അതുപോലെ ചില മത്സ്യവർഗങ്ങൾ സമുദ്ര ഗർത്തങ്ങളിൽ 8 കി.മീ അധികം ആഴങ്ങളിൽ ജീവിക്കുന്നു. ഏകകോശ ജീവികളായ ചിലതരം സൂഷ്മ ജീവികൾ മറിയാന ട്രഞ്ചിലെ ചലഞ്ചർ ഗർത്തത്തിൽ 11,034 മീറ്ററിൽ അധികം ആഴങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. സ്വീഡനിലെ ചില ഭാഗങ്ങളിൽ നിന്നും കുഴിച്ചെടുത്ത 5 കി.മീറ്ററിൽ അധികം ആഴത്തിലുള്ള ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങളിൽ സൂഷ്മാണുക്കളുടെ (microbes) സാന്നിധ്യം തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്.

ജൈവമണ്ഡലം വിവിധ തരത്തിലുള്ള സസ്യങ്ങളും ജന്തുക്കളും ഉൾപെടുന്ന നിരവധി ജൈവമേഖല (biomes) കളായി വിഭജിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. കരഭാഗങ്ങളിൽ ഈ ജൈവമേഖല ഭൂമിയിലെ അക്ഷാംശ രേഖക്ക് അനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ആർട്ടിക്, അന്റാർട്ടിക് തുടങ്ങിയ ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിൽ സസ്യജന്തു ജാലങ്ങൾ താരതമ്യേന കുറവാണ്. എന്നാൽ ഭൂമധ്യരേഖാപ്രദേശത്ത് സസ്യജന്തു ജാലങ്ങൾ കൂടുതലായി തിങ്ങിപാർക്കുന്നു. സസ്യങ്ങൾ, ജന്തുക്കൾ, സൂഷ്മജീവജാലങ്ങൾ തുടങ്ങിയ ഭൂമിയിലെ എല്ലാ ജീവജാലങ്ങളും ജൈവമണ്ഡലത്തിന്റെ ഭാഗമാണ്.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

നാം അധിവസിക്കുന്ന ഭൂമി നിരവധി പ്രത്യേകതകൾ പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ഒരു ജ്യോതിർ ഗോളമാണ്. നമ്മുടെ സൗരയൂഥത്തിൽ സൂര്യനെന്ന് നാം വിളിക്കുന്ന നക്ഷത്രവും അതിനെ വലം വയ്ക്കുന്ന 8 ഗ്രഹങ്ങളും അവയുടെ ഉപഗ്രഹങ്ങളും, കുള്ളൻ ഗ്രഹങ്ങളും, എണ്ണമറ്റ ഛിന്നഗ്രഹങ്ങളും, ധൂമകേതുക്കളും ഉൾപ്പെടുന്നു. ഏതാണ്ട് 13.7 ശതകോടി വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് ഏകത്വത്തിന്റെ "മഹാവിസ്ഫോടനം" വഴി രൂപം കൊണ്ട അനന്തമായ പ്രപഞ്ചത്തിലെ കേവലം ചെറിയ ഒരു അംഗം മാത്രമാണ് സൗരയൂഥം. ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവത്തെ സംബന്ധിച്ച് നിരവധി കാഴ്ചപ്പാടുകൾ ആവിർഭവിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമത്തിന്റെ (Geologic Time scale) അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂമി രൂപം കൊണ്ടിട്ട് 4.54 ശതകോടി വർഷമായിരിക്കുന്നു.

ഭൂമിക്ക് മുകൾഭാഗം പരന്നതും മധ്യഭാഗം അൽപം വീർത്തതുമായ ഒരു ഗോളത്തിന്റെ (oblate ellipsoid) ആകൃതി ആയതിനാൽ ഭൂമധ്യരേഖാ പ്രദേശത്തെ പരിഛേദത്തിന്റെ വ്യാസാർധവും ചുറ്റളവും ധ്രുവപ്രദേശത്തേതിനേക്കാൾ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ശരിയായ ആകാരത്തെ അഥവാ ആകൃതിയെ ഇന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുവാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന ശാസ്ത്രീയ പദമാണ് "ജിയോയ്ഡ്" (Geoid). രാസഘടനയുടെയും ഭൗതിക സ്വഭാവത്തിന്റെയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഭൂമിയുടെ ഭൂവൽക്കം (crust) മുതൽ അകക്കാമ്പ് (core) വരെയുള്ള ഉൾഭാഗത്തെ വിവിധ പാളികളായി തരം തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ഭൗമവ്യവസ്ഥാവിജ്ഞാനം എന്ന സങ്കൽപ്പം ഭൂമിയെ ഒരു സംയോജിത വ്യവസ്ഥയായി കണക്കാക്കുന്നു. ശിലാമണ്ഡലം, വാതകമണ്ഡലം, ജലമണ്ഡലം, അതിശൈത്യ മണ്ഡലം എന്നിവയെല്ലാം ഭൗമവ്യവസ്ഥയിലെ ഘടകങ്ങളാണ്. ഭൂമിയുടെ ജൈവ മണ്ഡലം ഭൂമിയിലെ ജീവമേഖല എന്നറിയപ്പെടുന്നു. വ്യത്യസ്ത ഭൗമ മണ്ഡലങ്ങളി ലൂടെയുള്ള ജലത്തിന്റെ തുടർച്ചയായുള്ള ചംക്രമണത്തെയാണ് ജല പരിവൃത്തി എന്ന് വിളിക്കുന്നത്.

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- സൗരയൂഥത്തിലെ വിവിധ അംഗങ്ങളുടെ പൊതു സവിശേഷതകൾ ചർച്ച ചെയ്യുന്നു.
- പ്രപഞ്ചത്തിന്റെ ഉൽഭവം മഹാവിസ്ഫോടന സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- നെബുലാർ, പ്ലാനറ്റസിമൽ പരികല്പനകൾ പ്രകാരം ഭൂമിയുടെ ഉൽഭവം വിവരിക്കുന്നു.
- ഭൂമിയുടെ ശരിയായ ആകൃതിയും വലിപ്പവും പ്രസ്താവിക്കുന്നു.
- ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലക്രമത്തിലെ ആപേക്ഷിക കാലയളവുകൾ തുലനം ചെയ്യുന്നു.
- ഭൂമിയുടെ ആന്തരഘടന ചിത്രീകരിക്കുന്നു.
- ഭൗമവ്യവസ്ഥയുടെ അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങളായ ശിലാമണ്ഡലം, ജലമണ്ഡലം, വായുമണ്ഡലം, ജൈവമണ്ഡലം എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാന സവിശേഷതകൾ വിലയിരുത്തുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം.

1. ജ്യോതിശാസ്ത്ര ഏകകം (astronomical unit) എന്തെന്ന് നിർവചിക്കുക? ഒരു ജ്യോതിശാസ്ത്ര ഏകകം എത്ര കിലോമീറ്ററാണ്?
2. ഏതു വിധത്തിലാണ് ഭൂമിയുടെ വായു മണ്ഡലം ഒരു ഹരിതഗൃഹ (greenhouse) മായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത്?
3. അന്തരീക്ഷത്തിലെ ഏത് പാളിയിലാണ് ഉയരത്തിനനുസരിച്ച് താപം വർധിക്കുന്നത്?
4. ഭൂമിയുടെ ആന്തരിക പാളികളുടെ സവിശേഷതകൾ എടുത്തെഴുതുക.
5. ഭൂമിയുടെ ഉള്ളിൽ എത്ര ആഴത്തിലാണ് മാന്റിൽ പാളി ആരംഭിക്കുന്നത്?
6. നെബുലാർ പരികൽപ്പന എന്നാൽ എന്ത്?
7. ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലത്തിന്റെ ഏകകങ്ങൾ (units) ഏതെല്ലാമാണ്?
8. ശിലാമണ്ഡലം, ആസ്തനോസ്ഫിയർ എന്നീ പദങ്ങൾകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നതെന്താണ്?

3 ഭൗമപ്രക്രിയകൾ (EARTH PROCESSES)

T4X9W6

3.1 ആമുഖം

നമ്മുടെ വാസസ്ഥലമായ ഭൂമി ചലനാത്മകമായ ഒരു ഗ്രഹമാണ്. അത് നിരന്തരം പരിവർത്തനവിധേയമായിട്ടാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഈ വസ്തുതയെക്കുറിച്ച് എല്ലായ്പ്പോഴും നിങ്ങൾക്ക് അവബോധമില്ല എന്നു വരികിലും ഭൂമിയിൽ എല്ലാ ഭാഗത്തും പരിവർത്തനങ്ങൾ നടന്നുകൊണ്ടേയിരിക്കുന്നുണ്ട്. ഭൂമിയിലെ യാതൊന്നും സ്ഥിരമല്ല. ഭൂമിയിലെ ഖരമണ്ഡലത്തിലെ ദ്രവ്യങ്ങൾ എല്ലാം തന്നെ അവയുടെ രൂപത്തിലും സ്ഥാനപരമായ വിന്യാസത്തിലും ആകാരത്തിലും ഘടനയിലും നിരന്തരം മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഭൗമാന്തർഭാഗത്ത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ശിലകൾ ഉരുകി രൂപമെടുക്കുന്ന ശിലാദ്രവം (മാഗ്മ) ശിലകളിലെ വിള്ളലുകളിലൂടെ ഭൂമിയുടെ പുറമേ വന്നെത്തിച്ചേരുന്നതും, ഭൂമുഖത്തെ ശിലകൾ അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമായി ഉണ്ടാകുന്ന അവസാദങ്ങളും മറ്റും നദികളിലൂടെ സംവഹനം സംഭവിക്കുന്നതും ഭൗമ വസ്തുക്കളുടെ സ്ഥാനപരമായ സ്ഥിതിമാറ്റങ്ങൾക്ക് സുപരിചിതമായ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ശിലാമണ്ഡലത്തിലെന്നപോലെ വായുമണ്ഡലത്തിലും ജലമണ്ഡലത്തിലും നിരന്തരം നടന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഇത്തരത്തിലുള്ള മാറ്റങ്ങൾ പലരീതികളിൽ നമുക്ക് പ്രകടമാകുന്നു. ജലം നീരാവിയായി മാറി അന്തരീക്ഷത്തിൽ വച്ച് ഘനീഭവിച്ച് മേഘമായിത്തീരുന്നതും, സമുദ്രത്തിലെ വേലിയേറ്റം, വേലിയിറക്കം, വിവിധ തരത്തിലുള്ള സമുദ്രജല പ്രവാഹങ്ങൾ, ദിശയിലും വേഗതയിലും നിരന്തരം മാറി വീശുന്ന കാറ്റുമെല്ലാം ഉദാഹരണങ്ങളാണല്ലോ. മിക്കപ്പോഴും ഇത്തരം മാറ്റങ്ങൾ മനുഷ്യരുടെ ജീവിതകാലയളവു വച്ച് നോക്കുമ്പോൾ സാവധാനത്തിലെന്നോ വേഗത്തിലെന്നോ ആപേക്ഷികമായി പറയാവുന്നതാണ്. ഭൂകമ്പം, അഗ്നിപർവ്വതസ്ഫോടനം മുതലായവ കൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ വളരെ പെട്ടെന്ന് ഉണ്ടാകുന്നവയാണ്. എന്നാൽ ഭൂതലത്തിലുണ്ടാകുന്ന പർവ്വതങ്ങളുടെ രൂപീകരണം, ആഗോള തലത്തിൽ സമുദ്രജലനിരപ്പിന്റെ വ്യതിയാനങ്ങൾ, തീരദേശത്തിന്റെ കയറ്റിറക്കങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയെല്ലാം താരതമ്യേന വളരെ സാവധാനമായിട്ടാണ് സംഭവിക്കുന്നത്.

3.2 ഭൂമി ഒരു വ്യവസ്ഥ (Earth as a System)

ഒരു വ്യൂഹം എന്നതിനെ ഏതെങ്കിലും തരത്തിലുള്ള പരസ്പരസമ്പർക്കം പുലർത്തുന്ന വസ്തുക്കളുടെ ഒരു സമാഹാരം എന്ന് നിർവചിക്കാം. ഉദാഹരണത്തിന്, മനുഷ്യശരീരം നിരവധി അവയവങ്ങളുടെ പരസ്പരാശ്രയത്വം നിമിത്തം ഒരു ചേതനശരീരമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന വ്യവസ്ഥയാണ്. ഒരു വ്യൂഹത്തെ വിശദമായി ചർച്ച ചെയ്യുമ്പോൾ അതിനെ വീണ്ടും പല ഉപവ്യവസ്ഥകളായി തരംതിരിച്ച് പരിഗണിക്കാവുന്നതാണ്.

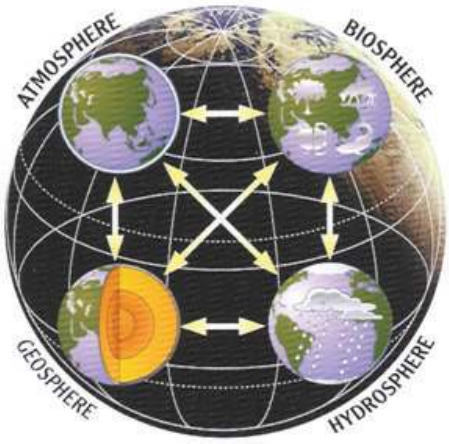
മനുഷ്യശരീരമാകുന്ന വ്യവസ്ഥത്തിൽ നാഡീവ്യവസ്ഥ, ദഹനവ്യവസ്ഥ, അസ്ഥിവ്യവസ്ഥ എന്നിങ്ങനെ വിവിധ ഉപവ്യവസ്ഥങ്ങളടങ്ങിയതായി തിരിച്ചറിയാവുന്നതാണ്.

സാർവത്രികവും, സദാ പ്രവർത്തനനിരതവുമായ ധാരാളം ഉപവ്യവസ്ഥങ്ങളോട് കൂടിയതാണ് ഭൗമവ്യവസ്ഥ. ഖരപദാർത്ഥങ്ങളായ ശിലകളടങ്ങിയ മൗലിക മണ്ഡലമായ ശിലാമണ്ഡലം (lithosphere), ജലമുൾക്കൊള്ളുന്ന ജലമണ്ഡലം (hydrosphere), ഭൂമിയെ ആവരണം ചെയ്യുന്ന വായു ഉൾക്കൊള്ളുന്ന വായുമണ്ഡലം (atmosphere), ജീവജാലങ്ങളടങ്ങിയ ജൈവമണ്ഡലം (biosphere) എന്നിവയാണ് ഭൗമവ്യൂഹത്തിലെ പ്രധാന ഉപവ്യവസ്ഥകൾ.

എല്ലാ വ്യവസ്ഥകളും താഴെ പറയുന്ന മൂന്ന് അടിസ്ഥാന ഘടകങ്ങൾ ഉൾകൊള്ളുന്നവയാണ്.

1. പ്രവർത്തന നിരതമായ ഒരു കൂട്ടം ഘടകവസ്തുക്കൾ.
2. അവയെ പ്രവർത്തനക്ഷമമാക്കാനുതകുന്ന ഊർജസ്രോതസ്സുകൾ.
3. ഇവയുടെ ആന്തരികപ്രവർത്തനത്തെ നിയന്ത്രിച്ച് നിലനിർത്തുന്ന പ്രക്രിയയാകുന്ന 'ഫീഡ് ബാക്ക്'.

ഭൗമവ്യവസ്ഥയിലെ ഉപവ്യവസ്ഥകളായ ശിലാമണ്ഡലവും ജലമണ്ഡലവും വായുമണ്ഡലവും ജൈവമണ്ഡലവുമെല്ലാം പ്രവർത്തനക്ഷമമാകുന്നത് സൗരോർജം കൊണ്ടാണ്. കാറ്റുണ്ടാകുന്നത് ഭൂതലത്തിന്റെ ക്രമരഹിതമായ അഥവാ അസന്തുലിതമായ ചൂടാകൽ കൊണ്ടാണ്. സമുദ്രതിരമാലകൾ കാറ്റ് മൂലം രൂപം കൊള്ളുന്നവയാണ്. താപവ്യത്യാസം കൊണ്ടും കാറ്റിനനുസൃതമായുമാണ് സമുദ്രജല പ്രവാഹങ്ങൾ സഞ്ചരിക്കുന്നത്. ഭൂമിയിലേക്ക് നിരന്തരമായി എത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഈ സൗരോർജ പ്രവാഹം ഇനിയും ശതകോടി കൊല്ലങ്ങൾ തുടർന്നു ലഭിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കും.



ചിത്രം 3.1 ഭൗമ വ്യൂഹം

ഭൗമവ്യവസ്ഥയിലെ നാല് പ്രധാന ഉപവ്യവസ്ഥകളും തമ്മിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധവും പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും സംക്ഷിപ്തമായി സൂചിപ്പിക്കുന്ന ചിത്രമാണ് മുകളിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്.

ഈ നാല് ഉപവ്യവസ്ഥകളും പ്രവർത്തനക്ഷമമാകുന്നത് സൂര്യനിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന സൗരോർജത്താലാണ്. അതിനുപുറമെ, ഭൂമിയുടെ അന്തർഭാഗത്ത് നിന്നും ഉത്ഭൂതമാകുന്ന താപോർജവും, ചന്ദ്രന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലവുമെല്ലാം ഭൗമവ്യവസ്ഥയെ

പ്രവർത്തനക്ഷമമാക്കുന്ന ഊർജ സ്രോതസ്സുകളാണ്. ചിത്രത്തിൽ വിവിധ അസ്ത്ര ചിഹ്നങ്ങൾ വഴി സൂചിപ്പിക്കുന്നതുപോലെ, ഈ ഉപവ്യവസ്ഥകളിലൂടെ ഊർജവും ദ്രവ്യവും നിരന്തരമായി പല ദിശകളിൽ സ്ഥാനചലനം സംഭവിച്ച്, ചംക്രമണം ചെയ്തു കൊണ്ടേയിരിക്കുന്നുണ്ടെന്ന് സൂചിപ്പിക്കുന്നുവെന്ന് ശ്രദ്ധിച്ചാൽ വ്യക്തമാകും.

കാഴ്ചയിൽ വേറിട്ട് കാണപ്പെടുന്നുവെങ്കിലും, സമ്പൂർണ്ണവും ഏകീകൃതവുമായ ഒരു സമഗ്രവ്യൂഹത്തിന്റെ ഭാഗമാണ് ഈ ഉപവ്യവസ്ഥകളെല്ലാം തന്നെ. മറ്റൊരു തരത്തിൽ പറയുകയാണെങ്കിൽ, അനേകം ചെറുതും വലുതുമായ വ്യവസ്ഥകൾ അല്ലെങ്കിൽ വ്യവസ്ഥകൾ ഏകതാന സ്വഭാവത്തോടെ പ്രവർത്തിക്കുന്ന ഒരു സംവിധാനമാണ് ഭൂമിയെന്ന ഈ മഹാവ്യവസ്ഥ.

ഭൂമി തന്നെ സൗരയൂഥമാകുന്ന ഒരു ബൃഹത് വ്യവസ്ഥയുടെ ഭാഗമാണ്. സൂര്യനും സൗരഗുരുത്വാകർഷണത്താൽ ബന്ധപ്പെട്ട മറ്റ് ജ്യോതിർഗോളങ്ങളും സൗരയൂഥത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. മറ്റ് ഗ്രഹങ്ങളുമായുള്ള ഭൂമിയുടെ പ്രതിപ്രവർത്തനം പ്രത്യക്ഷത്തിൽ കുറവാണെങ്കിലും ചന്ദ്രനുമായുള്ള ഭൂമിയുടെ ബന്ധം വളരെ വലുതാണ്.

മനുഷ്യസമൂഹത്തെയും ഉൾക്കൊള്ളുന്നതാണ് ഭൗമവ്യവസ്ഥയെന്ന് പറയേണ്ടതാണ്. നമ്മുടെ സാമ്പത്തിക സാമൂഹിക വ്യവസ്ഥകളെല്ലാം തന്നെ ഇന്ന് ഭൗമവ്യവസ്ഥയുമായി കെട്ടുപിണഞ്ഞ് കിടക്കുകയാണ്. ഇന്ന് ഭൗമവ്യവസ്ഥയിൽ സംഭവിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന പല മാറ്റങ്ങളുടെയും ചാലകമായി വർത്തിക്കുന്നത് മനുഷ്യരുടെ ഇടപെടലുകളാണ്. ഭൗമവ്യവസ്ഥ എന്ന പദം ഭൂമിയിൽ പരസ്പര ബന്ധിതമായി നടക്കുന്ന എല്ലാ ഭൗതിക, രാസിക, ജൈവിക പ്രക്രിയകളെയും ഉൾക്കൊള്ളുന്നതാണെന്ന് സംക്ഷിപ്തമായി പറയാം.

ഇന്ന് നാം കാണുന്ന ഈ ഭൗമവ്യവസ്ഥ, ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന കാലഘട്ടത്തിൽ ഭൂമിയിൽ നടന്ന് കൊണ്ടിരിക്കുന്ന സങ്കീർണ്ണമായ പ്രക്രിയകളുടെ അനന്തര ഫലമായി പരിണമിച്ചതും, ഒരു സന്തുലിതാവസ്ഥയിലേക്ക് നിരന്തരം പരിവർത്തനവിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതുമായ ഒന്നാണ്. ഭൗമവ്യവസ്ഥയ്ക്കുള്ളിൽ നിന്നും പുറമെ നിന്നുമെല്ലാമുള്ള പലവിധ ഇടപെടലുകൾ ഭൂമിയിൽ അനുസ്യൂതം മാറ്റങ്ങളുണ്ടാകാൻ കാരണമായിട്ടുണ്ട്.

ഭൗമവ്യവസ്ഥയിലൂടെ ഊർജം സഞ്ചരിക്കുന്നതോടൊപ്പം ഭൗമ പദാർഥങ്ങൾ ചംക്രമണ വിധേയമാകുകയും ചെയ്യുന്നുണ്ട്. ജലചക്രം, ശിലാചക്രം തുടങ്ങിയ പല തരത്തിലുള്ള ചാക്രിക സ്വഭാവമുള്ള മാറ്റങ്ങളും ഇവയിൽ മൗലികമാണ്. ഭൗമദ്രവ്യങ്ങൾക്ക് സംഭവിക്കുന്ന ഇത്തരം ചാക്രിക മാറ്റങ്ങൾക്ക് അനുസൃതമായി അവയുടെ രൂപവും ഘടനയും മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെങ്കിലും ദ്രവ്യം എപ്പോഴും പരിരക്ഷിക്കപ്പെട്ടുകൊണ്ടേയിരിക്കുന്നുണ്ട്.

ഭൗമപ്രതിഭാസങ്ങളെ സംബന്ധിച്ചും, ഭൂമിയിലെ (ഭൗമവ്യവസ്ഥയിത്തിലെ) വിവിധ ഘടകങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പ്രതിപ്രവർത്തനങ്ങളും കൂടുതൽ വ്യക്തമായി മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് ഭൂമിയെ ഒരു വ്യവസ്ഥയുമായി കാണുന്ന ഈ സമീപനം സഹായകമാണ്.

മാറ്റത്തിന്റെ സാർവ്വത്രികസ്വഭാവം (Universality of changes)

ഭൂമി തുടർച്ചയായി മാറ്റത്തിന് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെന്ന് നാം മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ? ഭൂമിയിൽ നടക്കുന്ന വിവിധ ഭൗമ, രാസ, ഭൗതിക, ജൈവിക പ്രക്രിയ

കളെല്ലാം പ്രാപഞ്ചിക നിയമങ്ങൾ കൊണ്ട് വിശദീകരിക്കാവുന്നതാണ്. ഈ മാറ്റങ്ങൾ ശ്രദ്ധേയമോ, ശ്രദ്ധയ്ക്ക് വിധേയമല്ലാത്തതോ ആകാം, വലുതും ചെറുതുമാകാം, തുടർച്ചയായതും, ഇടയ്ക്കിടെയുണ്ടാകുന്നതുമാകാം, ക്രമേണയുണ്ടാകുന്നതും ദുരന്തസ്വഭാവത്തോടെ ആകസ്മികമായുണ്ടാകുന്നതുമെല്ലാമാകാം.

മാറ്റങ്ങൾ തിരിച്ചറിയുന്നതിനും അവയ്ക്ക് ശാസ്ത്രീയമായ വിശദീകരണം നൽകുന്നതിനും മാറ്റങ്ങൾ ശ്രദ്ധാപൂർവ്വം നിരീക്ഷണ വിധേയമാക്കേണ്ടതുണ്ട്. മാറ്റങ്ങൾ എല്ലായിടത്തും എല്ലാ തരത്തിലും എല്ലാ തോതിലും നടക്കുന്നുണ്ട്. എല്ലാ മാറ്റങ്ങളും നിരീക്ഷണ വിധേയമാകുന്നില്ല എന്ന് കരുതി അവ സംഭവിക്കുന്നില്ല എന്നർഥമില്ല. ചില മാറ്റങ്ങൾ മനുഷ്യർക്ക് നിരീക്ഷിക്കാനോ വിശദീകരിക്കാനോ സാധിച്ചിട്ടില്ല എന്ന് മാത്രം.

പല മാറ്റങ്ങളും മനുഷ്യർക്ക് ഉപകരണങ്ങളുടെ സഹായമില്ലാതെ തന്റെ ഇന്ദ്രിയങ്ങൾകൊണ്ട് മാത്രം നിരീക്ഷിക്കുവാൻ സാധിക്കുന്നവയല്ല. തന്റെ പഞ്ചേന്ദ്രിയങ്ങൾ കൊണ്ട് തിരിച്ചറിയാൻ കഴിയാത്ത പലവിധ മാറ്റങ്ങളും പ്രതിഭാസങ്ങളും കണ്ടെത്തുന്നതിന്, മനുഷ്യർ വിവിധങ്ങളായ അത്യന്താധുനിക രീതിയിലുള്ളതും സുസജ്ജവുമായ ഉപകരണങ്ങൾ വികസിപ്പിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നുണ്ട്. തന്റെ ചുറ്റുപാടുകളിൽ നടക്കുന്ന മാറ്റങ്ങളെ പഠിക്കുന്നതിന്, പല തോതിലുമുള്ള കണ്ടെത്തലുകളും അളവുകളും മനുഷ്യൻ നടത്തേണ്ടതായിട്ടുണ്ട്.

നമുക്ക് ചെയ്തുനോക്കാം.

ഭൂമിയിൽ പ്രാദേശികമായും ആഗോള തലത്തിലും നടക്കുന്നതായി നിങ്ങൾ തിരിച്ചറിഞ്ഞ മാറ്റങ്ങൾ കുറിച്ചെടുക്കുക. അവയുടെ സവിശേഷതകൾ താഴെ പട്ടികയിൽ എഴുതുക.

മാറ്റത്തിന്റെ സ്വഭാവം	ഉദാഹരണങ്ങൾ	സവിശേഷതകൾ
ചുറ്റുപാടുമുള്ള മാറ്റങ്ങൾ (പ്രാദേശിക പരിണിത സ്വഭാവമുള്ളവ)		
ആഗോള തലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന മാറ്റങ്ങൾ		

ഇന്ന് നടക്കുന്ന ഏതെങ്കിലും ഒരു പ്രക്രിയ നിരീക്ഷണ വിധേയമാക്കി അവയുടെ കാരണങ്ങൾ കണ്ടെത്തിയാൽ അതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ മറ്റ് സമാന പ്രക്രിയകളുടെ കാരണങ്ങളെയും അനന്തരഫലങ്ങളെയും സംബന്ധിച്ച് നിഗമനങ്ങളിൽ എത്തിച്ചേരാവുന്നതാണ്. ഇന്ന് ഭൂമുഖത്ത് നടന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന പ്രക്രിയകൾ ശ്രദ്ധാപൂർവ്വം പഠന വിധേയമാക്കിയശേഷം, ഭൂമിയിൽ അനേകവർഷക്കാലം മുമ്പ് നടന്ന പ്രക്രിയകളെയും അവയുടെ പരിണിതഫലങ്ങളേയും വിശദീകരിക്കാനാകും എന്ന ഈ തത്ത്വമാണ് പ്രക്രിയകളുടെ ഏകതാനതത്ത്വം (Principle of Uniformity of Processes) എന്ന

പേരിലറിയപ്പെടുന്നത്. ഭൗമശാസ്ത്രത്തിന്റെ വിവിധതരം മേഖലകളിലും പല ജിയോളജിക്കൽ പ്രക്രിയകളെല്ലാം ശാസ്ത്രീയമായി വിശദീകരിക്കുവാൻ ഈ തത്ത്വത്തെയാണ് മുഖ്യമായും ആശ്രയിക്കുന്നത്.

ഓരോ പ്രക്രിയയുടെയും അടിസ്ഥാനമായ കാര്യവും കാരണവും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം കണ്ടെത്തുന്നതിലൂടെ, ഭൂമിയുടെ നീണ്ട ചരിത്രകാലത്ത് നടന്ന വിവിധ സംഭവവികാസങ്ങളുടെ കാരണങ്ങളെയും അവയുടെ പരിണിതഫലങ്ങളെയും ബന്ധപ്പെടുത്തി നിഗമനങ്ങൾ രൂപീകരിക്കാൻ സാധിക്കുന്നതാണ്. ഇത്തരത്തിലുള്ള നിഗമനരൂപീകരണമാണ് ഏകതാന തത്ത്വത്തിന്റെ പ്രായോഗികമായ ഉപയോഗം.

ഒരു സംഭവവികാസം തന്നെ വിവിധമാറ്റങ്ങൾ സൃഷ്ടിച്ചേക്കാം. അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനം ഉദാഹരണമായെടുക്കാം. അഗ്നിപർവ്വത ഉൽസർജനം വഴി ഒരു ദ്വീപ് നാശോന്മുഖമാവുകയോ, അല്ലെങ്കിൽ ഒരു ദ്വീപ് സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുകയോ ചെയ്തേക്കാം. 1883 ൽ ഇന്തോനേഷ്യയിലെ സുമാത്രാ ദ്വീപിലെ ക്രാക്കത്തോവ അഗ്നിപർവ്വതം ഉൽസർജിച്ചപ്പോൾ ആ ദ്വീപ് തന്നെ പൊട്ടിത്തെറിച്ച് മിക്കവാറും അപ്രത്യക്ഷമായി പോയി. എന്നാൽ 1963 ൽ ഐസ്‌ലാന്റ് തീരത്തിനകലെ അഗ്നിപർവ്വതം ഉൽസർജിച്ച് രൂപം കൊണ്ടതാണ് അഗ്നിപർവ്വതജന്യ-ദ്വീപായ സർസെ ദ്വീപ് (Surtsey Island). ഏതെങ്കിലും ഒരു സംഭവവികാസത്തെ മാത്രം അപഗ്രഥിച്ചുകൊണ്ട് പൂർണ്ണമായ വസ്തുതകളുടെ ഒരു ചിത്രം ലഭിക്കുകയില്ല എന്ന് ഇതിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കേണ്ടതുണ്ട്.

3.3 സമ്പർക്കമുഖമെന്ന ആശയം (Interface concept)

പ്രകൃതിയിൽ മാറ്റങ്ങൾ നടക്കുന്നത് എവിടെയാണ്?

വ്യത്യസ്ത സവിശേഷതകളുള്ള വസ്തുക്കൾ തമ്മിൽ ചേരുന്ന അവയുടെ സമ്പർക്കമുഖങ്ങളിലാണ് മാറ്റങ്ങൾ നടക്കുന്നതെന്ന് ശ്രദ്ധിച്ച് നിരീക്ഷിച്ചാൽ ബോധ്യപ്പെടുന്നതാണ്. വ്യത്യസ്ത സ്വഭാവസവിശേഷതകളുള്ള പദാർഥങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള സമ്പർക്കമുഖങ്ങൾ (interfaces) ഒരേ തരത്തിലുള്ളവയാകണമെന്നില്ല.

ഭൂമിയെ സംബന്ധിച്ചുള്ള പഠനത്തിൽ, ഭൂമിയിലെ വിവിധ പദാർഥങ്ങൾ തമ്മിൽ ചേരുന്ന മേഖലകളാണ് അവയുടെ സമ്പർക്കമുഖങ്ങളായി കാണേണ്ടത്. കരയും കടലും തമ്മിലും, കടലും അന്തരീക്ഷവും തമ്മിലും കരയും വായുവും തമ്മിലും മണൽ തരിയും വെള്ളവും തമ്മിലുമെല്ലാം വിവിധയിനം സമ്പർക്കമുഖങ്ങൾ നിലനിൽക്കുന്നതായി തിരിച്ചറിയാവുന്നതാണ്.

- നിങ്ങൾ ഒരു ഉപ്പ് പരൽ ജലത്തിൽ ലയിപ്പിക്കുമ്പോൾ, എവിടെയാണ് ഉപ്പും വെള്ളവും തമ്മിലുള്ള അതിർത്തി രേഖ അല്ലെങ്കിൽ സമ്പർക്കമുഖം സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്?

  ഉത്തരം: .....

- ഉപ്പും വെള്ളവും തമ്മിൽ ചേരുന്ന ഭാഗത്ത് മാറ്റം നടക്കുന്നുവോ?

  ഉത്തരം: അതെ, ഉപ്പ് പരൽ .....

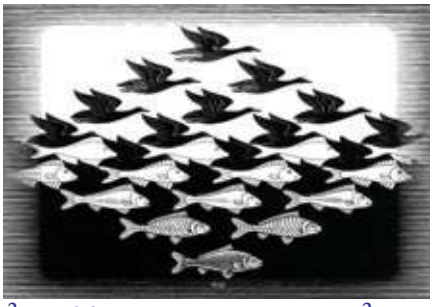
- ഉപ്പ് പരലിന്റെ ഏത് ഭാഗമാണ് ആദ്യം ലയനത്തിന് വിധേയമാകുന്നത്?

  ഉത്തരം: ഉപ്പ് പരലിന്റെ ഏത് ഭാഗമാണോ വെള്ളവുമായി ആദ്യം സമ്പർക്കത്തിൽ വരുന്നത് അവിടെയാണ് ആദ്യം മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നത്.

- ഇളക്കമില്ലാത്ത വെള്ളത്തിൽ ഉപ്പ് പരലിട്ടാൽ ഉപ്പ് പരലും വെള്ളവും തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന സമ്പർക്കമുഖത്തിന്റെ സ്വഭാവം ഏത് തരത്തിലായിരിക്കും?

  ഉത്തരം: ക്രമേണ വ്യാപിക്കുന്ന ഒരു സംക്രമണ മേഖലയിലൂടെയായിരിക്കും ലയനം നടക്കുന്നത്.

സമ്പർക്കമുഖങ്ങളായി വർത്തിക്കുന്ന അതിർത്തികൾ പലതും വ്യക്തതയാർന്നതും വേഗത്തിൽ തിരിച്ചറിയാവുന്നതുമാണെങ്കിലും മറ്റ് പലതും വ്യക്തമായി തിരിച്ചറിയാവുന്ന അതിരുകളോട് കൂടിയവയായിരിക്കുകയില്ല. യഥാർത്ഥത്തിൽ, നിരീക്ഷണത്തിനുപയോഗിക്കുന്ന മാനദണ്ഡമായിരിക്കും ഇത്തരം സമ്പർക്ക മുഖങ്ങളുടെ സ്പഷ്ടത നിർണയിക്കുന്ന ഒരു മുഖ്യഘടകം. എത്ര വ്യക്തമായ സമ്പർക്കമുഖം പോലും ഒരു സൂക്ഷ്മദർശിനിയിലൂടെ നിരീക്ഷിക്കുമ്പോൾ വ്യക്തമായ ഒരു പ്രതലത്തിനു പകരമായി ഒന്നിൽ നിന്നും മറ്റൊന്നിലേയ്ക്കു ക്രമേണ വ്യാപിക്കുന്ന രീതിയിൽ കാണപ്പെടും.



ചിത്രം 3.2 മത്സ്യങ്ങളുടെയും പക്ഷികളുടെയും മേഖലകളെ വേർതിരിക്കുന്ന സമ്പർക്ക മുഖം വിശദീകരിക്കുന്ന ചിത്രം.

നല്ല തെളിമയാർന്ന നിറമുള്ള ഒരു ഐസ്കട്ട വെള്ളത്തിലിട്ട് നിരീക്ഷിക്കുക. നിറമുള്ള ഐസ് കട്ടയും വെള്ളവും തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന നേർത്ത സമ്പർക്കമുഖം വളരെ കൃത്യമായി നിങ്ങൾക്ക് കാണാൻ സാധിക്കും. എന്നാൽ വെള്ളത്തിലിട്ട ഉപ്പ് പരലിൽ ഈ അതിർത്തിരേഖ അത്ര തന്നെ വ്യക്തമായിരിക്കില്ല. വ്യത്യസ്ത പദാർഥങ്ങൾ തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന സമ്പർക്കമുഖങ്ങൾ എപ്പോഴും വ്യക്തമായ ഒരു പ്രതലമായി ദർശിക്കാൻ കഴിയുന്നില്ലെങ്കിൽ കൂടി അവ നിലകൊള്ളുന്നുവെന്ന യാഥാർഥ്യം ഇതിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കേണ്ടതാണ്.

ചിത്രം 3.2 ൽ കൃത്യമായ സമ്പർക്കമുഖം തിരിച്ചറിയാനാകുന്നുണ്ടോ? പെട്ടെന്ന് വ്യക്തമാകുന്ന സമ്പർക്കമുഖമാണോ അതോ സംക്രമണപരമായതോ, വ്യാപനപ്രകൃതി പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന തരത്തിലെ സമ്പർക്കമുഖമാണോ അതിൽ ദൃശ്യമാകുന്നത്?

ജീവജാലങ്ങളധികവും സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത് ശിലാമണ്ഡലവും ജലമണ്ഡലവും വായുമണ്ഡലവും തമ്മിൽ ചേർന്ന് നിലകൊള്ളുന്ന സമ്പർക്കമുഖത്താണ്. ഭൂതലത്തിൽ ഖരഭൂമിയിൽ നിന്നും ഏതാനും മീറ്ററുകൾ മുകളിലും താഴെയുമായി വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്ന താരതമ്യേന നേർത്ത മേഖലയിലാണ് ജൈവമണ്ഡലത്തിന്റെ സ്ഥാനം. കരയും വെള്ളവും വായുവും കൂടി ചേർന്ന് കാണപ്പെടുന്ന മേഖലയിലാണ് ജൈവമണ്ഡലത്തിലെ ജീവജാലങ്ങളിൽ ഭൂരിഭാഗവും അധിവസിക്കുന്നത്. വലിയ സമ്പർക്കമുഖങ്ങൾക്കുള്ളിൽ തന്നെ ധാരാളം ലഘുരൂപത്തിലുള്ള സമ്പർക്കമുഖങ്ങളും നിലകൊള്ളുന്നുണ്ട് എന്ന് സശ്രദ്ധം നിരീക്ഷിച്ചാൽ മനസ്സിലാക്കാം.

പ്രപഞ്ചമാകെ വിവിധ തരം സമ്പർക്കമുഖങ്ങൾ നിലകൊള്ളുന്നുണ്ട്. ഗാലക്സികളും ശൂന്യാകാശവും തമ്മിലും നക്ഷത്രങ്ങളും അവയെ ആവരണം ചെയ്യുന്ന

ശൂന്യാകാശവും തമ്മിലും സമ്പർക്കമുഖങ്ങൾ കാണാവുന്നതാണ്. അതീവസൂക്ഷ്മ തലം മുതൽ അതീവസ്ഥൂലതലംവരെയുള്ള സമ്പർക്കമുഖങ്ങൾ നിലനിൽക്കുന്നതായി കാണാൻ കഴിയും. ഭൗതികതലത്തിൽ, ഒരു പദാർഥത്തെ അല്ലെങ്കിൽ സവിശേഷവസ്തുവിനെ, മറ്റൊന്നിൽ നിന്നും വേർതിരിക്കുന്ന അതിർത്തികളായി സമ്പർക്ക മുഖങ്ങളെ പരിഗണിക്കാം. സമ്പർക്കമുഖങ്ങളിലൂടെയുള്ള ഊർജത്തിന്റെ വിതരണവും പ്രവാഹവുമാണ് പ്രാപഞ്ചികവും സാർവ്വത്രികവുമായി നടക്കുന്ന എല്ലാ മാറ്റങ്ങളുടെയും നിദാനം.

സമ്പർക്കമുഖങ്ങളിലൂടെ ഒന്നിൽ നിന്നും മറ്റൊന്നിലേക്കുള്ള ഊർജത്തിന്റെ പ്രയാണമാണ് ഏതൊരു വ്യവസ്ഥത്തിലും മാറ്റത്തിന് നിദാനമായി വർത്തിക്കുന്നതെന്നത് പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്ന വസ്തുതയാണ്. വ്യവസ്ഥത്തിലേക്ക് ഊർജം എത്തുന്നതും അതിൽ നിന്നും ഊർജം പുറത്തേക്ക് വ്യാപിക്കുന്നതുമെല്ലാം വൈവിധ്യമായ മാറ്റങ്ങൾക്ക് കാരണമായി ഭവിക്കുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു ലാവാപ്രവാഹം തണുത്ത് ശിലയായി മാറുന്നത് അതിൽ നിന്നും താപോർജം വായുവിലേക്കും പ്രാന്തപ്രദേശങ്ങളിലെ ശിലകളിലേക്കും വ്യാപിക്കുന്നതിനാലാണ്. എന്നാൽ മറ്റൊരു കേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും കൂടുതൽ താപോർജം ലഭിച്ചാൽ മാത്രമേ വീണ്ടും അതിന് ചൂടേറ്റ് ഉരുകാൻ സാധിക്കുകയുള്ളൂ. ഊർജം പുറത്തേക്ക് പ്രസരിപ്പിക്കാനാണ് വ്യൂഹം എപ്പോഴും വെമ്പൽ കൊണ്ടിരിക്കുന്നത്. അതേസമയം മറ്റ് മേഖലകളിൽ നിന്ന് കൂടുതൽ ഊർജം എത്തിയാൽ അത് സ്വീകരിക്കാനും വ്യൂഹം സന്നദ്ധമായിരിക്കും.

മാറ്റങ്ങളെല്ലാം തന്നെ പ്രവചിക്കാനാവുന്നതല്ല. ദൈനംദിന രാപകൽ വ്യത്യാസങ്ങൾ, താപനില, കാറ്റിന്റെ സഞ്ചാരഗതി തുടങ്ങിയവയൊക്കെ പ്രവചിക്കാവുന്നതാണ്. ഇവിടെ മാറ്റങ്ങളും അതിന്റെ കാരണങ്ങളും വ്യക്തമായി മനസ്സിലാക്കാനാവുന്നതിനാലാണ് പ്രവചനം സാധ്യമാകുന്നത്. എന്നാൽ നിരന്തരവ്യതിയാനസ്വഭാവമുള്ള പല ഘടകങ്ങളുമുൾക്കൊള്ളുന്ന സങ്കീർണ്ണങ്ങളായ ഭൗമപ്രതിഭാസങ്ങൾ പലതും പ്രവചനാതീതമാണ്. സമയം, സ്ഥലം തുടങ്ങിയ നിരവധി വ്യതിയാനവിധേയമായ ഘടകങ്ങൾ പല മാറ്റങ്ങളുടേയും തോതിന്റെയും സാധ്യതയുടെയും പ്രവചനപരിധിക്ക് പുറത്താണ്.

ഭൂമിയിൽ സംഭവിക്കുന്ന പലതരം അവസ്ഥാഭേദങ്ങളും നിരീക്ഷണ വിധേയമാകാൻ അവയ്ക്കു വേണ്ടതായ സമയദൈർഘ്യവും സാവകാശവും തടസമായി നിലകൊള്ളുന്നുവെങ്കിലും നിരന്തര പരിവർത്തനങ്ങൾ ഇപ്പോഴും നടക്കുന്നുണ്ട്, മുമ്പും നടന്നിരുന്നു, തുടർന്നും നടക്കുകയും ചെയ്യും.

3.4 ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ വർഗീകരണം (Classification of Earth Processes)

ഭൗമപ്രക്രിയകളെ പ്രധാനമായും രണ്ടായി തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

1. ബാഹ്യഭൗമ പ്രക്രിയകൾ
2. ആന്തരഭൗമ പ്രക്രിയകൾ

ഭൂമിയുടെ ഇന്നത്തെ ആകൃതിക്ക് കാരണമായ പ്രകൃതി ബലങ്ങളോടും ബാഹ്യവും ആന്തരികവുമായ വിവിധ പ്രവർത്തനങ്ങളോടും ഭൗമോപരിതലം നിരന്തരമായി സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെടുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഇന്നത്തെ രൂപത്തിന് കാരണമായ ബാഹ്യവും

ആന്തരികവുമായ പ്രക്രിയകളോട് ഭൗമോപരിതലം നിരന്തരമായി പ്രതികരിക്കുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലോ പുറംഭാഗങ്ങളിലോ മാത്രം നടന്നുവരുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളാണ് ബാഹ്യപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്തി പഠനവിഷയമാക്കുന്നത്. എന്നാൽ നമ്മുടെ നിരീക്ഷണമേഖലയ്ക്കതീതമായി ഭൗമാന്തർഭാഗങ്ങളിൽ നടക്കുന്ന പലതരം പ്രവർത്തനങ്ങളാണ് ആന്തരിക പ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്ന വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നത്. ഈ ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങൾ ഇംഗ്ലീഷിൽ യഥാക്രമം എക്സോജീനസ് (exogenous) പ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നും എൻഡോജീനസ് (endogenous) പ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു.

ജലമണ്ഡലം, വായുമണ്ഡലം, ശിലാമണ്ഡലം തുടങ്ങിയവയുടെ പരസ്പരസമ്പർക്ക ഫലമായാണ് ഭൗമോപരിതലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന വിവിധഭൂരൂപങ്ങൾ രൂപം കൊണ്ടിട്ടുള്ളത്. ഭൂരൂപങ്ങളുടെ പ്രകൃതം, അവയുടെ ഉൽഭവം എന്നിവയെക്കുറിച്ചു പഠിക്കുന്ന ഭൂവൈജ്ഞാനികത്തിന്റെ ശാഖ 'ഭൂരൂപശാസ്ത്രം' അഥവാ 'ജിയോമോർഫോളജി' എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഭൂരൂപങ്ങളുടെ പ്രകൃതവും അവയുടെ രൂപീകരണത്തിന് കാരണമായ ബാഹ്യവും ആന്തരികവുമായ ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ചുമാണ് ഈ ശാഖ മുഖ്യമായും വിശകലനം ചെയ്യുന്നത്.

A. ബാഹ്യ ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങൾ (External Earth Processes)

I. നിമ്നീകരണം (Degradation or Denudation)

വിവിധ പ്രകൃതിപ്രക്രിയകൾ മുഖേന ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ഉയർന്ന പ്രദേശങ്ങളുടെ ഉയരം കുറയ്ക്കുന്നതും നിരപ്പാക്കികൊണ്ടുവരുന്നതുമായ പ്രക്രിയയാണ് നിമ്നീകരണം. പ്രധാനപ്പെട്ട നിമ്നീകരണ പ്രവർത്തനങ്ങൾ താഴെ പറയുന്നവയാണ്.

a) അപക്ഷയം (Weathering)

b) അപരദനം (Erosion)

a. അപക്ഷയം (Weathering)

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളുടെ വിഘടനത്തിന് കാരണമാകുന്ന തരത്തിൽ ഉപരിതലത്തിലോ ഉപരിതലത്തിനടുത്തായോ നടക്കുന്ന ഭൗതികവും രാസീകവുമായ എല്ലാ പ്രവർത്തനങ്ങളും 'അപക്ഷയം' എന്ന വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നു. അപക്ഷയം ഒരു സ്ഥായിയായ പ്രവർത്തനമാണ്. അപക്ഷയം സംഭവിക്കുമ്പോൾ വിഘടിക്കപ്പെട്ടതോ രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ചതോ ആയ ശിലാഭാഗങ്ങൾ തൊട്ടടുത്ത സ്ഥലങ്ങളിലേക്ക് നേരിയ അളവിൽ സ്ഥാനമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. മറ്റൊരു തരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ, അപക്ഷയം സംഭവിക്കുമ്പോൾ ശിലാഭാഗങ്ങൾക്ക് കാര്യമായ സ്ഥാനചലനം സംഭവിക്കുന്നില്ല.

ഏതൊരു പ്രദേശത്തെയും കനം കുറഞ്ഞ ഇളകിയ മൺതരികൾക്കടിയിലായി കാണപ്പെടുന്ന ഉറച്ച, ഖരാവസ്ഥയിലുള്ള ശിലാഭാഗത്തെ മാതൃശില (Bedrock) എന്നു പറയുന്നു. അപക്ഷയഫലമായി ബെഡ്റോക്കിന് വിഘടനം സംഭവിച്ച് ആദ്യം റിഗോലിത്തും (regolith) തുടർന്ന് മണ്ണും രൂപം കൊള്ളുന്നു.

ബെഡ്റോക്കിനു മുകളിലായി കാണപ്പെടുന്ന വ്യത്യസ്ത സ്വഭാവത്തിലുള്ള പദാർഥങ്ങളെകൊണ്ട് നിർമിക്കപ്പെട്ട ഉറപ്പുകുറഞ്ഞ പാളിയാണ് ചുരുക്കത്തിൽ റിഗോലിത്ത്

എന്നതുകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നത്. റീഗോസ് എന്ന ഗ്രീക്ക് പദത്തിനർഥം പുതപ്പ് എന്നും ലിത്തോസ് എന്ന ഗ്രീക്ക് പദത്തിനർഥം കല്ല് എന്നുമാണ്.

എല്ലാ തരത്തിലുമുള്ള ശിലാശകലങ്ങളും അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടന ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ചാരം, അലൂവിയം, സസ്യാവശിഷ്ടങ്ങൾ, മണ്ണ് മുതലായവയും റിഗോലിത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ലാറ്ററൈറ്റ് (വെട്ടുകല്ല്) അപക്ഷയഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്ന ഒരു ശിലാപദാർഥമാണ്. ഇത് കേരളത്തിൽ വളരെ വ്യാപകമായി കാണപ്പെടുന്നു. (ചിത്രം 3.3) ചുരുക്കത്തിൽ അപരദനത്തിന്റെ മുന്നൊരുക്കമെന്ന നിലയിൽ ശിലാപദാർഥങ്ങൾക്ക് സംഭവിക്കുന്ന വിഘടനവും രൂപാന്തരീകരണവും അപക്ഷയം എന്നപേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. അപക്ഷയവുമായി താരതമ്യം ചെയ്യുമ്പോൾ അപരദനം കൂടുതൽ ചലനാത്മകമായ ഒരു പ്രവർത്തനം ആണ്.

b. അപരദനം (Erosion)

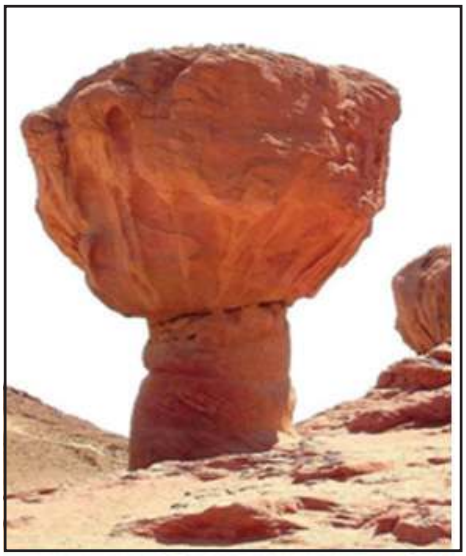
ഭൗമവസ്തുക്കൾ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും അടർത്തി മാറ്റപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് അപരദനം. ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും വേർപെട്ടുകഴിഞ്ഞാൽ ജലം, കാറ്റ് മുതലായ പ്രകൃതിമാധ്യമങ്ങളുടെ സഹായത്താൽ ഇവ മറ്റു പ്രദേശങ്ങളിലേക്ക് സ്ഥാനമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. അപരദന പ്രവർത്തനം ഫലവത്തായി നടത്തുന്നതിൽ ജലം പ്രധാനപങ്കുവഹിക്കുന്നു. വളരെ ചലനാത്മകമായ പ്രവർത്തനമാകയാൽ അപരദന ഫലമായി ഭൗമവസ്തുക്കൾ ഉൽഭവസ്ഥാനത്തുനിന്നും അകലങ്ങളിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്നു.

ചിത്രം 3.3: ലാറ്ററൈറ്റ്-അപക്ഷയത്തിന്റെ ഒരു ഉൽപന്നം.

ഒഴുകുന്ന ജലം, മഴത്തുള്ളികൾ, തിരമാലകൾ, ഭൂഗർഭജലം, ഹിമാനികൾ, കാറ്റ് മുതലായവ സ്വാഭാവികമായ രീതിയിൽ അപരദനത്തെ സഹായിക്കുന്ന പ്രധാനപ്പെട്ട കാരകങ്ങളാണ് (agents). ഭൗമവസ്തുക്കളെ അവ വേർപെട്ട മേഖലകളിൽ നിന്നും താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളിലേക്ക് വലിച്ചുമാറ്റുന്നതിലൂടെ ഭൂഗുരുത്വം (gravity) അപരദന പ്രവർത്തനങ്ങളിൽ പ്രധാന പങ്കു വഹിക്കുന്നു. തുടർന്ന് ഇവ ഒഴുകുന്ന ജലത്തിന്റെയും കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ മുതലായവയുടെയും പ്രവർത്തനഫലമായി അന്തിമമായി സമുദ്രങ്ങളിൽ എത്തിച്ചേരുന്നു. അപരദനത്തിന് സഹായിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളെ പ്രധാനമായും രണ്ടായി തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

1. നിഷ്ക്രിയ അപരദന കാരകങ്ങൾ (Passive agents of erosion)
2. സക്രിയ അപരദന കാരകങ്ങൾ (Active agents of erosion)

നിഷ്ക്രിയ കാരകങ്ങൾ	ഭൂഗുരുത്വം (gravity)
സക്രിയ കാരകങ്ങൾ	ഒഴുകുന്ന ജലം, തിരമാലകൾ, മഴത്തുള്ളികൾ, ഹിമാനികൾ കാറ്റ് മുതലായവ.



ചിത്രം 3.4 (a)കൂൺശില - കാറ്റിന്റെ അപരദന പ്രവർത്തനം വഴി

ചിത്രം 3.4 (b)നദീതാഴ്‌വരകൾ - ഒഴുകുന്ന ജലത്തിന്റെ അപരദന പ്രവർത്തനം വഴി

(ചിത്രം 3.4) മരുഭൂമികളിൽ കാണപ്പെടുന്ന കൂൺശിലകൾ കാറ്റിന്റെ അപരദന ഫലമായും നദീ താഴ്‌വരകൾ ഒഴുകുന്ന ജലത്തിന്റെ അപരദന ഫലമായും രൂപംകൊള്ളുന്ന ഭൂരൂപങ്ങളാണ്.

ഭൗമവസ്തുക്കളുടെ ഭൗമോപരിതലത്തിലൂടെ സംഭവിക്കുന്ന ചലനം ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ മനുഷ്യ നയനങ്ങൾക്ക് അഗോചരമായ തരത്തിൽ വളരെ സാവധാനത്തിലും മറ്റ് ചിലപ്പോൾ അവ നീങ്ങുന്ന പഥത്തെ ആകെ നശിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് വളരെ വേഗതയിലും നടക്കാറുണ്ട് (ഉദാ. ഉരുൾപൊട്ടൽ, പ്രളയം).

വിവിധ ഭൂരൂപങ്ങളുടെയും ഭൂപ്രകൃതികളുടെയും ഉയരം കുറച്ചുകൊണ്ടുവരാൻ സഹായിക്കുന്ന തരത്തിലുള്ള എല്ലാ ദീർഘകാല പ്രക്രിയകളെയും ഒന്നായിച്ചേർത്ത് ഡെനുഡേഷൻ (denudation) എന്നു പറയാം. ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ 'ഡെനുഡേഷൻ' എന്ന പദം 'ഡിഗ്രഡേഷന്' പര്യായമായി ഉപയോഗിച്ചുവരുന്നു. 'ആവരണത്തെ ഇല്ലാതാക്കുക' എന്നർഥം വരുന്ന ഈ പദം ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിൽ ഭൗമോപരിതല ശിലാശകലങ്ങളെ നീക്കം ചെയ്യുന്ന പ്രവർത്തനത്തെ സൂചിപ്പിക്കാൻ ഉപയോഗിച്ചുവരുന്നു.

II ഉന്നതീകരണം (Aggradation or Deposition)

ഒരു പ്രദേശത്ത് അപരദനം നടക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്ന അവസാദങ്ങൾ കാറ്റ്, ജലം, ഹിമാനികൾ മുതലായവയുടെ പ്രവർത്തനം വഴി സംവഹനം ചെയ്യപ്പെട്ട് മറ്റൊരു പ്രദേശത്ത് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയ നിക്ഷേപണം (deposition) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. കാറ്റ്, ജലം, തിരമാലകൾ, ഹിമാനികൾ, ഭൂഗുരുത്വം എന്നിവ വഴി ഒരു സ്ഥലത്തു നിന്നും മറ്റൊരു സ്ഥലത്തേക്ക് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പദാർഥങ്ങളെ പൊതുവായി അവസാദം (sediment) എന്ന പദമുപയോഗിച്ച് സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

കാലക്രമേണ, അനുകൂലസാഹചര്യങ്ങളിൽ, ഇത്തരം അവസാദങ്ങൾ കൂടിച്ചേർന്ന് ഉറപ്പുള്ള അവസാദശിലകൾ (sedimentary rocks) രൂപം കൊള്ളുന്നു.

ശിലകളിൽ നിന്നും രൂപം കൊള്ളുന്ന പെബിൾസ് (pebbles), സാന്റ് (sand), സിൽറ്റ് (silt), ക്ലേ (clay) മുതലായവ ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ അപരദനത്തിന് സഹായിക്കുന്ന ജലം, കാറ്റ്, മുതലായവയിലൂടെ യാന്ത്രികമായി സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. മറ്റു ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ ജലത്തിൽ ലയിപ്പിച്ച് ശിലാദ്രവ്യങ്ങൾ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനം സംലയനം (solution) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഒഴുകുന്ന ജലം, കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ, തിരമാലകൾ മുതലായവയ്ക്ക് ശിലാശകലങ്ങളെ വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകുവാനുള്ള ഊർജം നഷ്ടപ്പെടുമ്പോഴാണ് യാന്ത്രികമായി നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഈ പദാർഥങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നത്.

ഇപ്രകാരം അവസാദങ്ങൾ ഒന്നിനുമുകളിൽ ഒന്നായി അടുക്കുകളായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ഭൂപ്രതലം കുറേശ്ശെയായി ഉയർന്നുവരുന്നു. അവസാദങ്ങൾ പാളികളായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതിലൂടെ ഭൗമോപരിതലം ഉയർന്നുയർന്ന് വരുന്ന പ്രക്രിയയെ ഭൂവൈജ്ഞാനികത്തിൽ ഉന്നതീകരണം എന്ന് പറയുന്നു.

അപക്ഷയത്തിന്റെയും അപരദനത്തിന്റെയും കൂട്ടായ പ്രവർത്തനത്തിലൂടെ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം നിരപ്പാക്കപ്പെടുന്ന പ്രവർത്തനം നിമ്നീകരണം (degradation) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. അവസാദങ്ങൾ പാളികളായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം ഉയർന്നുവരുന്ന പ്രക്രിയ ഉന്നതീകരണം (aggradaion) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഈ രണ്ടു പ്രവർത്തനങ്ങളെയും ഒരുമിച്ച് സമീകരണം (gradation) എന്ന് പറയുന്നു. ചുരുക്കത്തിൽ, നിമ്നീകരണം, ഉന്നതീകരണം എന്നിവയുടെ സംയുക്ത പ്രവർത്തനഫലമായി ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം ഉയർച്ച താഴ്ചയില്ലാതെ സമമായി മാറ്റപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് സമീകരണം (gradation).

B. ആന്തരികഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങൾ (Internal Earth Processes)

ആന്തരികഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങളെ പ്രധാനമായും മൂന്നായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

I വിരൂപണ പ്രക്രിയ (Diastrophism / Earth movements)

ഭൗമാന്തരഭാഗത്തുനിന്നുള്ള ബലങ്ങൾക്കു വിധേയമായി ഭൂവൽക്കത്തിനു സംഭവിക്കുന്ന എല്ലാവിധത്തിലുള്ള ചലനങ്ങളും വിരൂപണ പ്രക്രിയ എന്ന വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നു. സമുദ്രതടങ്ങളുടെ രൂപീകരണം, വൻകരകൾ, പീഠഭൂമികൾ, പർവ്വതനിരകൾ മുതലായവയുടെ രൂപീകരണത്തിനു കാരണമായ ഭൗമചലനങ്ങൾ എന്നിവ ഈ വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നു. പർവ്വത രൂപീകരണ പ്രവർത്തനങ്ങളും കരഭാഗങ്ങളുടേയോ സമുദ്രതടങ്ങളുടേയോ ഉയർച്ച - താഴ്ചകളും വിരൂപണ പ്രക്രിയയുടെ ഭാഗമാണ്.

ഭൂവൽക്കഭാഗത്തിന്റെ മാറ്റങ്ങൾക്കു കാരണമാകുന്ന ആന്തരിക ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങളാണ് വിരൂപണപ്രക്രിയ എന്ന് പൊതുവിൽ അറിയപ്പെടുന്നത്. ഇവിടെ ഭൂവൽക്കഭാഗം ചലനവിധേയമാകുകയോ, ഉയർത്തപ്പെടുകയോ പുതുതായി നിർമിക്കപ്പെടുകയോ ചെയ്യുന്നു. ടെക്ടോണിസം (tectonism) എന്ന പദവും വ്യാപകമായി വിരൂപണം എന്ന പദത്തിന് പകരമായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന ചിത്രങ്ങൾ ശ്രദ്ധയോടെ നിരീക്ഷിക്കുക (ചിത്രം 3.5). ശിലാപാളികളിലെ വിവിധ ആകൃതികളെക്കുറിച്ചും അവ അത്തരത്തിൽ ദൃശ്യമാകാൻ കാരണമായ സാഹചര്യത്തെക്കുറിച്ചും നിങ്ങളുടെ അഭിപ്രായം പറയുക.

ചിത്രം 3.5: എ, ബി, സി, ഡി - വിരൂപണ പ്രക്രിയ വഴി രൂപപ്പെടുന്ന മടക്ക് ശിലാപാളികൾ

വിരൂപണ പ്രവർത്തനങ്ങളെ രണ്ടായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു

എ) ഓറോജനി (Orogeny or orogenic processes):- ഭൂവൽക്കത്തിലെ ശിലാപാളികൾക്ക് രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ച് ഉന്നത പർവ്വതങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഓറോജനി അഥവാ പർവ്വതരൂപീകരണ പ്രക്രിയ എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

ബി) എപ്പിറോജനി (Epeirogeny or epeirogenic processes):- ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ താരതമ്യേന വലിയ ഒരു മേഖല, പ്രത്യേകിച്ചും വൻകരകളുടെ സ്ഥിരതയുള്ള ആന്തരികഭാഗങ്ങൾ (craton) ഒരുമിച്ച് മുകളിലേക്ക് ഉയർത്തപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയ എപ്പിറോജനി എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ വലിയ ഒരു മേഖല വളരെ സാവകാശത്തിൽ ഉത്ഥാപനത്തിന് വിധേയമാകുന്ന പ്രവർത്തനമാണിത്.

II മാഗ്മാറ്റിസം (Magmatism) - ദ്രവശിലാ പ്രക്രിയ

മാഗ്മയുടെ രൂപീകരണം, അതിന്റെ മുകളിലേക്കുള്ള പ്രയാണം, ഭൗമോപരിതലത്തിലെത്തി ഖരാവസ്ഥ പ്രാപിക്കൽ മുതലായ പ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ ആഗ്നേയ ശിലകൾ രൂപം കൊള്ളുന്ന പ്രവർത്തനം മാഗ്മാറ്റിസം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. മുമ്പുണ്ടായിരുന്ന ശിലകളിലേക്കുള്ള മാഗ്മയുടെ നുഴഞ്ഞുകയറ്റവും ഖരീഭവനവും തുടർന്ന് ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്കുള്ള ലാവയുടെ പ്രവാഹവും ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

III കായാന്തരീകരണം (Metamorphism)

ഉയർന്ന താപം, മർദ്ദം രാസശക്തിയുള്ള ദ്രാവകങ്ങൾ എന്നിവയുടെ ഒരുമിച്ചുള്ള പ്രവർത്തനഫലമായി നിലവിലുണ്ടായിരുന്ന ശിലകൾക്ക് ഖരാവസ്ഥയിൽത്തന്നെ ആന്തരികമായി മാറ്റം സംഭവിക്കുകയും തികച്ചും വ്യത്യസ്തമായ പുതിയ ശിലകൾ രൂപം കൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയ കായാന്തരീകരണം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇവിടെ ധാതുക്കളുടെ ക്രമീകരണത്തിലും ഘടനയിലും പ്രകടമായ മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. എന്തുകൊണ്ടാണ് മാഗ്മാറ്റിസം ഒരു ആന്തരിക പ്രവർത്തനമാണെന്ന് പറയുന്നത്?
2. ഭൗമ പ്രവർത്തനങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് വ്യൂഹം സങ്കൽപത്തിന്റെ പ്രാധാന്യമെന്താണ്?
3. ബാഹ്യജാത ഭൗമ പ്രക്രിയകൾ /പ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നാൽ എന്ത്?

3.5. അപക്ഷയം (Weathering)

ഭൗമോപരിതലത്തിലോ ഉപരിതലത്തിനടുത്ത മേഖലകളിൽവച്ചോ ധാതുക്കളും ശിലകളും വിഘടനത്തിനും രാസപരിവർത്തനങ്ങൾക്കും വിധേയമാവുകയും ഭൗമോപരിതലത്തിലെ സാഹചര്യങ്ങളിൽ താരതമ്യേന കൂടുതൽ സ്ഥിരതയുള്ള വസ്തുക്കളായി മാറുകയും ചെയ്യുന്ന പ്രവർത്തനം അപക്ഷയം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. വായു മണ്ഡലം, ജലമണ്ഡലം, ശിലാമണ്ഡലം മുതലായവയുടെ സമ്പർക്കമുഖങ്ങളിൽ വച്ച് സംഭവിക്കുന്ന ഈ മാറ്റങ്ങൾ സമ്പർക്കമുഖ പ്രക്രിയ (Interface phenomenon) യായി പരിഗണിക്കാവുന്നതാണ്.

അപക്ഷയം എന്ന പദം നിങ്ങൾക്ക് ഇതിനോടകം പരിചിതമാണെങ്കിലും ഈ പ്രക്രിയയുടെ അനന്തരഫലങ്ങളെക്കുറിച്ച് തീർത്തും ബോധവാന്മാരാകണമെന്നില്ല. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന ശിലകൾ മിക്കവയും രൂപംകൊണ്ടത് ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്ത ആഴങ്ങളിലായിട്ടാണ്. മാത്രവുമല്ല, ശിലകൾ രൂപം കൊണ്ട ആഴമേറിയ മേഖലകളിലെ താപനില, മർദ്ദം, രാസപരമായ സാഹചര്യങ്ങൾ മുതലായവ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും തികച്ചും വ്യത്യസ്തവുമാണ്. വിവിധ ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി ഈ ശിലകൾ ഉപരിതലത്തിലേക്ക് എത്തപ്പെടുമ്പോൾ മാറിയ സാഹചര്യങ്ങളുമായി പൊരുത്തപ്പെടാനാവാതെ അത്തരം ശിലകളിലെ പദാർത്ഥങ്ങൾ

അസ്ഥിരമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ നിലനിൽക്കുന്ന പുതിയ സാഹചര്യങ്ങളോടുള്ള ശിലകളുടെ പ്രതിപ്രവർത്തനമാണ് ചുരുക്കത്തിൽ അപക്ഷയം എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. അപക്ഷയത്തിന്റെ തോത് അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുന്ന ഭൗമവസ്തുക്കളുടെ രാസഘടനയേയും അവയ്ക്ക് മാറുന്ന പരിതസ്ഥിതിയുമായി പൊരുത്തപ്പെടാനുള്ള കഴിവിനേയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുമ്പോൾ ശിലകൾക്ക് ഭൗതികവും രാസപരവുമായ വിഘടനം സംഭവിക്കുകയും പരിണിത ഉൽപന്നങ്ങൾ അവിടെത്തന്നെ അടിഞ്ഞുകൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. അപക്ഷയം സംഭവിക്കുമ്പോൾ ദൃഢതകൂടിയ ശിലകൾ താരതമ്യേന ചെറുതും മൃദുത്വമുള്ളതുമായി മാറുകയും ഈ മാറ്റം അപരദനത്തിന് കൂടുതൽ സഹായകമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. അപരദനത്തിന്റെ അടുത്ത ഘട്ടത്തിനും സംവഹനത്തിനും ഉള്ള മുന്നൊരുക്കമെന്ന നിലയിലാണ് അപക്ഷയം എന്ന അവസ്ഥയെ കണക്കാക്കേണ്ടത്. ശിലകൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ധാതുക്കൾക്ക് അപക്ഷയം സംഭവിക്കുന്നതിലൂടെ പുതിയ ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. മണ്ണിന്റെ ഉൽഭവത്തിന് അപക്ഷയം അവശ്യം നടക്കേണ്ട ഒരു പ്രക്രിയയാണ്. അനുകൂലസാഹചര്യങ്ങളിൽ അപക്ഷയം മൂലമുണ്ടാകുന്ന ഉൽപന്നങ്ങളിൽ നിന്നും ഫലഭൂയിഷ്ഠമായ മണ്ണ് രൂപം കൊള്ളാറുണ്ട്. ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ അപക്ഷയത്തിന്റെ ഫലമായി വാണിജ്യ പ്രാധാന്യമുള്ള നിക്ഷേപങ്ങളും രൂപം കൊള്ളാറുണ്ട് (ഉദാ:– ബോക്സൈറ്റ് - അലൂമിനിയത്തിന്റെ അയിര്)

പ്രകൃതിദത്തമായ വസ്തുക്കൾ മാത്രമല്ല അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുന്നത്, ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ഏത് വസ്തുവും പരിസ്ഥിതിയോടു കാണിക്കുന്ന പ്രതിപ്രവർത്തനത്തെ അപക്ഷയത്തിന്റെ പരിധിയിൽ ഉൾപ്പെടുത്താവുന്നതാണ്. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന മനുഷ്യനിർമിതമായ എല്ലാ വസ്തുക്കളും അപക്ഷയത്തിന്റെ അടയാളങ്ങൾ പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. കെട്ടിടങ്ങളുടെ നിർമ്മാണത്തിനുപയോഗിക്കുന്ന കല്ലുകൾ, മതിലുകൾക്ക് ഉറപ്പു നൽകുന്നതിനുപയോഗിക്കുന്ന സിമന്റ് പോലുള്ള വസ്തുക്കൾ, കെട്ടിടങ്ങളുടെ പെയിന്റുകൾ എന്നിവ ദ്രവിക്കുന്നത്, ഇരുമ്പ്, സ്റ്റീൽ മുതലായവ തുരുമ്പുപിടിക്കുന്നത്, ലോഹവസ്തുക്കളുടെ തിളക്കം നഷ്ടപ്പെടുന്നത് മുതലായവ അപക്ഷയത്തിന് ചില ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. അപക്ഷയം വഴി സംഭവിക്കുന്ന ഇത്തരം വിപരീതമാറ്റങ്ങളെ ചെറുക്കുന്നതിനുവേണ്ടിയുള്ള ശാസ്ത്രീയ മാർഗങ്ങൾ ഇന്ന് വ്യാപകമായി ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന് ഇരുമ്പുവസ്തുക്കൾ ആദ്യം തന്നെ അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാക്കി അവയ്ക്കുമേൽ അയേൺ ഓക്സൈഡിന്റെ ഒരു കവചം തീർക്കുന്നു. ആയതിനാൽ അവ പിന്നീട് ഓക്സിഡേഷന് വിധേയമാകുന്നില്ല. അലുമിനിയം, ക്രോമിയം മുതലായവ ഇത്തരത്തിൽ സ്വാഭാവികമായിത്തന്നെ സംരക്ഷണപടലം രൂപം കൊള്ളുന്ന ലോഹങ്ങളാണ്.

അപക്ഷയത്തെ പ്രധാനമായും രണ്ടായി തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

1. **ഭൗതികാപക്ഷയം (**Physical Weathering)

വലിയ ശിലാഭാഗങ്ങൾ തകർന്നു ചെറിയ കഷണങ്ങളാകുന്ന പ്രക്രിയയാണിത്. ഇവിടെ അപക്ഷയവിധേയമാകുന്ന വസ്തുവിന് ഒരു തരത്തിലുള്ള രാസമാറ്റവും സംഭവിക്കുന്നില്ല. ഭൗതിക അപക്ഷയം ബലകൃത അപക്ഷയമെന്നും (mechanical weathering), വിഘടനമെന്നും (disintegration) അറിയപ്പെടുന്നുണ്ട്.

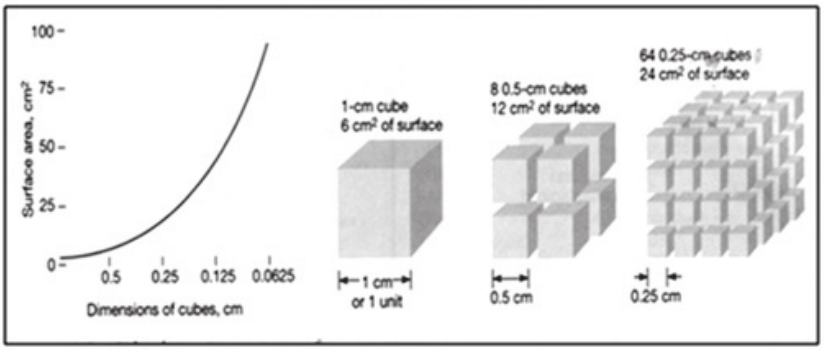
2. **രാസികാപക്ഷയം (**Chemical weathering)

രാസപ്രവർത്തനഫലമായി ഭൗമവസ്തുക്കൾക്ക് സംഭവിക്കുന്ന രാസികശോഷണം (ജീർണ്ണനം, അലിഞ്ഞുചേരൽ മുതലായവ) രാസിക അപക്ഷയം എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഇതിൽ രാസമാറ്റം സംഭവിക്കുകയും അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുകയും ചെയ്യുന്ന വസ്തുവിൽ നിന്ന് പുതിയ ഉൽപന്നങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു.

3.5.1 ഭൗതികാപക്ഷയം (Physical weathering)

ബാഹ്യ ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങളിലൂടെ ശിലകൾ പൊട്ടുന്നതാണ് ഭൗതികാപക്ഷയം എന്നത് ഇതിനോടകം നമ്മൾ ചർച്ച ചെയ്തുകഴിഞ്ഞു. ഇവിടെ ശിലകളുടെ രാസഘടനയ്ക്ക് ഒരു മാറ്റവും സംഭവിക്കുന്നില്ല. വലിപ്പമേറിയ ശിലകളിൽ നിന്ന് ചെറിയ ശിലാശകലങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളുക മാത്രമാണ് ഭൗതികാപക്ഷയത്തിൽ സംഭവിക്കുന്നത്. ഭൗതികാപക്ഷയം സംഭവിക്കുമ്പോൾ ശിലകൾ കൂടുതൽ ചെറുതാവുകയും അതുവഴി അപരദനത്തിനും രാസികാപക്ഷയത്തിനും കൂടുതൽ സഹായകരമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൗതികാപക്ഷയത്തിന് കാരണമാകുന്ന ചില ബലങ്ങൾ ആ ശിലയ്ക്കുള്ളിൽ നിന്നും രൂപപ്പെടുമ്പോൾ മറ്റ് ചിലത് ആ ശിലയ്ക്കുമേൽ ബാഹ്യമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു.

ഒരു വസ്തു കൂടുതൽ ചെറുതാകുന്തോറും അതിന്റെ ഉപരിതല വിസ്തീർണ്ണം കൂടുകയും (തത്ഫലമായി ഉപരിതലം കൂടുതലായി അന്തരീക്ഷവുമായി സമ്പർക്കത്തിലേർപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു) അതുവഴി താപോർജ കൈമാറ്റം വർദ്ധിക്കുകയും രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ വലിയ തോതിൽ നടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഗ്രാഫിൽ 1 സെ.മീ. വശങ്ങളോട് കൂടിയ ഒരു ക്യൂബ് 4, 8, 64 എന്നിങ്ങനെ ഒരു പോലെയുള്ള കഷണങ്ങളാക്കുമ്പോൾ ഉപരിതല വിസ്തീർണ്ണം കൂടുന്നത് മനസ്സിലാക്കാൻ സാധിക്കുന്നു.



ചിത്രം 3.6 : വിഘടനം ഉപരിതല വിസ്തീർണ്ണത്തിൽ വരുത്തുന്ന മാറ്റം വിശദീകരിക്കുന്ന ഗ്രാഫ്

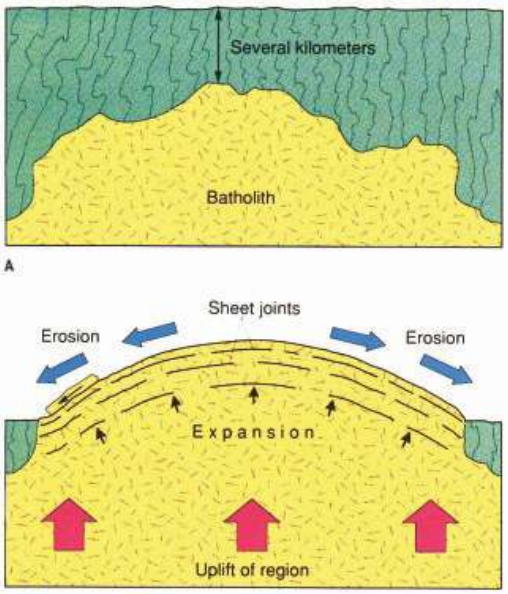
വിവിധതരം ഭൗതികാപക്ഷയങ്ങൾ (Types of Physical Weathering)

(എ) മർദ്ദ ലഘൂകരണത്തിലൂടെയുള്ള അപക്ഷയം (Weathering due to pressure release)

ഭൂമിയുടെ ആഴമേറിയ മേഖലകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ശിലാഭാഗങ്ങൾക്ക് മുകളിലുള്ള പദാർഥങ്ങൾ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നതിന്റെ ഫലമായി അവിടെ മർദ്ദം കുറയുകയും

ആ ശില വികസിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 3.7 A&B നിരീക്ഷിച്ച് ഏത് തരം മാറ്റങ്ങളാണ് നടക്കുന്നതെന്ന് കണ്ടുപിടിക്കുക)

ഇപ്രകാരം ആഴങ്ങളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഒരു ശില സാവകാശം അപരദനത്തിന് വിധേയമാകുമ്പോൾ ഭാര ലഘൂകരണം (unloading) സംഭവിക്കുകയും (മുകൾ ഭാഗം നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുകയും) ആ ശില ഷീറ്റിങ് ജോയിന്റുകളിലൂടെ അടർന്ന് മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ ഭാര ലഘൂകരണം ഭൗതിക അപക്ഷയത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ഒരു ക്വാറിയിൽ നിന്ന് മുകൾ ഭാഗത്തെ ശിലകൾ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുമ്പോൾ ഇത്തരം അപക്ഷയം സംഭവിക്കുന്നു.



ചിത്രം 3.7 ശിലകളിലെ മർദ്ദലഘൂകരണ പ്രക്രിയ

ഭൂരിഭാഗം ആഗ്നേയശിലകളും കായാന്തരിത ശിലകളും രൂപപ്പെടുന്നത് ഭൂമിയുടെ ആഴമേറിയ മേഖലകളിൽ വലിയ താപ - മർദ്ദ പരിസ്ഥിതിയിലാണ്. അപരദന ഫലമായി ഈ ശിലകൾ സാവകാശത്തിൽ ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്ക് ഉയർത്തപ്പെടുകയും അവയ്ക്കുമേൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന മർദ്ദം കുറഞ്ഞു വരികയും ചെയ്യുന്നു. തൽഫലമായി ഈ ശിലകൾ ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്ക് വികസിക്കുകയും ഭൗമപ്രതലത്തിന് സമാന്തരമായി തിരശ്ചീന തലത്തിൽ വിള്ളലുകൾ രൂപപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്ക് കൂടുതൽ അടുക്കുന്തോറും വിള്ളലുകളുടെ എണ്ണം വർധിക്കുകയും ഈ വിള്ളലുകളിലൂടെ കാലക്രമേണ ശിലയുടെ മുകൾഭാഗം അടർന്നുമാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനം ശിലാസ്തരവിഘടനം (exfoliation) എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

ശിലാസ്തരവിഘടനം (Exfoliation)

തന്നിരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിൽ ശിലകളുടെ പ്രതലത്തിന്റെ സ്വഭാവം നിരീക്ഷിക്കുക. (ചിത്രം 3.8). ശിലകളുടെ ഉപരിതലം പാളികളായി അടർന്നുമാറുന്നതിന് കാരണമായ പ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്തെല്ലാമാണ്? ഭാരലഘൂകരണത്തിന്റെ ഫലമായി ഗ്രാനൈറ്റ് ശിലകളുടെ ഉപരിതലം ഷീറ്റുകളായി അടർന്നു മാറിയിരിക്കുന്നത് ചിത്രത്തിൽ നിരീക്ഷിക്കുക. വലിയ പ്ലൂട്ടോണുകളുടെയും (ഉപരിതലത്തിന് വളരെ താഴെയായി രൂപം കൊള്ളുന്ന ആഗ്നേയ ശിലകൾ) കായാന്തരിത ശിലകളുടെയും മുകൾഭാഗം ഭൗമോപരിതലത്തിനു സമാന്തരമായോ പർവ്വതസാനുക്കളുടെ മുകൾഭാഗത്തിനു സമാന്തരമായോ അടർന്നു മാറുന്ന പ്രവർത്തനം ശിലാസ്തരവിഘടനം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഗ്രാനൈറ്റ് ശിലകളുടെ മുകൾഭാഗം ഇപ്രകാരം വലിയ സ്ലാബുകളായി അടർന്നുമാറുന്ന പ്രവർത്തനം 'ഷീറ്റിങ്' (sheeting) എന്നപേരിലും അറിയപ്പെടുന്നു. അപക്ഷയ പ്രക്രിയയുടെ ഭാഗമായി ഒരു ആഗ്നേയശിലയിലോ കായാന്തരിതശിലയിലോ ഏറ്റവും ആദ്യം ഉണ്ടാകുന്ന വിള്ളലുകൾ 'ഭാരലഘൂകരണം' ('unloading') എന്ന പ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്നവയാണ്.

ബി) താപവ്യതിയാന ഫലമായുള്ള അപക്ഷയം (Weathering due to thermal expansion and contraction of rocks)

സൂര്യരശ്മികൾ വന്നുപതിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലുള്ള ശിലകളുടെ ഊഷ്മാവ് വർധിക്കുകയും അവ സാവകാശത്തിൽ വിഘടിക്കുന്നതിന് കാരണമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ സൗരതപനം (insolation) എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. ഊഷ്മാവിലെ വ്യതിയാനം കാരണം ശിലകൾ പകൽസമയങ്ങളിൽ വികസിക്കുകയും രാത്രികാലങ്ങളിൽ സങ്കോചിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. തൽഫലമായി ശിലകൾ ഭൗതികമായ അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുന്ന പ്രവർത്തനം സൗരതപന അപക്ഷയം (insolation weathering) എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

ശിലകൾ താപചാലകത (thermal conduction) വളരെ കുറഞ്ഞവയാണ്. താപത്തെ കടത്തി വിടാനുള്ള കഴിവ് കുറവായതുകൊണ്ട് ആന്തരിക ഭാഗങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച്

ചിത്രം 3.8 : ശിലോപരിതലം പാളികളായി അടർന്ന് മാറുന്നു

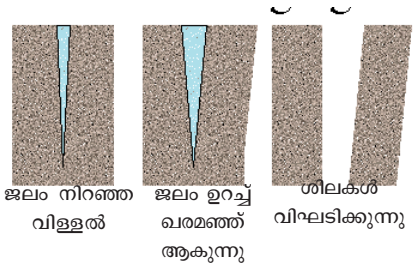
ശിലകളുടെ ബാഹ്യഭാഗം വളരെ പെട്ടെന്ന് തന്നെ ചൂടു പിടിക്കുകയും വികസിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. രാത്രിയിലും പകലുമുള്ള ഊഷ്മാവിന്റെ വ്യതിയാനമനുസരിച്ച് ശിലകൾ നിരന്തരമായി സങ്കോച വികാസങ്ങൾക്ക് വിധേയമാവുകയും തൽഫലമായി ശിലകളുടെ ആന്തരികഭാഗങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് ബാഹ്യഭാഗങ്ങൾ കൂടുതൽ വികസിക്കുകയും സങ്കോചിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ക്രമേണ ശിലകളിൽ സമ്മർദ്ദം രൂപപ്പെടുകയും അവ പാളികളായി അടർന്നു മാറുകയും ചെയ്യുന്നു.

സൗരതപന അപക്ഷയത്തിൽ (insolation weathering) ശിലകളിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതുക്കളുടെ നിറവും പ്രധാന പങ്കുവഹിക്കുന്നു. ഇളം നിറത്തിലുള്ള ധാതുക്കളെ അപേക്ഷിച്ച് ഇരുണ്ട നിറത്തിലുള്ള ധാതുക്കൾക്ക് വികസിക്കുവാനുള്ള കഴിവ് കൂടുതലായതുകൊണ്ട് അത്തരം ധാതുക്കൾ കൂടുതലായുള്ള ശിലകൾ താരതമ്യേന കൂടുതൽ വികാസം പ്രാപിക്കുന്നു. ആയതിനാൽ വ്യത്യസ്ത നിറത്തിലുള്ള ധാതുക്കളാൽ നിർമിതമായ ശിലകളിൽ നിറവ്യതിയാനം കൂടുതലുള്ള ധാതുക്കൾ അടുത്തടുത്ത് വരുമ്പോൾ അവയുടെ അതിരുകൾ വിണ്ടുകീറലിന് വിധേയമാകുന്നു. അതുപോലെ തന്നെ താപനിലയിലുള്ള വ്യതിയാനമനുസരിച്ച് വ്യത്യസ്ത ധാതുക്കളുടെ താപീയ വികാസത്തിന്റെ തോതും വിഭിന്നമായിരിക്കും. ഇതും ശിലകളിലെ ധാതുക്കളുടെ വൈവിധ്യത്തിനനുസൃതമായി ശിലാവിഘടനത്തിന് ഇടയാക്കുന്നു.

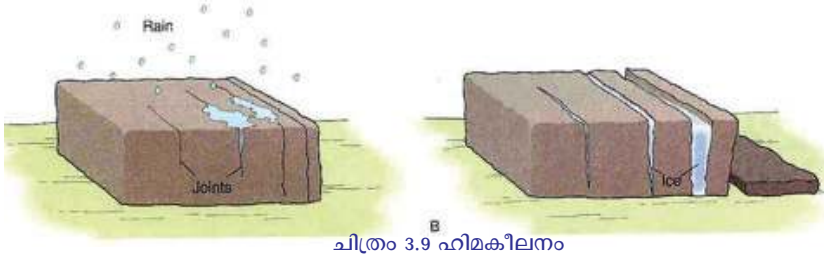
മരുപ്രദേശങ്ങളിൽ പകൽ സമയങ്ങളിൽ ഉപരിതല വസ്തുക്കൾ വളരെ പെട്ടെന്ന് ചൂട് പിടിക്കുകയും ചെറിയ തോതിൽ വികസിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. രാത്രി കാലങ്ങളിൽ ഊഷ്മാവ് നന്നായി കുറയുകയും ശില തണുത്ത് ചുരുങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. ചൂടു പിടിക്കുമ്പോഴുള്ള വികാസവും തണുക്കുമ്പോഴുള്ള സങ്കോചവും ശിലകൾ വിഘടിക്കുവാൻ ഇടയാക്കുന്നു.

സി) ഹിമകീലനം (Frost Wedging)

ദ്രാവകാവസ്ഥയിലുള്ള ജലം തണുത്ത് ഖരാവസ്ഥ പ്രാപിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ വ്യാപ്തം 9% കൂടുന്നു. തണുത്ത കാലാവസ്ഥയുള്ള ധ്രുവ പ്രദേശങ്ങൾ, ഉയർന്ന പർവ്വത ശിഖരങ്ങൾ എന്നിവിടങ്ങളിൽ ശിലകളിലെ വിള്ളലുകളിലും പൊട്ടലുകളിലും കാണപ്പെടുന്ന ജലാംശം തണുത്ത് ഖരാവസ്ഥ പ്രാപിക്കുമ്പോൾ വ്യാപ്തം കൂടുന്നത് ശിലകൾ വിഘടിക്കുവാൻ കാരണമാകുന്നു.



ഇത്തരം പ്രദേശങ്ങളിൽ ഖരാവസ്ഥ പ്രാപിച്ച ജലം ശിലകളിലെ വിള്ളലുകൾക്കിരുവശവും മർദ്ദം ചെലുത്തുന്നു. തുടർന്ന് വിള്ളലുകളുടെ ആഴം വർധിക്കുന്നു. തുടർച്ചയായി ഈ പ്രവർത്തനം നടക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി



ചിത്രം 3.9 ഹിമകീലനം

വിള്ളലുകൾ വലുതാകുകയും ശിലകൾ പൊട്ടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനം ഹിമകീലനം (frost wedging) എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

3.5.2 രാസികാപക്ഷയം (Chemical Weathering)

വിവിധ രാസപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി ശിലകൾക്ക് (ശിലാപദാർഥങ്ങൾക്ക്) സംഭവിക്കുന്ന അപക്ഷയമാണ് രാസികാപക്ഷയം. ഭൗതികാപക്ഷയം വഴി ശിലകളുടെ ആകൃതിയിലും വലുപ്പത്തിലുമാണ് പരിവർത്തനം സംഭവിക്കുന്നതെങ്കിൽ രാസികാപക്ഷയം ശിലകളിലെ ഖനിജങ്ങളുടെ ധാതുഘടനയിൽ വലിയ വ്യതിയാനം വരുത്തുന്നു. രാസികാപക്ഷയം വഴി ശിലകളിലെ ഖനിജങ്ങൾക്ക് രാസഘടനയിൽ മാറ്റം വരികയോ പുനർക്രമീകരണം നടക്കുകയോ ചെയ്യുന്നു.

ഭൗമാന്തർഭാഗത്ത് ഉയർന്ന താപത്തിലും മർദ്ദത്തിലും ജലത്തിന്റേയും ഓക്സിജന്റേയും അസാന്നിധ്യത്തിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന ശിലകളിലെ ഖനിജങ്ങൾ മേൽ പറഞ്ഞ പരിസ്ഥിതിയിൽ സന്തുലിതാവസ്ഥയിലായിരിക്കും. എന്നാൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലേക്ക് മാറ്റപ്പെടുന്ന ഇത്തരം ധാതുക്കൾ രാസപരമായി അസ്ഥിരമാവുകയും അതു വഴി വേഗത്തിൽ അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. (അതേ സമയം

ചിത്രം 3.10 ശിലാപാളികളിൽ ദൃശ്യമാകുന്ന നിറവ്യത്യാസം രാസ അപക്ഷയത്തിന്റെ സൂചനകളാണ്

താരതമ്യേന താഴ്ന്ന താപനിലയിലും മർദ്ദത്തിലും രൂപം കൊള്ളുന്ന ധാതുക്കൾ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ എത്തിപ്പെടുമ്പോൾ കൂടുതൽ സ്ഥിരതയുള്ളവയായിരിക്കുന്നു.) ഭൗമോപരിതലത്തിലെ പാരിസ്ഥിതികചുറ്റുപാടുകളിൽ അസ്ഥിരപ്പെടുന്ന ധാതുക്കൾ രാസികാപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിന് പുറത്തായി കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളിൽ ദൃശ്യമാകുന്ന നിറവ്യത്യാസങ്ങൾ രാസികാപക്ഷയം സംഭവിച്ചതിന്റെ സൂചനകളാണ് (ചിത്രം 3.10).

രാസികാപക്ഷയത്തിന്റെ ഏറ്റവും പ്രധാനകാരകമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത് ജലമാണ്. സാധാരണയായി ശുദ്ധജലം രാസ അപക്ഷയത്തിന് നേതൃത്വം നൽകുന്നില്ല. എന്നാൽ ഓക്സിജൻ, കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ് തുടങ്ങിയ വാതകങ്ങൾ ലയിച്ചു ചേർന്ന ജലം രാസപ്രവർത്തന സ്വഭാവം കാണിക്കുന്നതോടൊപ്പം രാസികാപക്ഷയത്തിന്റെ ഒരു പ്രധാന കാരകമായി വർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. മഴവെള്ളത്തിൽ കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ് അലിഞ്ഞു ചേർന്നിട്ടുള്ളതിനാൽ അത് അമ്ലസ്വഭാവം കാണിക്കുന്നു. ചില ധാതുക്കൾ മഴവെള്ളവുമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നതുവഴി ശിലകളിൽ രാസികാപക്ഷയം നടക്കുന്നു. ചുണ്ണാമ്പുകല്ല്, ചോക്ക് തുടങ്ങിയ ശിലകളിൽ കാൽസൈറ്റ് ധാതു (കാൽസ്യം കാർബണേറ്റ്) ധാരാളം അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഇത്തരം ശിലകൾ വേഗത്തിൽ രാസികാപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. അമ്ലഗുണമുള്ള മഴവെള്ളം ശിലകളിൽ പതിക്കുമ്പോൾ രാസപ്രവർത്തനം നടക്കുകയും പുതിയ വസ്തുക്കൾ രൂപപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരം വസ്തുക്കൾ ജലത്തിൽ ലയിച്ചു ചേരുകയും ശിലാഭാഗങ്ങളിൽ നിന്ന് ജലത്തിന്റെ ചലനത്തിനനുസരിച്ച് നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

കൽക്കരി, അസംസ്കൃത എണ്ണ, പ്രകൃതിവാതകം തുടങ്ങിയവയുടെ ജ്വലനം വഴി കാർബൺ ഡൈഓക്സൈഡ്, സൾഫർ ഡൈഓക്സൈഡ് എന്നീവാതകങ്ങൾ സ്വതന്ത്രമാവുകയും പ്രാദേശികമായി അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഇത്തരം വാതകങ്ങളുടെ അളവ് ക്രമാതീതമായി വർധിക്കാനും ഇടയാകുന്നു. മഴ പെയ്യുന്ന വേളയിൽ ഇത്തരം വാതകങ്ങൾ മഴവെള്ളത്തിൽ ലയിച്ചുചേരുന്നു. ഇത് അമ്ലമഴ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ലോകത്തിലെ പ്രധാനപ്പെട്ട വ്യാവസായിക നഗരങ്ങളിലെല്ലാം അമ്ലമഴ രാസികാപക്ഷയത്തിന്റെ ഒരു പ്രധാന കാരകമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു. ചുണ്ണാമ്പ് ശിലകൾകൊണ്ടും മാർബിൾ ശിലകൾ കൊണ്ടും നിർമിച്ച കെട്ടിടങ്ങൾക്കും പ്രതിമകൾക്കുമെല്ലാം തന്നെ അമ്ലമഴ കേടുപാടുകൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു.

രാസികാപക്ഷയം ശിലകളെ ദുർബലപ്പെടുത്തുകയോ മൃദുവാക്കുകയോ ചെയ്യുന്നു. അതുവഴി ശിലകൾ തകരുവാനിടയാകുന്നു. ഒരർത്ഥത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ഭൗതിക അപക്ഷയം ശിലകളിൽ രാസികാപക്ഷയത്തിനാവശ്യമുള്ള അധികമായ പ്രതല വിസ്തീർണ്ണം സൃഷ്ടിക്കുന്നു.

പ്രകൃതിയിൽ നടക്കുന്ന പലവിധത്തിലുള്ള പ്രവർത്തനങ്ങൾ ശിലകളിൽ രാസികാപക്ഷയം സൃഷ്ടിക്കുന്നു. അത്തരം ചില പ്രവർത്തനങ്ങളാണ് താഴെ പറയുന്നവ.

(എ) സംലയനം (Dissolution or Solution)

ചില ധാതുക്കൾ നൈസർഗികമായ ജലത്തിൽ നേരിട്ട് ലയിച്ചു ചേരുന്ന രാസപ്രവർത്തനത്തെ സംലയനം എന്ന് പറയുന്നു. ഹാലൈറ്റ് (Na Cl) പോലുള്ള സാധാരണ ധാതുക്കൾ ജലത്തിൽ നേരിട്ട് ലയിച്ച് ചേരുന്നവയാണ്. കാൽസൈറ്റ് ധാതു അടങ്ങിയ ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല്, മാർബിൾ പോലുള്ള ശിലകൾ തുടങ്ങിയവ ജലത്തിൽ ലയിച്ചുചേരുന്നവയാണ്. മാർബിൾ സ്മാരകങ്ങളും ശില്പങ്ങളും സംലയനം വഴിയാണ് രാസികാപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുന്നത് (ചിത്രം 3.11)

(a) (b)

ചിത്രം 3.11 സംലയന പ്രവർത്തനം വഴിയുള്ള രാസികാപക്ഷയം

(ബി) ഓക്സീകരണം (Oxidation)

ജലത്തിൽ ലയിച്ചുചേർന്നിട്ടുള്ള ഓക്സിജൻ ശിലകളിലെ ധാതുക്കളുമായി പ്രവർത്തിക്കുക വഴി നടക്കുന്ന പ്രവർത്തനമാണ് ഓക്സീകരണം. ജലത്തിലെ ഓക്സിജൻ ധാതുക്കളിലെ ലോഹമൂലകങ്ങളുമായി കൂടിച്ചേരുന്നു. ഇരുമ്പിന്റെ അളവ് കൂടുതലായുള്ള ധാതുക്കളാൽ നിർമിതമായ ശിലകൾ ജലത്തിന്റെ പ്രവർത്തനഫലമായി ഓക്സീകരണത്തിന് വിധേയമാകുകയും ശിലാപ്രതലം മഞ്ഞനിറ

ചിത്രം 3.12 – മണ്ണിലെ ചുവപ്പ് നിറത്തിന്റെ വ്യാപനം

ത്തിലോ ചുവപ്പ് കലർന്ന തവിട്ട് നിറത്തിലോ ആയി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ശിലകളുടേയും മണ്ണിന്റേയും അപക്ഷയ മേഖലകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ചുവപ്പ് നിറത്തിനും തവിട്ട് നിറത്തിനും കാരണം ഓക്സീകരണപ്രവർത്തനമാണ്.

തന്നിരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിൽ (ചിത്രം 3.12) മണ്ണിന്റെ ചുവപ്പ് നിറത്തിന് കാരണമെന്തെന്ന് നിങ്ങൾക്ക് വിശദീകരിക്കാമോ?

രാസികാപക്ഷയത്തിൽ ശിലകളിൽ ഇരുമ്പിന്റെ അംശമുള്ള ധാതുക്കളുമായി ഓക്സിജൻ കൂടിച്ചേരുകയും ഒന്നോ അതിലധികമോ അയേൺ ഓക്സൈഡ് ധാതുക്കൾ (ലിമോണൈറ്റ്, ഹെമറ്റൈറ്റ്, ഗോയിത്തൈറ്റ്) സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. അപക്ഷയ ഉൽപന്നങ്ങൾക്ക് ചുവപ്പ്, ഓറഞ്ച്, മഞ്ഞ, തവിട്ട് എന്നീ നിറങ്ങൾ നൽകുന്നത് അവയിലെ അയേൺ ഓക്സൈഡുകളാണ്.

(സി) ഹൈഡ്രോലിസിസ് (Hydrolysis)

ശിലകളിലെ സിലിക്കേറ്റ്, കാർബണേറ്റ് ധാതുക്കളെ ബാധിക്കുന്ന രാസികാപക്ഷയമാണ് ഹൈഡ്രോലിസിസ്. സൈദ്ധാന്തികമായി, ഹൈഡ്രോലിസിസ് എന്നാൽ മാതൃധാതുവിന്റെ ജലത്തിലേക്കുള്ള പൂർണ്ണമായ സംലയനമാണ്. യഥാർഥത്തിൽ ശുദ്ധജലം അപൂർവ്വമായി മാത്രമേ H^+ ദാതാവായി പ്രവർത്തിക്കുന്നുള്ളൂ. എന്നാൽ ജലത്തിൽ ലയിച്ചുചേർന്ന കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ് വീര്യം കുറഞ്ഞ ആസിഡായി മാറുകയും H^+ ദാതാവായി പ്രവർത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. അലൂമിനിയം സിലിക്കേറ്റ് ധാതുക്കൾ (ഉദാ: ഫെൽസ്പാർ) ഹൈഡ്രോലിസിസ് പ്രവർത്തനത്തിന് വിധേയമാകുമ്പോൾ കാറ്റയോൺസ് സ്വതന്ത്രമാക്കികൊണ്ട് ദ്വിതീയ ധാതുക്കളായി മാറുന്നു.

ഫെൽസ്പാർ പോലുള്ള ധാതുക്കൾ മഴയുമായി പ്രവർത്തിക്കുക വഴി ഹൈഡ്രോളിസിസ് പ്രവർത്തനം നടക്കുകയും കളിമണ്ണും ലവണങ്ങളും സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ശിലകളിലെ ക്വാട്ട്സ് ധാതുമാത്രമാണ് ഹൈഡ്രോലിസിസ് വിധേയമാകാതെ രാസപ്രവർത്തന പ്രതിരോധശേഷി കാണിക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ടാണ് അവസാദശിലകളിൽ ക്വാട്ട്സും കളിമണ്ണും സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്നത്.

(ഡി) ജലാംശീകരണം (Hydration)

ശിലകളിലെ ധാതുക്കൾ ജലം ആഗിരണം ചെയ്യുകയും തുടർന്ന് ധാതുക്കൾ വികസിക്കുകയും ചെയ്യുന്നത് മൂലം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന സമ്മർദ്ദം (Stress) ശിലകൾക്ക് ബലക്ഷയം സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി ഹേമറ്റൈറ്റിന്റെ ഹൈഡ്രേഷൻ പ്രവർത്തനം വഴിയാണ് മറ്റൊരു ഇരുമ്പ് ധാതുവായ ലിമൊണൈറ്റ് സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നത്.

(ഇ) കാർബണീകരണം (Carbonation)

കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ് കലർന്ന മഴവെള്ളം ഭൂമിയിൽ പതിക്കുകയും മണ്ണിലൂടെ അരിച്ചിറങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. മണ്ണിന്റെ മുകൾ പരപ്പിലെ ജൈവ വസ്തുക്കളുടെ ജീർണനം വഴി സ്വതന്ത്രമാകുന്ന കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ് ഈ ജലത്തോടൊപ്പം ചേരുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന കാർബൺഡൈ ഓക്സൈഡ് ജലത്തിൽ ലയിച്ച് കാർബോണിക് ആസിഡായി മാറുന്നു. ഇത്തരം കാർബോണിക്ക് ആസിഡിന്റെ പ്രവർത്തനത്താൽ നടക്കുന്ന രാസികാപക്ഷയത്തെ കാർബണീകരണം എന്ന് പറയുന്നു.

(എഫ്) ഗോളീയ അപക്ഷയം (Spheroidal Weathering)

നമുക്ക് ചെയ്തുനോക്കാം.

ഒരു ബീക്കറിൽ അൽപ്പം തിളപ്പിച്ചാറ്റിയ ജലമെടുക്കുക. അതിൽ ഒരു നീല ലിറ്റ്മസ് പേപ്പറോ മറ്റേതെങ്കിലും ഒരു ആസിഡ് ഇൻഡിക്കേറ്ററോ ഇടുക. തുടർന്ന് ഒരു ഗ്ലാസ് ട്യൂബിലൂടെയോ സ്ട്രോയിലൂടെയോ ശക്തിയായി ഊതിക്കൊണ്ട് വായുവിനെ ഈ ജലത്തിലേക്ക് പ്രവേശിപ്പിക്കുക. വായു ജലത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുന്നതിനെ തുടർന്ന് നീല ലിറ്റ്മസ് പേപ്പർ ക്രമേണ ചുവപ്പ് ആയി മാറുന്നു. ജലം അമ്ലസ്വഭാവം കൈവരിച്ചതിനെയാണ് ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ജലത്തിലേക്ക് കടത്തിവിട്ട വായു (കാർബൺഡൈഓക്സൈഡ്) ജലവുമായി കൂടിച്ചേർന്ന് കാർബോണിക്ക് ആസിഡായി മാറുന്നു (H_2CO_3).

രാസികാപക്ഷയത്തെ തുടർന്ന് ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിന് താഴെയുള്ള ശിലകളുടെ മൂലകൾ മറ്റ് ഭാഗങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് കൂടുതൽ അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. അതേ സമയം ശിലകളുടെ ഉൾഭാഗം അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാകാതെ നിലനിൽക്കുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി ശിലകളുടെ മൂലകൾ കൂടുതൽ ഉരുണ്ടതാവുകയും ശില ഏതാണ്ട് ഗോളാകൃതിയിലേക്ക് മാറുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവ 'കോർ ബൗൾഡേഴ്സ്' (core boulders) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രവർത്തനം ഗോളീയ അപക്ഷയം എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഇത്തരം ശിലകൾ (കോർ ബൗൾഡേഴ്സ്) ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ എത്തിപ്പെടുന്നതുവഴി ശിലയുടെ മുകൾഭാഗം ഒരു ഉള്ളിയുടെ തോടുകൾ പോലെ അടർന്നുമാറുന്നു. ആയതിനാൽ ഈ അപക്ഷയം ഒനിയൻ സ്കിൻ അപക്ഷയം (onion skin weathering) എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. (ചിത്രം 3.13)

ചിത്രം 3.13 - ഗോളീയ അപക്ഷയം അഥവാ ഒനിയൻ സ്കിൻ അപക്ഷയം.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം.

1. ഏതു വിധത്തിലാണ് ഭൗതികാപക്ഷയം രാസികാപക്ഷയ ക്ഷമതയെ സ്വാധീനിക്കുന്നത്?
2. സാമ്യതയുള്ള രണ്ട് ശിലകളിൽ ഒന്ന് ഭൗതികാപക്ഷയത്തിനും മറ്റൊന്ന് രാസികാപക്ഷയത്തിനും വിധേയമാകുന്നു എന്ന് കരുതുക. ഈ രണ്ട് ശിലകളുടേയും അപക്ഷയ ഉൽപ്പന്നങ്ങൾ ഏതു വിധത്തിലാണ് വ്യത്യസ്തമായിരിക്കുക?
3. ഏതെല്ലാം വിധത്തിലാണ് ജലം രാസികാപക്ഷയത്തിന്റെ കാരകമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത്?

വിവിധ ജീവജാലങ്ങളുടെ (സസ്യങ്ങളും ജന്തുക്കളും) പ്രവർത്തനഫലമായി ശിലകൾക്ക് സംഭവിക്കുന്ന അപക്ഷയത്തെ സംയോജിതമായി ജൈവിക അപക്ഷയം എന്നു പറയുന്നു. ശിലകളുടെ ശിഥിലീകരണവും ജീർണനവും ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു.

ശിലകളുടെ സുഷിരങ്ങളിലൂടേയും വിള്ളലുകളിലൂടേയും ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന സസ്യവേരുകൾ, അവ വലുതാകുമ്പോൾ ശിലകളെ അടർത്തിമാറ്റുന്നു. ശിലകളിൽ പറ്റിപ്പിടിച്ച് വളരുന്ന പായൽ, കുമിൾ വർഗത്തിൽപ്പെട്ട സസ്യങ്ങളുടെ വേരുകൾ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന ചില വീര്യം കുറഞ്ഞ ആഡിസുകൾ എന്നിവ ശിലകളെ അലിയിച്ച് രാസികാപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാക്കുന്നു. ജീവജാലങ്ങൾ വഴി ശിലകളിൽ സംഭവിക്കുന്ന അപക്ഷയം യാന്ത്രിക പ്രവർത്തനങ്ങൾ വഴിയോ രാസപ്രവർത്തനങ്ങൾ വഴിയോ നടക്കുന്നു. ഒരർഥത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ഭൗതിക-രാസ-ജൈവിക അപക്ഷയ പ്രവർത്തനങ്ങൾ പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതും ഒന്നിച്ച് നടക്കുന്നവയുമാണ്.

വൃക്ഷമൂല വിസ്ഥാപനം (Root Wedging)

പ്രകൃതിയിൽ ജൈവീക അപക്ഷയത്തിന്റെ ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട കാരകമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത് വൃക്ഷങ്ങളുടെ വേരുകളാണ്. സസ്യങ്ങളുടേയും വൃക്ഷങ്ങളുടേയും വേരുകൾ ജലം ശേഖരിക്കുന്നതിനായി ശിലകളിലെ വിള്ളലുകളിലൂടേയും മറ്റും ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്നു. വൃക്ഷങ്ങൾ വളരുന്നതോടൊപ്പം അവയുടെ വേരുകൾ ചെലുത്തുന്ന സമ്മർദ്ദത്തെ തുടർന്ന് ശിലകളിലെ വിള്ളലുകൾ വലുതാവുകയും തുടർന്ന് ശിലകൾ വിള്ളലുകളിലൂടെ മുറിഞ്ഞുമാറി കഷണങ്ങളാവുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 3.14)

ഈ പ്രക്രിയ വളരെ സാവധാനത്തിലാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. വീടുകളുടേയും മറ്റ് കെട്ടിടങ്ങളുടേയും സമീപത്തുള്ള വൃക്ഷങ്ങളും മറ്റും ഇത്തരം പ്രശ്നങ്ങൾ കൂടുതലായി സൃഷ്ടിക്കുന്നു. കെട്ടിടങ്ങളുടെ അടിത്തറയിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന വേരുകളുടെ പ്രവർത്തനം വഴി അടിത്തറയ്ക്ക് വിള്ളൽ വീഴുകയും അതിലൂടെ ജലവും മറ്റും കെട്ടിടങ്ങളുടെ അടിത്തറയിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു.

ചിത്രം 3.14 - വൃക്ഷമൂല വിസ്ഥാപനം - ഒരിനം ജൈവീക അപക്ഷയം

ളേയും ഇളക്കി മാറ്റുകയും അതുവഴി പ്രകൃതിയിലെ മറ്റ് അപക്ഷയ കാരകങ്ങൾക്ക് ശിലകളെ അപക്ഷയത്തിന് വിധേയമാക്കാനുള്ള അനുകൂല സാഹചര്യം ഒരുക്കിക്കൊടുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 3.15)

ചെറിയ സസ്യവർഗങ്ങളായ ആൽഗകൾ, ഫംഗസുകൾ (ലൈക്കനുകൾ) തുടങ്ങിയവ ഉൽപാദിപ്പിക്കുന്ന ജൈവ ആസിഡുകൾ, ശിലകളുടെ രാസികാപക്ഷയത്തിന് കാരണമായിത്തീരാറുമുണ്ട്. (ചിത്രം 3.16)

ചിത്രം 3.15– മാളങ്ങളുണ്ടാക്കുന്ന ജീവജാലങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്ന ജൈവിക അപക്ഷയം.

മനുഷ്യന്റെ വിവിധ പ്രവൃത്തികൾ ഇന്ന് ജൈവിക അപക്ഷയത്തിന് കാരണമാകുന്നു. മനുഷ്യ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി വൻ തോതിൽ മലിനീകരണം വർധിക്കുകയും

ചിത്രം 3.16 – ആൽഗ, ഫംഗസ് തുടങ്ങിയ സസ്യ വർഗങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനഫലായി ശിലകളിൽ സംഭവിക്കുന്ന രാസികാപക്ഷയം.

അതുവഴി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന അമ്ലമഴ മറ്റ് ജൈവീക പ്രവർത്തനങ്ങളോടൊപ്പം രാസികാപക്ഷയത്തിന്റെ വേഗത വർധിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ക്വാറികളുടെ പ്രവർത്തനവും നിർമാണപ്രവർത്തനവുമെല്ലാംതന്നെ ശിലകളുടെ അപക്ഷയത്തിന് കാരണമാകാറുണ്ട്.

അപക്ഷയത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ (Factors influencing weathering)

ഏതുതരം അപക്ഷയമാണ് നടക്കേണ്ടതെന്നും അതിന്റെ തോത് എങ്ങിനെയായിരി

നമുക്ക് ചെയ്തുനോക്കാം.

നമ്മുടെ ചുറ്റുപാടു നിന്നും അപക്ഷയം സംഭവിച്ചതും അല്ലാത്തതുമായ ശിലാസാമ്പിളുകൾ ശേഖരിക്കുക. സൂക്ഷ്മ പരിശോധനയിലൂടെ നമുക്ക് മനസ്സിലാക്കാം അപക്ഷയം സംഭവിച്ച ശിലകളുടെ ഉപരിതലം അതിന്റെ ആന്തരികഭാഗത്തേക്കാൾ വളരെ വ്യത്യസ്തമാണെന്ന്. ഏറ്റവും ശ്രദ്ധേയമായ വ്യത്യാസം ശിലകളുടെ നിറത്തിലും അംഗസംയോഗത്തിലുമാണ് (texture). അപക്ഷയം ശിലകളുടെ യഥാർഥ ഗുണങ്ങളെയെല്ലാം മറച്ചുവയ്ക്കുന്നു. അപക്ഷയം സംഭവിച്ച ശിലാസാമ്പിളുകളും അപക്ഷയത്തിന്റെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങളിലൂടെ കടന്നുപോയ ശിലാസാമ്പിളുകളും തമ്മിൽ താരതമ്യം ചെയ്യുക. അതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ അപക്ഷയത്തെ തുടർന്ന് സംഭവിക്കുന്ന മാറ്റങ്ങളുടെ ഒരുപട്ടിക തയാറാക്കുക

ക്കണമെന്നും നിശ്ചയിക്കുന്നത് താഴെ പറഞ്ഞിരിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളാണ്.

(1) ശിലകളുടെ സവിശേഷതകൾ (2) കാലാവസ്ഥ (3) പ്രദേശത്തിന്റെ കിടപ്പ് (ഭൂപ്രകൃതി) (4) സസ്യാവരണം (5) പ്രാദേശിക അപരദനത്തിന്റെ തോത് (6) മനുഷ്യന്റെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ (7) സമയ ദൈർഘ്യം.

3.6 അപക്ഷയത്തിന്റെ ഉൽപന്നങ്ങൾ (Products of Weathering)

3.6.1 റിഗോലിത്ത് (Regolith)

മാതൃശിലയ്ക്കു സംഭവിക്കുന്ന അപക്ഷയം, അവയുടെ വിഘടനത്തിനും ജീർണനത്തിനും കാരണമാകുന്നു. ഇതുവഴി പല വലിപ്പത്തിലും രാസസ്വഭാവത്തിലുമുള്ള ശിലാശകലങ്ങളുടെ ഒരു ആവരണം ശിലോപരിതലത്തിൽ രൂപീകരിക്കപ്പെടുന്നു. മാതൃശിലയുടെ മുകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഈ ശിലാശകലങ്ങളുടെ ആവരണത്തെ 'റിഗോലിത്ത്' എന്ന് പറയുന്നു. ഇതിലെ ശിലാശകലങ്ങളുടെ വലിപ്പം വലിയ ബോൾഡറുകൾ മുതൽ വളരെ ചെറിയ കളിമൺ തരികൾ വരെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കും.

3.6.2 മണ്ണ് (Soil)

നമുക്കെല്ലാവർക്കും സുപരിചിതമായ പദമാണ് 'മണ്ണ്'. എന്താണ് മണ്ണ്? മണ്ണിനെ നമുക്ക് ഇങ്ങനെ നിർവചിക്കാം. "ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലായി സസ്യങ്ങളുടെ വളർച്ചയ്ക്ക് സഹായിക്കുന്ന അസംഘടിതവും ദൃഢീകരിക്കാത്തതുമായ വസ്തുവാണ് മണ്ണ്". മണ്ണിനെക്കുറിച്ച് പഠനം നടത്തുന്ന ശാസ്ത്ര ശാഖയാണ് 'പെഡോളജി' (pedology). മണ്ണിന്റെ രൂപീകരണത്തിൽ രണ്ട് അപക്ഷയ ഘട്ടങ്ങൾ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. ഒന്നാമത്തേത്, മാതൃശിലയ്ക്ക് മുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന റിഗോലിത്തിന്റെ രൂപീകരണത്തിലേയ്ക്ക് നയിക്കുന്ന ഘട്ടം. ഈ ഘട്ടം ഭൗമരാസികാപക്ഷയം (Geochemical weathering) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. റിഗോലിത്തിന് കൂടുതൽ അപക്ഷയം സംഭവിച്ച് അത് മണ്ണായി പരിണമിക്കുന്ന രണ്ടാമത്തെ ഘട്ടം പെഡോ-രാസികാപക്ഷയം (Pedo chemical weathering) എന്നാണറിയപ്പെടുന്നത്. വിവിധ സൂക്ഷ്മജീവ ജാലങ്ങളുടേയും ജൈവിക അവശിഷ്ടങ്ങളുടേയും (Humus) സാന്നിധ്യത്തിലാണ് പെഡോരാസ അപക്ഷയം വഴി റിഗോലിത്തിന് തുടർന്നുള്ള അപക്ഷയം സംഭവിച്ച് മണ്ണുണ്ടാകുന്നത്.

മണ്ണിനെ നമുക്കിങ്ങനെയും നിർവചിക്കാം - ഭൗമോപരിതലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന സസ്യങ്ങളുടെ വളർച്ചയ്ക്ക് അനുയോജ്യമായ അസംഘടിതവും ദൃഢീകരിക്കാത്തതു

മായ ധാതുക്കളെ അഥവാ ജൈവീക പദാർഥങ്ങളെയാണ് മണ്ണ് എന്നു പറയുന്നത്.

മണ്ണിനെ പൊതുവായി രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം

എ) അവശിഷ്ട മണ്ണ് (Residual Soil)

മാതൃശില അപക്ഷയം സംഭവിച്ച് സംവഹന പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകാതെ ഉൽഭവസ്ഥാനത്ത് തന്നെ അടിഞ്ഞുകൂടി രൂപം കൊള്ളുന്ന മണ്ണാണ് അവശിഷ്ട മണ്ണ്. കേരളത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗം പ്രദേശങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്ന ലാറ്ററൈറ്റ്മണ്ണ് (laterite soil) ഇതിന് ഉദാഹരണമാണ്.

ബി) വഹിത മണ്ണ് (Transported Soil)

വിവിധ അപരദനകാരകങ്ങളായ കാറ്റ്, ഹിമാനികൾ, ജലം, ഭൂഗുരുത്വം എന്നിവയുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി ഉൽഭവസ്ഥാനത്തുനിന്നും വഹന പ്രവർത്തനത്തിന് വിധേയ മായി മറ്റൊരിടത്ത് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന ശിലാവസ്തുക്കളിൽ നിന്നും രൂപമെടുക്കുന്ന മണ്ണാണ് വഹിതമണ്ണ്. വഹിച്ചുകൊണ്ട് പോകുന്ന കാരകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ച് ഈ വിഭാഗം മണ്ണിനങ്ങളെ താഴെ പറയും പ്രകാരം തരംതിരിക്കാം.

കൊളൂവിയം (Colluvium)

മഴത്തുള്ളികൾ, ജലം, ഭൂഗുരുത്വം എന്നിവയുടെ കൂട്ടായ പ്രവർത്തനം വഴി കുന്നിന്റെ അടിവാരങ്ങളിൽ അടിഞ്ഞുകൂടി ഉണ്ടാകുന്ന മണ്ണ്.

എക്കൽ (Alluvium)

നദികളുടെ വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകൽ വഴി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന മണ്ണ്.

ഇയോലിയൻ (Aeolian) മണ്ണ്

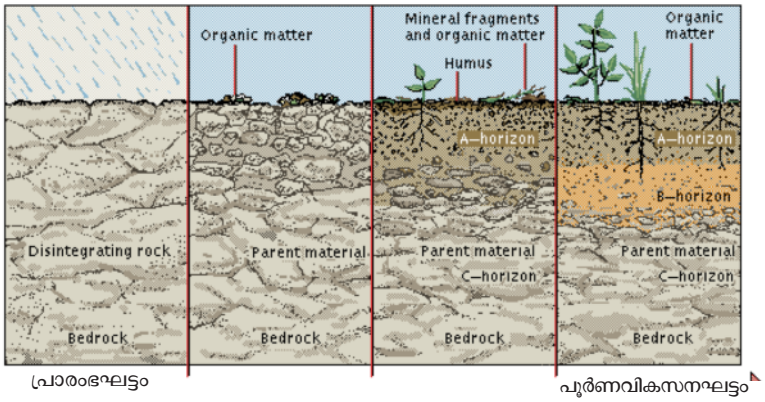
കാറ്റിന്റെ വഹന പ്രവർത്തനം വഴി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന മണ്ണ്.

ഒരു പ്രദേശത്ത് രൂപംകൊള്ളുന്ന മണ്ണിന്റെ സ്വഭാവം നിരവധി ഘടകങ്ങളുമായി ബന്ധ പ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. (എ) മാതൃശിലയുടെ സ്വഭാവം (ബി) കാലാവസ്ഥ (സി) ഭൂപ്രകൃ തി (ഡി) സമയദൈർഘ്യവും മറ്റനവധി ഘടകങ്ങളും.

സോയിൽ പ്രൊഫൈലും സോയിൽ ഹൊറൈസണും (Soil Profile and Soil Horizons)

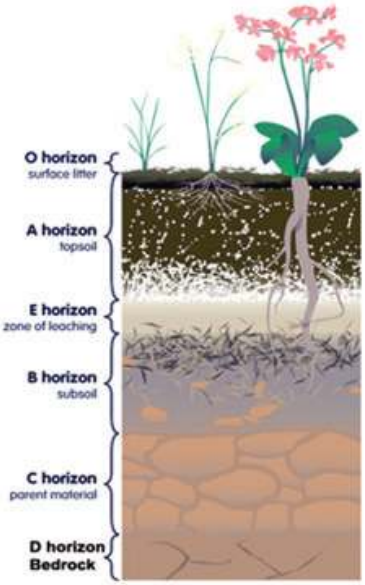
ഒരു പ്രദേശത്തെ മണ്ണിന്റെ ലംബ പരിച്ഛേദത്തെ 'മൃത്തികപരിച്ഛേദം' അഥവാ സോയിൽ പ്രൊഫൈൽ എന്നുപറയുന്നു. ഒരു പ്രദേശത്തെ മണ്ണിന്റെ പാളികൾ നിറത്തിലും ആകൃ തിയിലും ക്രമീകരണത്തിലും വ്യത്യസ്തമായി കാണപ്പെടുന്നു. മണ്ണിന്റെ ഈ വ്യത്യസ്ത പാളികളെ മൃത്തികാ മണ്ഡലങ്ങൾ (Soil Horizons) എന്നുപറയുന്നു. മണ്ണിന്റെ ഓരോ മണ്ഡലങ്ങളും ഭൗതിക ഗുണത്തിലും രാസഗുണത്തിലും വ്യത്യസ്ത മായിരിക്കും. (ചിത്രം 3.17)

വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകൽ കാരണം ഉണ്ടാകുന്ന മണ്ണിനെക്കാൾ മൺപാളികളുടെ വ്യത്യ സ്തതകൾ പ്രകടമായി കാണുന്നത് അവശിഷ്ട മണ്ണിലാണ്.



ചിത്രം. 3.17 മൺപാളികളുടെ വികസനവും മൺപരിച്ഛേദവും

ഒരു പ്രദേശത്തെ അവശിഷ്ടമണ്ണിലെ മൃത്തികാപരിച്ഛേദത്തിൽ സാധാരണമായി നാല് മണ്ഡലങ്ങളാണ് കാണപ്പെടുന്നത് (ചിത്രം 3.18) മൃത്തികാപരിച്ഛേദത്തിൽ ഏറ്റവും മുകളിലുള്ള മണ്ണിന്റെ പാളി 'എ - മണ്ഡലം' എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. സസ്യങ്ങൾക്കും ജന്തുക്കൾക്കും ജീർണനം സംഭവിച്ചുണ്ടാകുന്ന ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങളും മണ്ണിലെ ധാതുക്കളും കൂടിക്കലർന്നാണ് ഈ ഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്നത്. മേൽമണ്ണ് (Top soil) എന്നും ഈ പാളി അറിയപ്പെടുന്നു. പല സ്ഥലത്തും ഈ മണ്ഡലം ജൈവവസ്തുക്കളാൽ സമ്പന്നമാണ്. ഈ മണ്ഡലത്തിന്റെ ഏറ്റവും മുകളിലത്തെ കനം കുറഞ്ഞ ഒരു പാളി ജൈവവസ്തുക്കളാൽ തന്നെ രൂപപ്പെട്ട് കറുപ്പ് നിറത്തിലോ തവിട്ടു നിറത്തിലോ കാണുന്നു. ഈ പാളിയെ ഒ-മണ്ഡലം എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു. രൂക്ഷമായ അപരദനം നടക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ മണ്ണിലെ ഈ പാളി കാണപ്പെടുന്നില്ല. മണ്ണിലൂടെ കിനിഞ്ഞിറങ്ങുന്ന ഭൂജലം എ-മണ്ഡലത്തിലെ ചില ധാതു ഘടകങ്ങളെ ലയിപ്പിച്ച് നീക്കം ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ കിനിഞ്ഞിറങ്ങുന്ന ഭൂജലം ധാതുക്കളെ ലയിപ്പിച്ചോ മറ്റ് മാർഗങ്ങളിലൂടെയൊ നീക്കം ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയയെ ലീച്ചിങ് (leaching) എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 3.18 : മാതൃക സോയിൽ പ്രൊഫൈൽ

എ - മണ്ഡലത്തിന്റെ താഴെയായി കാണപ്പെടുന്ന മൃത്തികാപരിച്ഛേദത്തിന്റെ ഭാഗത്തെ ബി- മണ്ഡലം എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഈ ഭാഗം അടിമണ്ണ് (sub soil) എന്ന പേരിലും അറിയപ്പെടുന്നു. എ-മണ്ഡലത്തിൽ നിന്ന് ലീച്ചിങ് പ്രക്രിയവഴി നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന കളിമണ്ണ്, കാൽസ്യം, മഗ്നീഷ്യം, ഇരുമ്പ് എന്നിവ ഈ ഭാഗത്തിന് മുകളിൽ വന്ന് അടിയുന്നു. ലീച്ചിങ്ങിന് വിധേയമാകുന്ന ഈ ഭാഗം ഇ-മണ്ഡലം എന്നും അറിയപ്പെടുന്നു. ഇ-മണ്ഡലം താരതമ്യേന ഇളം നിറമുള്ളതായി കാണപ്പെടുന്നു. എ-മണ്ഡലം, ഇ- മണ്ഡലം എന്നിവയെ ഒരുമിച്ച് സോൺ ഓഫ് ലീച്ചിങ് എന്നു പറയുന്നു.

ബി- മണ്ഡലത്തിന് താഴെയായി കാണുന്ന മൃത്തികാപരിച്ഛേദത്തിന്റെ ഭാഗമാണ് സി-മണ്ഡലം. ഭാഗികമായി അപക്ഷയം സംഭവിച്ച ശിലകൾ ഈ ഭാഗത്ത് ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്നു. ഇത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് അപക്ഷയ പ്രവർത്തനങ്ങളും മണ്ണിന്റെ നിർമാണവും ഈ ഭാഗത്തിന് പൂർണ്ണമായി സ്വാധീനിച്ചിട്ടില്ല എന്നാണ്.

സി- മണ്ഡലത്തിന്റെ താഴെയായി മാതൃശിലയ്ക്ക് ഒട്ടും തന്നെ അപക്ഷയം സംഭവിച്ചിട്ടില്ലാത്തതോ നേരിയ തോതിൽ അപക്ഷയം സംഭവിച്ചതോ ആയ ദൃഢമായ ഭാഗത്തെ ഡി-മണ്ഡലം എന്നു പറയുന്നു. എങ്കിലും ഈ ഭാഗം നൂറുകണക്കിന് വർഷങ്ങൾക്ക് ശേഷം അപക്ഷയവും വിഘടനവും സംഭവിച്ച് മണ്ണ് നിർമാണത്തിന് കാരണമായേക്കാം. ചില വർഗീകരണത്തിൽ അപക്ഷയരഹിതമായ ഈ ഏറ്റവും അടിയിലുള്ള മാതൃശിലാ ഭാഗം ആർ-മണ്ഡലം എന്ന പേരിലും അറിയപ്പെടുന്നുണ്ട്.

എ, ബി., സി എന്നീ മണ്ഡലങ്ങൾ പൂർണ്ണമായും വികസിച്ചിട്ടുള്ള മൃത്തികാ പരിച്ഛേദം രൂപം കൊള്ളുന്നത് നൂറുകണക്കിന് വർഷങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായാണ്. അപക്ഷയവും മണ്ണിന്റെ രൂപീകരണവും വളരെ സാവധാനത്തിൽ മാത്രം നടക്കുന്ന ഒരു പ്രക്രിയയാണ്. ആയതിനാൽ മണ്ണ് വളരെ അമൂല്യമായ ഒരു പ്രകൃതി വിഭവമാണ്. വളരെ സാവധാനത്തിൽ മാത്രമേ മണ്ണിന്റെ പുനരുൽപ്പാദന പ്രക്രിയ നടക്കുകയുള്ളൂ. അതുകൊണ്ടുതന്നെ ഒരിക്കൽ നഷ്ടപ്പെട്ടാൽ അത് എന്നെന്നേക്കുമായി നഷ്ടപ്പെടുന്നു. അതുകൊണ്ടാണ് നാം ഇന്ന് മണ്ണിന്റെ സംരക്ഷണത്തിന് കൂടുതൽ പ്രാധാന്യം നൽകുന്നത്.

ഏതൊരു പ്രദേശത്തിലേയും നിലവിലുള്ള മണ്ണിന്റെ കനം അവിടെ സംഭവിക്കുന്ന അപക്ഷയത്തിന്റേയും അപരദനത്തിന്റേയും സന്തുലിതാവസ്ഥയുടെ തോതിനെ പ്രകടിപ്പിക്കുന്ന വിധത്തിലായിരിക്കും. സ്വാഭാവികമായ തോതിലുള്ള അപരദനത്തിന് വിധേയമാകുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ, നിലവിലുള്ള കാലാവസ്ഥയിൽ മൃത്തികാപരിച്ഛേദം സുസ്ഥിരമായി നിലനിൽക്കുന്നു. മനുഷ്യന്റെ ഇടപെടലുകൾ ഉണ്ടാകുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ അപരദനം ത്വരിതപ്പെടുത്തുക വഴി അവിടത്തെ മണ്ണിന്റെ കനം അനുക്രമം ശോഷണത്തിന് വിധേയമായിത്തീരുന്നു.

പഠന പുരോഗതി പരിശോധിക്കാം.

1. അപക്ഷയം സംഭവിച്ച ശിലകളുടെ ഉപരിതലത്തിന് മുകളിലായി കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളുടെ കഷണങ്ങൾക്ക് ..... എന്ന് പറയുന്നു.
2. സോയിൽ പ്രൊഫൈലിലെ ഏത് മണ്ഡലത്തിലാണ് ജൈവാവശിഷ്ടങ്ങൾ കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നത്?
3. അവശിഷ്ട മണ്ണിന് ഒരു ഉദാഹരണം പറയുക?

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ശിലകൾ, ജലം, വായു, ജീവൻ എന്നീ പരസ്പര ബന്ധിതമായ മണ്ഡലങ്ങൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ഒരു സങ്കീർണ്ണ വ്യവസ്ഥമാണ് ഭൂമിക്കുള്ളത്. ഭൂമിയിലെ പ്രധാന ഉപഘടകങ്ങളാണ് (ഉപമണ്ഡലങ്ങൾ) ശിലാമണ്ഡലം, ജലമണ്ഡലം, വായുമണ്ഡലം, ജൈവ മണ്ഡലം എന്നിവ. ജൈവമണ്ഡലത്തിന്റെ ഭാഗമായി മനുഷ്യർ നടത്തുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങളെല്ലാം തന്നെ ഭൂമിയിലെ നാലുമണ്ഡലങ്ങളേയും ബാധിക്കുന്നു.

ഭൗമ പ്രക്രിയകൾ എങ്ങനെ സംഭവിക്കുന്നു എന്നതും എന്തെല്ലാം മാറ്റങ്ങളാണ് അവിടെ നടക്കുന്നത് എന്നും മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് ഭൂമിയുടെ നൈസർഗിക വ്യൂഹം എന്ന ആശയം നമ്മെ സഹായിക്കുന്നു. വ്യൂഹം (system) എന്നു പറയുന്നത് വിവിധ മണ്ഡലങ്ങളിലൂടെയുള്ള ഊർജത്തിന്റെ ഒഴുക്കും ദ്രവ്യത്തിന്റെ ചലനവും ആണ്. തൽഫലമായി ഭൂമിയുടെ അകത്തും പുറത്തുമുള്ള വസ്തുക്കളിൽ മാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു. ഭൗമ പ്രവർത്തനങ്ങൾ പഠിക്കുന്നതിന് വ്യൂഹാധിഷ്ഠിത സമീപനം ഉപയോഗിക്കുന്നത് ഈ മാറ്റങ്ങളെക്കുറിച്ച് പ്രവചിക്കുന്നതിനും മനസ്സിലാക്കുന്നതിനുമാണ്.

ഭൂമിയിലെ വിവിധ മണ്ഡലങ്ങളിലൂടെയുള്ള ഊർജ പ്രവാഹമാണ് എല്ലാ ഭൗമ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കും കാരണമാകുന്നത്. വിവിധ ആന്തരിക - ബാഹ്യ - ഭൗമ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെയെല്ലാം പ്രതിഫലനം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ ദൃശ്യമാകുന്നു. വിവിധ ബാഹ്യ പ്രവർത്തനങ്ങളായ അപക്ഷയം, അപരദനം, സംവഹനം, നിക്ഷേപണം എന്നിവയെല്ലാം സംഭവിക്കുന്നത് ഭൂമിയിലെ എല്ലാ ഉപമണ്ഡലങ്ങളുടേയും പ്രതിപ്രവർത്തനത്തിലൂടെയാണ്. ഇത്തരം പ്രവർത്തനങ്ങൾ നടക്കുന്നത് ഭൗമമണ്ഡലത്തിന്റെ സമ്പർക്കമുഖങ്ങളിലൂടെയാണ്.

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- ജിയോളജിക്കൽ പ്രക്രിയകൾ മനസ്സിലാക്കുന്നതിന് പരിണാമത്തിന്റെ സാർവ്വത്രികതയേയും വ്യൂഹാധിഷ്ഠിത സമീപനത്തേയും ഒരു ചട്ടക്കൂടായി കാണണമെന്നതിന്റെ പ്രാധാന്യത്തെ വിവരിക്കുന്നു.
- ഭൗമവ്യവസ്ഥയിലെ പരിവർത്തനങ്ങൾ തിരിച്ചറിയുവാനായി വിവിധ ഭൗമ മണ്ഡലങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള സമ്പർക്ക മുഖങ്ങളുടെ പ്രാധാന്യത്തെ വിവരിക്കുന്നു.
- ആന്തരിക ബാഹ്യ ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങളെ വേർതിരിക്കുന്നു.
- രാസിക, ഭൗതിക, ജൈവ അപക്ഷയ പ്രക്രിയകളുടെ വിവിധ തലങ്ങളെ തിരിച്ചറിയുന്നു.
- മണ്ണും റിഗോലിത്തും അപക്ഷയത്തിന്റെ ഉൽപന്നങ്ങളാണെന്ന് തിരിച്ചറിയുന്നു.
- മൃത്തികാ പരിച്ഛേദത്തിലെ മൃത്തികാ മണ്ഡലങ്ങൾ തിരിച്ചറിയാവുന്ന രേഖാചിത്രം വരയ്ക്കുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം.

1. താഴെ പറയുന്ന പദങ്ങൾ രണ്ട് അപക്ഷയ പ്രവർത്തനങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടവയാണ്. അപക്ഷയത്തിന്റെ പേരെഴുതി പദങ്ങളെ വർഗീകരിക്കുക.

   (ഷീറ്റിങ്, ലയനം, കാർബണീകരണം, ഹിമകീലനം, ജലാംശീകരണം, ശിലാസ്തരവിഘടനം, ഹൈഡ്രോളിസിസ്, ഗോളീയ അപക്ഷയം, ഓക്സീകരണം)

2. വ്യത്യാസം പറയുക

   എ) അവശിഷ്ട മണ്ണും പരിവഹിത മണ്ണും

   ബി) സക്രീയ അപരദന കാരകങ്ങളും നിഷ്ക്രിയ അപരദന കാരകങ്ങളും.

   സി) ബാഹ്യ ഭൗമപ്രവർത്തനവും ആന്തരീക ഭൗമപ്രവർത്തനവും.

3. സമ്പർക്കമുഖ സങ്കൽപം എന്നാലെന്ത്? ഏതുവിധത്തിലാണ് ഇത് അപക്ഷയ പ്രവർത്തനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്?

4. അപക്ഷയ പ്രവർത്തനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് താഴെ തന്നിരിക്കുന്ന പട്ടിക പൂർത്തീകരിക്കുക?

അപക്ഷയപ്രവർത്തനങ്ങൾ	അപക്ഷയത്തിന്റെ പേര്	അപക്ഷയ തരം
സസ്യങ്ങളുടെ വേരുകൾ വലുതാകുന്നതുവഴി ശിലകൾ അടർന്നു മാറുന്നു	വൃക്ഷമൂല വിസ്ഥാപനം	
ഉള്ളിയുടെ പുറന്തോട് പോലെ ശിലകൾ പാളികളായി അടർന്ന് മാറുന്നു.		രാസികാപക്ഷയം
	ഹിമകീലനം	ഭൗതികാപക്ഷയം

5. നിമ്നീകരണം + ഉന്നതീകരണം = സമീകരണം ഈ പ്രസ്താവന പരിശോധിക്കുകയും സാധൂകരിക്കുകയും ചെയ്യുക.

6. ജീവജാലങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ വഴി അപക്ഷയം സംഭവിക്കുന്നു. ഉദാഹരണ സഹിതം ഈ പ്രസ്താവന വിലയിരുത്തുക.

7. ഭൂമിയിൽ ജീവൻ നിലനിർത്തുന്നതിൽ അപക്ഷയത്തിനുള്ള പങ്ക് വിശദീകരിക്കുക.

8. താപോർജം രാസപ്രവർത്തനത്തിന്റെ വേഗത വർധിപ്പിക്കുന്നു. എങ്കിൽ എന്തുകൊണ്ടാണ് ഉഷ്ണമേറിയ മരുഭൂമികളിൽ രാസികാപക്ഷയം വളരെ മന്ദഗതിയിൽ നടക്കുന്നത്?

4 ചരിവുതല പ്രക്രിയകൾ
(SLOPE PROCESSES)

Q5S2Q7

4.1 ആമുഖം

വൻകരകളിലെ ഉപരിതലത്തിന്റെ ഏറിയ ഭാഗവും പരന്നതല്ലെന്ന കാര്യം നിങ്ങൾ ശ്രദ്ധിച്ചുണ്ടാകുമല്ലോ? ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ചരിഞ്ഞഭാഗങ്ങളെ 'ചരിവുതലങ്ങൾ' (Slopes) എന്ന് ഭൗമാശാസ്ത്രജ്ഞർ വിളിക്കുന്നു. താഴ്‌വരകൾ, കടലോരങ്ങൾ, കുന്നുകളുടെ വശങ്ങൾ എന്നിവയെല്ലാം ചരിവുതലങ്ങൾ (slopes) ക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഇത്തരത്തിലുള്ള ചരിവുതലങ്ങൾ വൻകരകളിലെ ഭൂദൃശ്യങ്ങളിലെ (landscapes) പ്രമുഖഘടകങ്ങളാണ്. നമുക്ക് സുപരിചിതമായ പല ഭൂദൃശ്യങ്ങളിലും പരപ്പും ചെരിവും നിറഞ്ഞ വൈവിധ്യം കാണാം.

ഭൂമിയിലെ ഒരു ചരിവുതലത്തിന്റെ മൊത്തത്തിലുള്ള ജ്യാമിതീയരൂപം (geometric form) അല്ലെങ്കിൽ ബാഹ്യരൂപം (morphology) ആ പ്രദേശത്ത് പ്രവർത്തിച്ചിരുന്ന വിവിധ ഭൗമപ്രക്രിയകളെയും (earth processes) അവയുടെ തീവ്രതയെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. ചരിവുതലങ്ങളുടെ പരിഛേദങ്ങൾ (cross sections) നേർരേഖയോ (straight line), കോൺകേവോ (concave) കോൺവെക്സോ (convex) ഇവയുടെയൊക്കെ സമ്മിശ്ര രൂപമോ ആയിരിക്കും.

അദ്ധ്യായം 3-ൽ പരാമർശിച്ചതുപോലെ ഒട്ടുമിക്ക പ്രദേശങ്ങളിലും ചരിവുതലങ്ങളുടെ പുറംഭാഗത്ത് ആ പ്രദേശങ്ങളിലെ ശിലകൾക്ക് അപക്ഷയം സംഭവിക്കുമ്പോൾ ഉണ്ടായിരിക്കുന്ന പാറക്കഷണങ്ങളുടെയും കാലാന്തരങ്ങളിൽ ഇത്തരം പാറക്കഷണങ്ങളിൽ നിന്നും കിട്ടുന്ന മണ്ണിന്റെയും ഒരു ആവരണം അഥവാ റിഗോലിത്ത് (regolith) കാണപ്പെടുന്നു. മിക്കപ്പോഴും റിഗോലിത്ത് ദൃഢീകരിച്ച ശിലാവസ്തുവായി കാണുന്നു. റിഗോലിത്തിനടിയിൽ, ആഴം കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച്, അപക്ഷയത്തിന്റെ തീവ്രത കുറഞ്ഞു വരുന്നു; അന്തിമമായി അപക്ഷയം ഒട്ടുമേൽക്കാത്ത അടിസ്ഥാനശില അഥവാ ആധാരശില (bedrock) ഉണ്ടായിരിക്കും. ആ സ്ഥലത്തെ റിഗോലിത്ത് മുതൽ അടിസ്ഥാനശിലവരെയുള്ള ഭൂഭാഗത്തിന്റെ ഒരു പരിഛേദം ഇത് വ്യക്തമാക്കും.

4.2 ചരിവുതല പ്രക്രിയകൾ (Slope Processes)

ഭൂമുഖത്ത് വൻകരാഭാഗങ്ങളിലെ ചരിവുതലങ്ങൾ, പ്രത്യേകിച്ചും കുന്നിൻചരിവുകൾ, മനുഷ്യനും ഭൂമിയുമായുള്ള ഇടപെടലുകളെ പ്രത്യക്ഷമായോ പരോക്ഷമായോ സ്വാധീനിക്കുന്നു. കാർഷികവൃത്തി, മനുഷ്യവാസം തുടങ്ങിയ ഒട്ടനവധി തരം ഭൂവിനിയോഗങ്ങൾക്ക് (land use) ഭൂമിയുടെ ഉപരതലത്തിലുള്ള ചരിവ് ഒരു നിർണ്ണായക ഘടകമാണ്.

ഭൂമിയിൽ സ്വാഭാവികമായി കാണുന്ന സാഹചര്യങ്ങളിൽ നിന്ന് ജലം, ശിലകൾ, റിഗോലിത്ത്, മേൽമണ്ണ്, അടിഞ്ഞുകൂടിയ അവസാദങ്ങൾ മുതലായവ ചരിവുകളിലൂടെ താഴ്ന്ന സ്ഥലങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങുന്നതായി കാണാം. ചില പ്രത്യേകസാഹചര്യങ്ങളിൽ പുഴകളുടെ ഇരുവശങ്ങളിലുമുള്ള താഴ്വരപ്രദേശങ്ങളിൽ നിന്നും മലഞ്ചെരിവുകളിൽ നിന്നും പാറകളും പാറക്കഷണങ്ങളും മണ്ണും മറ്റും വളരെ വേഗത്തിൽ നീങ്ങാറുണ്ട്. ഇത് മനുഷ്യവാസമുള്ള മേഖലകളിലാണ് സംഭവിക്കുന്നതെങ്കിൽ വൻദുരന്തങ്ങൾ ഉണ്ടായേക്കാം.

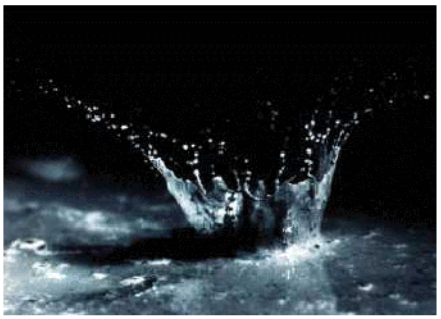
ഭൂമുഖത്തെ ഏതു പ്രദേശത്തും അവിടത്തെ മണ്ണിന്റെയോ റിഗോലിത്തിന്റെയോ കനം, ആ പ്രദേശത്ത് മൊത്തത്തിൽ നടക്കുന്ന അപക്ഷയ - അപരദന - നിക്ഷേപണ പ്രക്രിയകളുമായി ഒരു തരം സന്തുലിതാവസ്ഥ നിലനിർത്തുന്ന തരത്തിലായിരിക്കും സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. അതിനാൽ ഒരു നിർദിഷ്ട പ്രദേശത്ത്, മനുഷ്യന്റെ ഏതു തരത്തിലുള്ള ഇടപെടലുകളും മേൽപ്പറഞ്ഞ സന്തുലിതാവസ്ഥയെ മാറ്റിമറിക്കുവാനോ, വ്യത്യാസം വരുത്തുവാനോ കാരണമാകാം. ഇത്തരം വ്യതിയാനങ്ങളുടെ ഫലമായി കൃഷിയിടങ്ങളിലെ ഫലഭൂയിഷ്ഠമായ മേൽമണ്ണ് ധാരാളമായി ആ പ്രദേശത്തെ നീർച്ചാലുകളിലും പുഴകളിലും അവസാദങ്ങളായി നിക്ഷേപിക്കപ്പെടാം. കൂടാതെ ചിലയിടങ്ങളിൽ ഇതുപോലുള്ള വ്യതിയാനങ്ങൾ വളരെ വിനാശകരവും ആപത്കരവുമായ ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ പോലുള്ള പ്രകൃതി ദുരന്തങ്ങൾക്ക് കാരണമായിത്തീരാറുണ്ട്. ഇക്കാരണങ്ങളാൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലെ സ്വാഭാവിക ചരിവുതലങ്ങളിൽ നിരന്തരം നടക്കുന്ന ഭൗമപ്രക്രിയകളുടെ അടിസ്ഥാന തത്വങ്ങളെക്കുറിച്ചുള്ള അവബോധം ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിൽ അനുപേക്ഷണീയമാണ്.

പ്രകൃതിയിലെ നിരവധി ഭൗമപ്രക്രിയകൾ ചരിവുള്ള പ്രദേശങ്ങളിൽ ശിലാദ്രവ്യങ്ങൾ താഴേയ്ക്ക് നീങ്ങുവാൻ കാരണമാകുന്നു. മേലൊഴുക്ക് (run off) എന്ന് വിളിക്കുന്ന ഉപരിതല ജലപ്രവാഹത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്നതും, ചെറുനീർച്ചാലുകളായി രൂപാന്തരം പ്രാപിക്കാത്തതും, സമീപമുള്ള നീർച്ചാലുകളിലും അരുവികളിലും അന്തിമമായി ചെന്നു ചേരുന്നതുമായ ഒരിനം ജലപ്രവാഹമാണ് ഉപരിതല പ്രവാഹം (overland flow). ഇത്തരം ജലപ്രവാഹത്തിൽ ജലം കനം കുറഞ്ഞ ഒരു പാളി (sheet) യുടെ രൂപത്തിൽ ഭൂമിയുടെ പുറമേ ഉയർച്ചതാഴ്ച്ചകളില്ലാത്ത ചരിവുള്ള ഭാഗങ്ങളിലൂടെ നിരന്തരം ഒഴുകിപോകുന്നതിനെയാണ് പാളികാപ്രവാഹം (sheet flow) എന്നു പറയുന്നത്. ശക്തിയായ മഴയുള്ള സമയത്ത് ഇത്തരം പ്രവാഹം മൂലം ഗണ്യമായ അളവിൽ മൺകണികകൾക്ക് ചരിവുതലങ്ങളിലൂടെ സ്ഥാനമാറ്റം സംഭവിക്കുന്നു.

4.2.1 തെറിക്കൽ അപരദനം (Splash Erosion)

ശക്തിയായി കനത്ത മഴ പെയ്യുമ്പോൾ മഴത്തുള്ളികളുടെ പതനത്തിന്റെ ആഘാതഫലമായി മൺതരികളുടെ തെറിക്കൽമൂലം സംഭവിക്കുന്ന അപരദന പ്രക്രിയയാണ് തെറിക്കൽ അപരദനം (Splash Erosion). ഒരു വലിയ മഴയ്ക്കുശേഷം തോട്ടത്തിലെ ചെടികളുടെ ഇലകളുടെ അടിഭാഗം ശ്രദ്ധാപൂർവം നിരീക്ഷിക്കുക. അവയിൽ എത്രമാത്രം മൺതരികൾ പറ്റിപ്പിടിച്ചിരിക്കുന്നുവെന്നതിന്റെയും തറനിരപ്പിൽ നിന്നും എത്ര ഉയരം വരെയുള്ള ഇലകളുടെ അടിഭാഗത്താണ് പറ്റിപ്പിടിച്ചിരിക്കുന്നത് എന്നതിന്റെയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ മഴത്തുള്ളികൾ മൂലം മൺതരികളുടെ തെറിക്കലിന്റെ തീവ്രത എത്രമാ

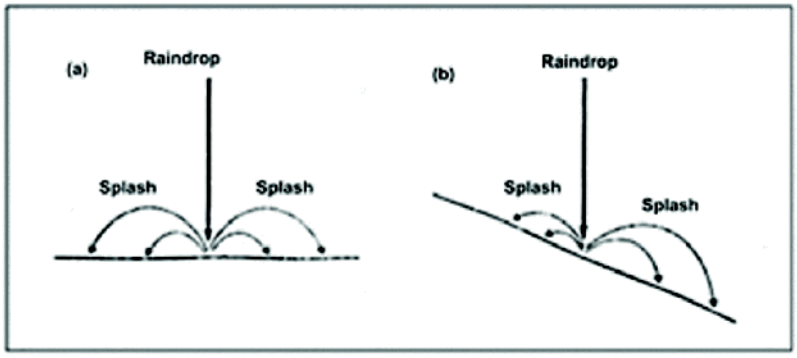
ത്രമാണെന്ന് നിങ്ങൾക്ക് ഏറെക്കുറെ നിർണ്ണയിക്കാം.



ചിത്രം 4.1 : മഴത്തുള്ളികളുടെ ആഘാതം

ചരിവുതലങ്ങളിലൂടെ മൺതരികൾ ധാരാളം അളവിൽ താഴ്ന്ന ഭാഗങ്ങളിലേയ്ക്ക് ചലിക്കുന്നതിന് സഹായിക്കുന്ന ഒരു സൂക്ഷ്മതല പ്രക്രിയയാണ് നീർതെറിപ്പ് അപരദനം (Splash erosion). ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്ന ഓരോ മഴത്തുള്ളിക്കും അതിന്റേതായ ഗതികോർജ (kinetic energy) മുണ്ട്. ഈ ഊർജം ഉപരിതലത്തിലെ മൺതരികളിലേക്ക് മഴത്തുള്ളികളുടെ പതനത്തിലൂടെ കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. ഇക്കാരണത്താലാണ് മൺതരികൾ അവയുടെ സ്വസ്ഥാനങ്ങളിൽ നിന്നും വിവിധ ദിശകളിലേക്ക് തെറിച്ചു പോകുന്നത്.

ഓരോ മഴത്തുള്ളിയും ഭൂതലത്തിൽ സൃഷ്ടിക്കുന്ന ആഘാതം വകവെക്കേണ്ടതില്ലെന്ന് തോന്നുമെങ്കിലും അനേകായിരക്കണക്കിനുള്ള മഴത്തുള്ളികളുടെ പതനം ചരിവുതലങ്ങളിൽ ശ്രദ്ധേയമാംവിധത്തിലുള്ള അപരദനത്തിന് കാരണമായിത്തീരുന്നുവെന്ന് ഊഹിക്കാമല്ലോ. നിരപ്പായതും തിരശ്ചീനവുമായ ഭൂപ്രതലങ്ങളിൽ മഴത്തുള്ളികളുടെ വീഴ്ചമൂലം മൺതരികളുടെ പുനഃക്രമീകരണത്തിന് മാത്രമേ കാരണമായിത്തീരുകയുള്ളൂ. അതായത് പ്രകൃതിയിൽ ഇത്തരം പ്രതലങ്ങളിൽ ഏതാനും മണിക്കൂറുകൾ നീണ്ടുനിൽക്കുന്ന കനത്ത മഴയ്ക്കുശേഷം മൺതരികളുടെ ക്രമരഹിതമായ (random) സമാന ചലനങ്ങളുടെ ഫലമായി ഒരു നിശ്ചിത സ്ഥലത്ത് മൊത്തത്തിൽ സാരമായ അപരദനം സംഭവിച്ചുകൊള്ളണമെന്നില്ല. എന്നാൽ 25^0 യേക്കാൾ കൂടുതൽ ചരിവുള്ളതും സസ്യങ്ങളാലും പാറകളാലും മൂടാത്തതുമായ ഭൂഭാഗങ്ങളിൽ തെറിക്കൽ അപരദനം മൺതരികളുടെ സാരമായ അപരദനത്തിന് കാരണമായിത്തീരുന്നു.



ചിത്രം 4.2 : തെറിക്കൽ (നീർതെറിപ്പ്) അപരദനം

4.2.2 ഉപരിതല പ്രവാഹവും പാളീയ അപരദനവും (Overland flow and sheet erosion)

ഉപരിതല പ്രവാഹം മൂലം സംഭവിക്കുന്ന അപരദനം, സസ്യാവരണം തീരെയില്ലാത്ത

കരഭാഗങ്ങളിലാണ് പ്രധാനമായും സംഭവിക്കുന്നത്. ഒരു നിശ്ചിത പ്രദേശത്ത് നന്നായി മഴ പെയ്യുമ്പോൾ അവിടത്തെ മണ്ണിന്റെയും മറ്റ് ഉപരിതല ശിലാപദാർത്ഥങ്ങളുടെയും ജലം താഴേക്ക് ഊർന്നിറക്കാനുള്ള കഴിവിനെയാണ് 'ഊർന്നിറങ്ങൽ ക്ഷമത' (infiltration capacity) എന്നു വിളിക്കുന്നത്. ഒരു നിശ്ചിതസ്ഥലത്ത് ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ശിലാ വസ്തുക്കളുടെ ഊർന്നിറങ്ങൽ ക്ഷമതയേക്കാൾ കൂടുതലായി മഴ ലഭിക്കുമ്പോഴാണ് അവിടെ ഉപരിതല പ്രവാഹം (overland flow) അഥവാ പാളീയ പ്രവാഹം (sheet flow) തുടങ്ങുന്നത്. മേലൊഴുക്ക് (runoff) എന്ന സാങ്കേതിക പദം പാളീയപ്രവാഹം ഉൾപ്പെടെ ഭൂമിയുടെ പുറമേകൂടിയുള്ള എല്ലാത്തരം നീരൊഴുക്കുകളെയും കുറിക്കുവാൻ ഉപയോഗിച്ചു വരുന്നു.

ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ വിവിധതരം ശിലാപദാർത്ഥങ്ങളെ ചരിവുതലങ്ങളിലൂടെ താഴ്ന്ന ഭാഗത്തേക്ക് നീക്കുന്ന വിവിധ പ്രക്രിയകൾ നിരന്തരം പ്രവർത്തിച്ചു കൊണ്ടി രിക്കുന്നു. ജലത്തിന്റെ മെലൊഴുക്ക് (run off) ചിലപ്പോൾ വളരെ നേർത്ത ചാലുകൾപോ ലുമാകാതെ തന്നെ ഭൂമിയുടെ പുറമേ ഒരു ജലപാളിയായി മാറി ഒഴുകുകയും സമീപ ത്തുള്ള അരുവികളിൽ ചെന്നെത്തുകയും ചെയ്യാറുണ്ട്. ഭൗമശാസ്ത്രജ്ഞർ, ഇത്തരം ജലപ്രവാഹങ്ങളെ 'ഉപരിതല പ്രവാഹം' (overland flow) അഥവാ പാളീയപ്രവാഹം (sheet flow) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

കനത്ത മഴയിൽ, മറ്റു സാഹചര്യങ്ങൾ അനുകൂലമാക്കുകയാണെങ്കിൽ, എണ്ണമറ്റ മൺത രികളും കളിമൺതരികളും ചരിവുതലങ്ങളിലൂടെ ഉപരിതല പ്രവാഹം മൂലം താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ എത്തിച്ചേരുന്നത് കാണാം.

വിസ്തൃതമേറിയ കുന്നിൽ ചെരിവുകളിൽ നിന്നും ഫലപുഷ്ടിയുള്ള മേൽമണ്ണിലെ കണങ്ങൾ മഴക്കാലങ്ങളിൽ ഇപ്രകാരം വലിയതോതിൽ നഷ്ടപ്പെടുന്നു. സമീപകാ ലത്ത് ഉഴുത്മറിച്ച കൃഷിസ്ഥലങ്ങൾ, സസ്യാവരണം കുറവായുള്ള ചരിവു ഭൂപ്രദേശ ങ്ങൾ, കട്ടപിടിക്കാത്ത മണ്ണിന്റെ ആവരണമുള്ള പ്രദേശങ്ങൾ എന്നിവിടങ്ങളിലാണ് പാളീയ പ്രവാഹത്തിന്റെ തീവ്രത കൂടുതലായി കാണുന്നത്. ഓരോ മഴക്കാലത്തും ചരിഞ്ഞ പ്രദേശങ്ങളിൽ നിന്ന് വളരെ ചെറിയ പാളി നഷ്ടപ്പെടുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ തുടർച്ചയായി കാര്യമായ പാളീയാപരദനത്തിന് ചില ഭൂപ്രദേശങ്ങൾ വിധേയമായിരി ക്കുന്നു എന്ന വസ്തുത വർഷങ്ങൾക്കുശേഷം മാത്രമേ നമ്മുടെ ശ്രദ്ധയിൽപ്പെടുകയു ള്ളൂ. മഴത്തുള്ളികൾ മൂലം മൺതരികൾക്കുണ്ടാകുന്ന തെറിക്കൽ അപരദനവും ചരി വുകളിലെ പാളീയാപരദനവും തമ്മിൽ വേർതിരിച്ചെടുക്കുക അത്ര പ്രായോഗികമല്ല.

ഭൗമോപരിതലത്തിൽ രൂപപ്പെടുന്ന ഏറ്റവും ചെറിയ നീർച്ചാലുകളെ റില്ലുകൾ (rills) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഭൂമിയിൽ ഒരിടത്തും ഉപരിതല ജലപ്രവാഹം അനന്തമായി തുട രുകയില്ല. ഉപരിതലത്തിൽ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന വളരെ ചെറിയ തോതി ലുള്ള ഉയർച്ചതാഴ്ചകൾ കാരണം പാളീയ പ്രാവഹം (sheet flow) അൽപ്പദൂരം താണ്ടു ന്നതോടെതന്നെ റില്ലുകളായി ഒഴുകാൻ തുടങ്ങുന്നു. ചാനൽ പ്രാവഹ (channel flow) ത്തിന്റെ പ്രകൃതിയിലെ ഏറ്റവും ചെറുമാതൃകകളാണ് റില്ലുകൾ. നീരൊഴുക്ക് റില്ലുക ളിൽ കേന്ദ്രീകരിക്കുന്നതുകൊണ്ട് ഒഴുക്ക് താരതമ്യേന കൂടുതൽ പ്രക്ഷുബ്ധമായിത്തീരു ന്നു. തന്മൂലം അപരദനത്തിന്റെ തീവ്രതയും കൂടിക്കൂടി വരുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി

റില്ലുകളുടെ ആഴവും ക്രമേണ വർദ്ധിക്കുന്നു. ചരിവുതലങ്ങളിൽ ഇപ്രകാരം രൂപപ്പെടുന്ന റില്ലുകൾ വഴിയുള്ള അപരദനത്തിനെ റിൽ അപരദനം (Rill erosion) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

റില്ലുകൾ ചരിവുതലങ്ങളുടെ കീഴ്ഭാഗത്തേയ്ക്ക് വരുന്നതോടെ അവ പരസ്പരം കൂടിച്ചേരുന്നതും താരതമ്യേന കൂടുതൽ വലിപ്പവും ആഴവും ഉള്ള നീർചാലുകളായി മാറുന്നതും കാണാം. റില്ലിന്റെ ആഴം 0.3 മീറ്ററിലധികമായാൽ അത് **ഗളി (Gully)** എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. കിഴുക്കാംതൂക്കായ പാർശ്വഭാഗങ്ങൾ ഗളികളുടെ പ്രത്യേകതയാണ്. ഗളികളിൽ മഴക്കാലത്ത് ശീഘ്രഗതിയിൽ ആഴത്തിലുള്ള അപരദനം സംഭവിക്കുന്നുണ്ട്. ഇത്തരത്തിലുള്ള അപരദനത്തെ **ഗളി അപരദനം (Gully erosion)** എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഗളി അപരദനം 10 മീറ്ററിനേക്കാൾ ആഴവും, 1000 മീറ്ററിനേക്കാൾ നീളവുമുള്ള നീർചാലുകളുടെ സൃഷ്ടിക്ക് കാരണമായിത്തീരുന്നുണ്ട്. ചരിവുതലങ്ങളിൽ ഒരിക്കൽ ഗളികൾ രൂപമെടുത്താൽ അവയുടെ തുടർന്നുള്ള വികാസ-പരിണാമങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുക തികച്ചും ശ്രമകരവും പലപ്പോഴും അസാധ്യവുമാണ്. റില്ലുകളും ഗളികളും, മുമ്പ് പ്രസ്താവിച്ചതു പോലെ ജലത്തിന്റെ പ്രവാഹത്തെ കേന്ദ്രീകരിയ്ക്കുന്ന ഭൂരൂപങ്ങളാണ്. അവയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ജലപ്രവാഹം താരതമ്യേന കൂടുതൽ വേഗതയുള്ളതും പ്രക്ഷുബ്ധവുമായിരിക്കും. അവയ്ക്ക് ഭൗമദ്രവ്യങ്ങളെ ഒഴുക്കിക്കൊണ്ടു പോകാനുള്ള കഴിവ് (Transportation capacity) താരതമ്യേന മറ്റു ഒഴുക്കുവഴികളെ അപേക്ഷിച്ച് ഏറിയിരിക്കും.

കൊളൂവിയം (Colluvium)

ഭൂമുഖത്തെ ചരിവുതലങ്ങളിൽ (slopes) സംഭവിക്കുന്ന പാളീയാപരദനം (sheet erosion) തെറിക്കൽ അപരദനം (splash erosion) എന്നീ രണ്ടുതരം അപരദന പ്രക്രിയകൾ നമ്മൾ ചർച്ച ചെയ്തല്ലോ. ഇവ കൂടാതെ ഭൂഗുരുത്വഫലമായി ക്രീപ് (creep) എന്നറിയപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയ മൂലവും ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ശിലാവസ്തുക്കൾക്ക് വളരെ മന്ദഗതിയിലുള്ള സ്ഥാനമാറ്റം സംഭവിക്കുന്നുണ്ട്. (ക്രീപ്പിനെക്കുറിച്ച് സെക്ഷൻ 4.2.3-ൽ വിശദമായി പ്രതിപാദിച്ചിട്ടുണ്ട്). ഈ മൂന്നു രീതിയിലും, ശിലാപദാർഥങ്ങൾ ചരിവുതലങ്ങളിൽ താഴ്ന്ന ഭാഗത്തേയ്ക്ക് നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്നതായി കാണാം. ഇവ ഒരുമിച്ചോ, ഏതെങ്കിലും ഒന്നോ അതിലധികമോ രീതികളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായോ, കുന്നുകളുടേയും ചരിവുതലങ്ങളുടെയും അടിവാരങ്ങളിൽ അടിഞ്ഞുകൂടുന്ന ശിലാപദാർഥങ്ങളുടെ കൂട്ടത്തെ മൊത്തമായി **'കൊളൂവിയം' (Colluvium)** എന്നുവിളിക്കുന്നു. കൊളൂവിയം പലതും അയഞ്ഞതും, പരസ്പരം ഇഴുകിച്ചേരൽ ഇല്ലാത്തതുമായ മണൽ, കളിമൺ തരികൾ എന്നീവയുടെ ഒരു സംയുക്തമായിരിക്കും. സിൽറ്റ് (silt) എന്നറിയപ്പെടുന്നത് മണൽതരികളേക്കാൾ ചെറുതും കളിമൺ തരികളേക്കാൾ വലിപ്പമുള്ളതുമായ ശിലാകണികകളാണ്. എക്കൽ നിക്ഷേപങ്ങളിലാണ് ഇവ സമൃദ്ധമായി കാണപ്പെടുന്നത്. ഇവയുടെ വലിപ്പം 1/256 മില്ലി മീറ്ററിനും 1/16 മില്ലി മീറ്ററിനും ഇടയ്ക്കായിരിക്കും. സിൽറ്റ് മുതൽ അവയേക്കാൾ വലിപ്പമേറിയ മണൽത്തരികൾ, ചരൽക്കല്ലുകൾ, പാറക്കഷണങ്ങൾ വരെ ഉൾപ്പെടുന്ന ശിലാവസ്തുക്കളുടെ ഒരു മിശ്രിതമാണ് കൊളൂവിയം. കൊളൂവിയം നിക്ഷേപത്തിന്റെ മേൽപ്രതലത്തിന്റെ ചരിവ് അത് സ്ഥിതി

ചെയ്യുന്ന ഭാഗത്തെ ചായ്മാനത്തിന്റെ സമാനദിശയിലായിരിക്കും. ചരിവുതലങ്ങളുടെയും കുന്നിൻ ചരിവുകളുടേയും താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ കൊളൂവിയൽ നിക്ഷേപങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളുന്ന ഭൗമപ്രക്രിയ മൊത്തത്തിൽ **'കൊളൂവിയേഷൻ' (Colluviation)** എന്ന പേരിലാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. പാളീയാപരദനം (sheet erosion) എന്നതുകൊണ്ട് എന്തു പ്രക്രിയയാണ് വിവക്ഷിക്കുന്നത്?
2. പ്രകൃതിയിൽ മഴത്തുള്ളികൾ കാരണമായുള്ള തെറിക്കൽ അപരദനം അഥവാ നീർതെറിപ്പ് അപരദനം എവിടെയാണ് സംഭവിക്കുന്നത്?
3. പാളീയാപരദനം നടക്കുന്നതിന് അനുകൂലമായ സാഹചര്യങ്ങൾ എന്തൊക്കെയാണ്?
4. റില്ലും (rill) ഗളിയും (gully) തമ്മിലുള്ള മുഖ്യ വ്യത്യാസം എന്താണ്?
5. കൊളൂവിയം എന്നതിനെക്കുറിച്ച് ഒരു ലഘുവിവരണം തയാറാക്കുക.

4.2.3 ഭൂദ്രവ്യ ശോഷണം/ഭൂദ്രവ്യചലനം (Mass wasting or Mass movements)

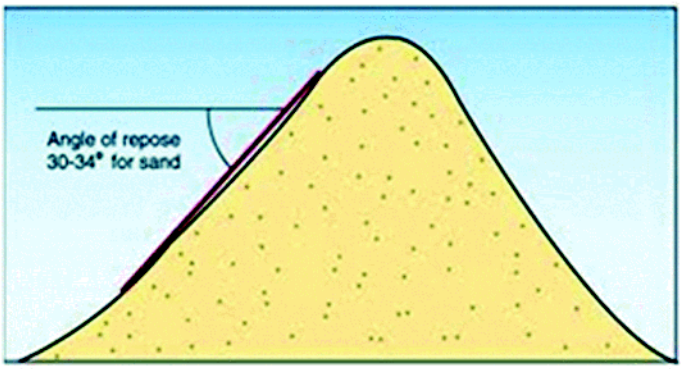
ഭൂമിയിലെ ഉപരിതലത്തിലെ ശിലാപദാർഥങ്ങൾ എല്ലാം തന്നെ ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന് വിധേയമായി ചരിവുതലങ്ങളിലൂടെ താഴേയ്ക്ക് ചലിക്കുവാനുള്ള പ്രവണത പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. ഭൂഗുരുത്വം മൂലം പാറകൾ, മണ്ണ് തുടങ്ങിയ ഭൗമപദാർഥങ്ങൾ ചരിവുതലങ്ങളിലൂടെ (slopes) താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളിലേയ്ക്ക് പ്രകൃത്യാതന്നെ നീങ്ങുന്നതിനെയാണ് **ഭൂദ്രവ്യശോഷണം (Mass wasting)** എന്നു വിളിക്കുന്നത്. ഈ നീങ്ങൽ വളരെ പതുക്കെയോ വേഗത്തിലോ അതിവേഗത്തിലോ സംഭവിക്കാം.

ഭൂദ്രവ്യം എന്ന പദം ഏറെക്കുറെ വ്യക്തവും ആകാരമുള്ളതുമായ അവസാദ പദാർഥങ്ങളുടെ ഒരു ശേഖരത്തേയോ, ശിലാദ്രവ്യ സമുച്ചയത്തെയോ, ഇപ്രകാരമുള്ള ശിലാഖണ്ഡങ്ങളേയോ കുറിയ്ക്കുന്നു. (അതായത്, ഒരു നിർദിഷ്ട സ്വഭാവം പ്രകടമാക്കുന്ന ശിലാദ്രവ്യ സമുച്ചയമോ ശിലകളെയോ ആണ് ഭൂദ്രവ്യം എന്ന പദം കൊണ്ട് ഉദ്ദേശിക്കുന്നത്).

ഒരു കീഴ്ക്കാംതൂക്കായ സ്ഥലത്ത് (cliff, escarpment) നിന്നോ, കുന്നുകളുടേയും പർവതങ്ങളുടെയും വശങ്ങളിലെ ചരിവുകളിൽ നിന്നോ ശിലാദ്രവ്യങ്ങൾ ഭൂഗുരുത്വം മൂലം താഴേയ്ക്കുള്ള സ്ഥാനമാറ്റത്തിന് വിധേയമാക്കുന്നുവെന്ന് പറഞ്ഞല്ലോ. ഇത് ഭൂരൂപങ്ങളിൽ കാലക്രമേണ പലമാറ്റങ്ങളും വരുത്തുന്നു. ഉയർന്നപർവതനിരകളെ താരതമ്യേന ഉയരക്കുറവുള്ള മലകൾ നിറഞ്ഞ മേടുകളായും കീഴ്ക്കാംതൂക്കായ നദീ ഗർത്തങ്ങളെ (canyons) നദികളുടെ ഇരുവശങ്ങളിലും സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന താഴ്വരകളോടു കൂടിയ രൂപത്തിലേക്കും മാറ്റുന്നത് ഭൂദ്രവ്യശോഷണമാണ്. ഇത് സങ്കീർണമായതും അനേകവർഷം നീണ്ടു നിൽക്കുന്നതുമായ ഭൗമ പ്രക്രിയയാണ്.

ഭൂമുഖത്ത് നിരന്തരം സംഭവിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുന്ന വിവിധയിനം അപരദന പ്രക്രിയകളിൽ (erosive processes) ഒന്നു മാത്രമാണ് ഭൂദ്രവ്യശോഷണം. ഇതിൽ ഭൂഗുരുത്വം (gravity) ആണ് പ്രധാന കാരകമായി (agent) വർത്തിക്കുന്നത് എന്ന വസ്തുത മുമ്പ് പറഞ്ഞുവല്ലോ. വിവിധതരം അപരദന കാരകങ്ങളെ (agent of erosion) കുറിച്ച് യൂണിറ്റ് 3-ൽ നിങ്ങൾ പഠിച്ച അവസരത്തിൽ ഭൂഗുരുത്വവും ഒരു അപരദന കാരകമാണെന്നും, അത് മറ്റ് അപരദന കാരകങ്ങളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി ഒരു നിഷ്ക്രിയ കാരകം (Passive agent) ആണെന്നും അക്കാരണത്താൽ അതിന് അപരദനക്ഷമമാകാൻ ഒരു മാധ്യമം (medium) ആവശ്യമായി വരുന്നില്ലെന്നും മനസ്സിലാക്കിയിരുന്നില്ലേ? എങ്കിലും കനത്തമഴ, ഭൂമികുലുക്കം മുതലായ ഘടകങ്ങളും ഭൂദ്രവ്യശോഷണ പ്രക്രിയക്ക് ആക്കം കൂട്ടാറുണ്ട്.

സൂക്ഷ്മാർഥത്തിൽ ഭൂദ്രവ്യശോഷണത്തിൽ മണ്ണ്, ജലവുമായി കലർന്ന മണ്ണ്, ശിലാശകലങ്ങൾ, മണ്ണും അതിൽ വളരുന്ന സസ്യങ്ങളും കൂടിക്കലർന്ന ഒരു മിശ്രിതം, ഹിമം, ഇപ്പറഞ്ഞവയുടെയെല്ലാം സമ്മിശ്രണം എന്നിവ വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകുന്ന കാരകങ്ങളുടെ (transporting agents) സഹായമില്ലാതെ തന്നെ ചരിവുതലങ്ങളിലൂടെ ഭൂഗുരുത്വബലത്തിന് വിധേയമായി താഴ്ന്ന ഭാഗങ്ങളിലേയ്ക്ക് സാവധാനമോ വേഗത്തിലോ നീങ്ങുന്നു. അപരദന പ്രക്രിയയിൽ ഭൂഗുരുത്വം ഒരു നിഷ്ക്രിയകാരകം (Passive agent) ആണെന്ന് മുമ്പ് പ്രസ്താവിച്ച കാര്യം ഓർത്തിരിയ്ക്കേണ്ടതാണ്. എന്നിരുന്നാലും ചിലതരം ഭൂദ്രവ്യശോഷണ പ്രക്രിയകളിൽ ജലത്തിന്റെ സാന്നിധ്യം ഒരു നിർണായക ഘടകമായി വർത്തിക്കുന്നത് കാണാം. ജലത്തിന്റെ സാന്നിധ്യം ശിലാവസ്തുക്കളുടെ ബലവും ഉറപ്പും കുറയ്ക്കുന്നു. ഇത് ഭൂദ്രവ്യശോഷണത്തിന് സഹായകമായിത്തീരുന്നു. ചില തരത്തിലുള്ള ഭൂദ്രവ്യശോഷണങ്ങൾ പലപ്പോഴും വലിയതോതിൽ ജീവനും സ്വത്തിനും അപകടകരമാകുന്നതിനാൽ അവയെ പ്രകൃതിദുരന്തങ്ങളുടെ പട്ടികയിൽപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 4.3 : മണലിന്റെ സ്വസ്ഥനിലക്കോൺ കാണിക്കുന്ന രേഖാചിത്രം

ചിത്രം 4.3 ൽ സ്വസ്ഥനിലക്കോൺ (Angle of repose) രേഖപ്പെടുത്തിയത് കാണുക. മണലോ ചരലോ കുമിച്ച് ഒരു കൂനയാക്കിയാൽ അതിന്റെ പാർശ്വഭാഗം ഇളകിവീഴാതെ സ്വസ്ഥമായ നിലയിൽ നിൽക്കുന്നത് കണ്ടിട്ടില്ലേ? ഇങ്ങനെ സംഗതി ചെയ്യുമ്പോൾ സ്വാഭാവികമായി ഒരു ചായ്മാനം കാണാം. മണ്ണ് മണൽ തുടങ്ങിയ അയഞ്ഞ വസ്തുക്കൾ കൂനയാകുമ്പോൾ കൂനയെ ആ രൂപത്തിൽ ഇളകാതെ നിലനിർത്തുന്ന കൂടിയ ചെരിവാണ് സ്വസ്ഥനിലക്കോൺ. വിഭിന്ന വസ്തുക്കളുടെ സ്വസ്ഥനിലക്കോണിനെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവ് റോഡ് നിർമാണത്തിൽ മൺചരി

വുകൾ സൃഷ്ടിക്കുമ്പോഴും മണ്ണിട്ട് ഉയർത്തിയ ബണ്ടുകൾ ഉണ്ടാക്കുമ്പോഴും അത്യന്താപേക്ഷിതമാണ്. അവയുടെ ചരിവുതലങ്ങൾ ഭൂദ്രവ്യശോഷണത്തിന് വിധേയമാകാതെ സുസ്ഥിരമായിരിക്കുവാൻ യുക്തമായ രൂപകല്പനയ്ക്ക് ഈ അറിവ് സഹായിക്കുന്നു. ഭൂഗുരുത്വം മൂലം ചരിഞ്ഞ ഭൂഭാഗങ്ങളിലൂടെ മണ്ണിന്റേയും മറ്റ് അയഞ്ഞ ഭൗമവസ്തുക്കളുടേയും താഴേയ്ക്കുള്ള നീക്കത്തെ പ്രതിരോധിക്കുന്നത് ഘർഷണം (friction) ആണ്. ഇത്തരം ശിലാദ്രവ്യങ്ങളുടെ ചായ്മാനം സ്വസ്ഥനിലക്കോൺ ആയിത്തീരുന്നതോടെ ഭൂഗുരുത്വാകർഷണവും അതിനെ പ്രതിരോധിക്കുന്ന ഘർഷണവും സന്തുലിതാവസ്ഥ കൈവരിക്കുന്നു. ഭൂമിയുമായി മനുഷ്യന്റെ ഇടപെടലുകളിൽ ഭൂചരിവുകൾ പ്രത്യക്ഷമായും പരോക്ഷമായും സ്വാധീനം ചെലുത്തുന്നതായി കാണാം. ഒരു സ്ഥലം കൃഷിക്കും താമസത്തിനും വനവൽക്കരണത്തിനും ചേർന്നതാണോ എന്ന് നിശ്ചയിക്കുന്നത് പ്രദേശത്തിന്റെ ചരിവ്, സ്ഥിരത തുടങ്ങിയ വിവിധ ഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചാണിരിക്കുന്നത്.

മുഖ്യമായും ചരിവുതലങ്ങളുടെ ചായ്മാനത്തെ ആശ്രയിച്ചാണ് ഭൂദ്രവ്യശോഷണ പ്രക്രിയയുടെ വേഗത വ്യത്യാസപ്പെടുന്നത്. ചിലയിടത്ത് ചരിവ് കുറവാണെങ്കിൽ മറ്റു ചിലയിടങ്ങളിൽ അവ ചെങ്കുത്തായവയായിരിക്കും. ഇക്കാരണത്താൽ ഈ പ്രദേശങ്ങളിലെ ഭൂദ്രവ്യശോഷണത്തിന്റെ സ്വഭാവവും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ഭൂദ്രവ്യശോഷണത്തിന്റെ സ്വഭാവം അഥവാ രീതിയെ ആശ്രയിച്ച്, അവയെ ക്രീപ്പ് (Creep), പതനം (Falls), കീഴ്മേൽ മറിച്ചിലുകൾ (Topples), വഴുതലുകൾ (Slides), ഫ്ളോ (Flows) എന്നിങ്ങനെ വിവിധ ഇനങ്ങളായി തരംതിരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

ക്രീപ്പ് (Creep)

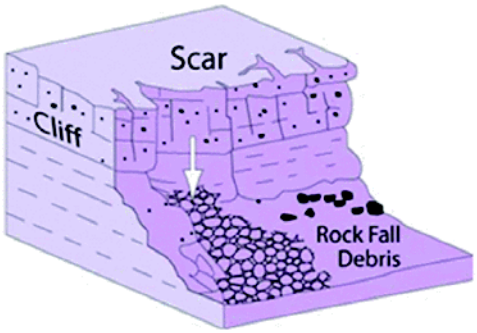
ഏറ്റവും മന്ദഗതിയിൽ സംഭവിക്കുന്ന ഭൂദ്രവ്യശോഷണമാണ് ക്രീപ്പ്. നിരന്തരം നിരീക്ഷിച്ചാൽ പോലും കാണാൻ കഴിയാത്തതും, അതീവ മന്ദഗതിയിലുള്ളതുമായ ഒരു അപരദന പ്രക്രിയയാണ് ക്രീപ്പ് (Creep). പ്രകൃതിയിലെ ചരിവുതലങ്ങളിൽ സ്ഥാപിച്ചിട്ടുള്ള വൈദ്യുത തൂണുകളുടെയും വേലിക്കല്ലുകളുടെയും പ്രായമേറിയ വൃക്ഷങ്ങളുടെയും തായ്ത്തടിയുടെ ലംബദിശയിൽ നിന്നുമുള്ള വ്യതിയാനം (ചിത്രം 4.4) ഭൂമുഖത്ത് ക്രീപ്പ് നടക്കുന്നുവെന്നതിന്റെ തെളിവാണ്. ചരിവുതലങ്ങളിൽ മേൽമണ്ണിന്റേയും

ചിത്രം 4.4 : ക്രീപ്പിന്റെ തെളിവുകൾ-ചരിവുകളിൽ മരങ്ങൾ വളയുന്നു വേലികൾ ചരിയുന്നു

ആവരണശില (regolith) യുടേയും അതീവ മന്ദഗതിയിലുള്ള താഴേക്കുള്ള നീങ്ങൽ **'സോയിൽ ക്രീപ്പ്' (soil creep)** അല്ലെങ്കിൽ സോലിഫ്ളക്ഷൻ (Solifluction) എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്ന ഒരു പ്രക്രിയയാണ്.

പതനം (Falls)

ദ്രുതഗതിയിൽ സംഭവിക്കുന്ന ഭൂദ്രവ്യശോഷണ പ്രക്രിയകളുടെ കൂട്ടത്തിൽപ്പെടുന്ന ഒന്നാണ് 'പതനം' (Falls). ശിലാഖണ്ഡങ്ങളും വലിപ്പമേറിയ ഉരുളൻകല്ലുകളും കുത്തനെയുള്ള ചരിവുകളിലും (steep slopes) ചെങ്കുത്തായ പാറക്കൂട്ടങ്ങളിലും (cliffs) നിന്ന് പൊട്ടിപ്പൊടിഞ്ഞ് താഴേയ്ക്ക് വീഴുന്ന പ്രക്രിയയാണ് പതനം (falls). വിള്ളലുകൾ, ശിലാസന്ധികൾ (joints) പാളികാപ്രതലങ്ങൾ (bedding planes) തുടങ്ങിയ പ്രതലങ്ങളിൽ പൊട്ടൽ സംഭവിക്കുകയും അവ സുഗമമായും സ്വതന്ത്രമായും ലംബദിശയിൽ താഴ്ന്ന ഭാഗങ്ങളിലേയ്ക്ക് ചാടിച്ചാടിയ രീതിയിലോ, ഉരുണ്ടോ നീങ്ങുമ്പോഴാണ് പതനം സംഭവിക്കുന്നത്. ഈവിധമുള്ള പതനത്തിലൂടെ കുന്നിൻചരിവുകളിലും പർവതസാനുക്കളിലും കാലാന്തരത്തിൽ അടിഞ്ഞു കൂടുന്ന ശിലാഖണ്ഡങ്ങളുടെ വൻ ശേഖരങ്ങൾ റ്റാലസ് (Talus), സ്ക്രീ (Scree) എന്നീ പേരുകളിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. പതനപ്രക്രിയയിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ശിലാദ്രവ്യങ്ങളുടെ സ്വഭാവത്തെ ആശ്രയിച്ച് ശിലാപതനം (rock fall), അവക്ഷിപ്ത പതനം (debris fall), എന്നിങ്ങനെയും അതിനെ വർഗീകരിക്കാം.



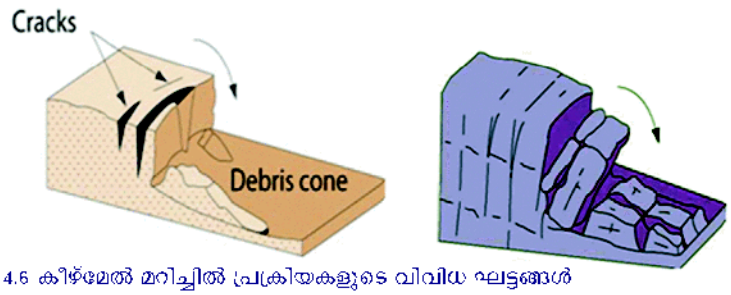
ചിത്രം 4.5 : കീഴ്ക്കാംതൂക്കായ പാറകളോട് ചേർന്നുള്ള ചരിവുകളിലെ ശിലാനിപതനം.

കീഴ്മേൽ മറിച്ചിൽ (Topples)

ഭൂഗുരുത്വത്തിന്റെ സ്വാധീനത്താൽ താരതമ്യേന താഴ്ന്നതലത്തിലുള്ള ഒരു ബിന്ദുവിനെ കേന്ദ്രീകരിച്ച്, ഒരു ശിലാഖണ്ഡമോ, ഒന്നിലധികം ശിലാഖണ്ഡങ്ങളോ മുന്നോട്ട് ഭ്രമണം ചെയ്ത് താഴ്ചയിലേക്ക് പതിക്കുന്നതിനെയാണ് കീഴ്മേൽമറിച്ചിൽ (topple) എന്നു പറയുന്നത് (ചിത്രം 4.6).

ഫ്ളോ (Flow)/പ്രവാഹം

ഈ രീതിയിലുള്ള ചലനപ്രക്രിയയിൽ പങ്കാളികളാകുന്ന ശിലാകണികകൾ പരസ്പരം കൂടിക്കലർന്ന് ഭാഗികമായി വിസ്കോസിറ്റി (viscosity) ഉള്ള ഒരു ദ്രവമെന്നപോലെ വർത്തിക്കുന്നു. പതനത്തിലേതുപോലെ കൂടിച്ചേർന്ന ഒരു നിശ്ചിതയൂണിറ്റ് ശിലാദ്രവ്യമല്ല ഫ്ളോപ്രക്രിയയിലൂടെ താഴേയ്ക്ക് നീങ്ങുന്നത്. ക്രമരഹിതമായി പലതും ചേർന്ന



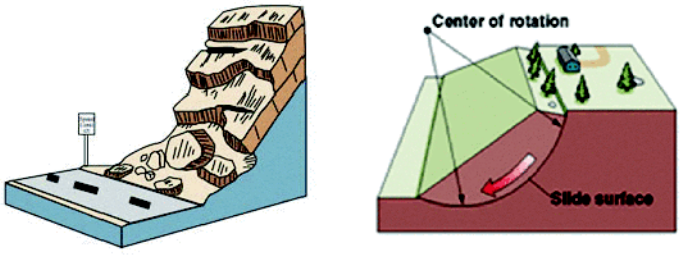
ചിത്രം : 4.6 കീഴ്മേൽ മറിച്ചിൽ പ്രക്രിയകളുടെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങൾ

സങ്കരമോ മിശ്രമോ ആയാണ് അത് താഴേക്ക് പോകുന്നത്. ഫ്ളോയ്ക്ക് വിധേയമാകുന്ന ഭൂദ്രവ്യങ്ങളുടെ സ്വഭാവമനുസരിച്ച് അവയെ വർഗീകരിക്കാം. **അവക്ഷിപ്ത ഫ്ളോ (Debris flow)**, **ചെളിയുടെ ഫ്ളോ (Mud flow)**, **സോയിൽ ഫ്ളോ (soil flow)** തുടങ്ങിയവ അവയിൽ ചിലതാണ്. വഴുതൽ പ്രക്രിയയിലും (slide) ഇടിഞ്ഞു വീഴലിലും (slump) നിരങ്ങി വീഴുന്ന ശിലാപദാർഥങ്ങളെ അതിനടിയിലുള്ള അടിസ്ഥാന ശിലാഭാഗത്തിൽ നിന്നും വേർതിരിക്കുന്ന വ്യക്തമായ ഒരു **വിച്ഛിന്നതാ പ്രതലം (surface of discontinuity)** കാണാം. എന്നാൽ ഫ്ളോയിൽ ഇത്തരത്തിലുള്ള ഒരു വിച്ഛിന്നതാ പ്രതലം നിലനിൽക്കുന്നില്ലെന്നും ഒഴുകലിന് വിധേയമാകുന്ന ശിലാവസ്തുവിന്റെ വേഗത താഴേക്ക് അനുക്രമം കുറഞ്ഞു വരുന്നുവെന്നും മനസ്സിലാക്കാം.

'ഇടിഞ്ഞുതാഴൽ' (subsidence) എന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്നത് ഒരു ഭൂപ്രദേശത്തെ ശിലാദ്രവ്യങ്ങൾ ഒന്നാകെ പ്രാന്തപ്രദേശങ്ങളുടെ തറനിരപ്പിനേക്കാൾ താഴ്ന്നു പോകുന്ന പ്രക്രിയയാണ്. ചരിവുതലങ്ങളിലും നിരപ്പായ ഭൂഭാഗങ്ങളിലും ഇടിഞ്ഞു താഴൽ സംഭവിക്കുന്നതായി കാണാം.

വഴുതൽ (Slides)

ഭൗമദ്രവ്യങ്ങളുടെ ഒരു സംയുക്ത മിശ്രിതത്തിന്റെ ചരിവുതലങ്ങളിലൂടെയുള്ള നിരങ്ങി നീങ്ങലുകളാണ് വഴുതലുകൾ. വഴുതലിന് വിധേയമാകുന്ന ഭൗമദ്രവ്യ മിശ്രിതത്തേയും അതിനടിയിലായി സ്ഥായിയായി നിലകൊള്ളുന്ന ശിലാവിഭാഗത്തേയും തമ്മിൽ വേർതിരിയ്ക്കുന്ന വ്യക്തമായ ഒരു വിച്ഛിന്നതാ പ്രതലത്തിലൂടെയാണ് വഴുതൽ പ്രക്രിയ സംഭവിയ്ക്കുന്നത്. വഴുതലുകൾ, **നിരപ്പ്തല വഴുതലുകൾ (Translational slides)**, **വർത്തുളതല വഴുതലുകൾ (Rotational slides)** എന്നിങ്ങനെ രണ്ടുതരമുണ്ട്. **ഇടിഞ്ഞു വീഴൽ (slumps)** വർത്തുളാകാരമായ പ്രതലത്തിലൂടെ സംഭവിക്കുന്ന വഴുതൽ പ്രക്രിയയാണ്. ഇവയിൽ സ്പൂണിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള ഒരു പ്രതലത്തിലൂടെയാണ് വഴുതൽ ഉണ്ടാകുന്നത്.



(a) (b)

ചിത്രം 4.7 : നിരപ്പ്തല വഴുതലുകളുടേയും വർത്തുളാകാര വഴുതലുകളുടേയും രേഖാചിത്രം.

ഉരുൾപൊട്ടൽ (Land slides)

അടിസ്ഥാനശില, റിഗോലിത്ത്, മണ്ണ്, മണ്ണിട്ട് നികത്തിയ സ്ഥലം ഇവയുടെയൊക്കെ സങ്കരങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ വൈവിധ്യമാർന്ന രീതിയിൽ താഴ്ന്ന ഭാഗങ്ങളിലേയ്ക്ക് സ്ഥാന ചലന വിധേയമാകുന്നതാണ് ഉരുൾപൊട്ടൽ (land slides). പതനം, കീഴ്മേൽ മറിച്ചിൽ, വഴുതൽ, ഫ്ളോ എന്നീ വ്യത്യസ്ത രീതികളിലാണ് ഉരുൾപൊട്ടലുകളിൽ ഭൂദ്രവ്യങ്ങൾ ചലന വിധേയമാകുന്നത്. ഏതുതരം പദാർഥങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്നുവെന്നതിനെയും ഗമനരീതിയേയും ആശ്രയിച്ച് ഉരുൾപൊട്ടലുകളെ വർഗീകരിക്കുന്നുണ്ട്. ഇത്തരം ഒരു വർഗീകരണം പട്ടിക 4.1 ൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്.

പട്ടിക 4.1 : ഉരുൾപൊട്ടലുകളുടെ വർഗീകരണം

ചലന സ്വഭാവം		പദാർഥത്തിന്റെ സ്വഭാവം		
		ആധാരശില	താരതമ്യേന പരുപരുത്തത്	താരതമ്യേന നേർത്തത്
പതനം		ശിലാപതനം	അവക്ഷിപ്ത പതനം	മൃത്തികാ-നിപതനം
കീഴ്മേൽ മറിച്ചിൽ		ശിലകളുടെ കീഴ്-മേൽ മറിച്ചിൽ	അവക്ഷിപ്ത കീഴ്മേൽ മറിച്ചിൽ	മൃത്തികാ കീഴ് മേൽ മറിച്ചിൽ
വഴുതൽ	വർത്തുളതലത്തിൽ	ശിലകളുടെ വഴുതൽ	അവക്ഷിപ്ത വഴുതൽ	മൃത്തികാ വഴുതൽ
	നിരപ്പുതലത്തിൽ			
പാർശ്വവ്യാപനം		ശിലാവ്യാപനം	അവക്ഷിപ്ത വ്യാപനം	മൃത്തികാ വ്യാപനം
ഫ്ളോ		ശിലാ ഒഴുകൽ	അവക്ഷിപ്ത ഒഴുക്ക്	മൃത്തികാ പ്രവാഹം
സങ്കീർണ്ണ ചലനം		രണ്ടോ അതിൽ കൂടുതലോ പ്രധാന തരത്തിലുള്ള ചലന രീതികൾ കൂടിച്ചേർന്നത്.		

അവലാഞ്ച്/ഹിമപാതം/മഞ്ഞുരുൾപൊട്ടൽ (Avalanches)

ശൈത്യമേഖലയിൽ ഹിമാവൃതമായ ഉന്നത പർവതപ്രദേശങ്ങളിൽ സംഭവിക്കുന്ന ഒരിനം ഭൂദ്രവ്യ ശോഷണമാണ് **അവലാഞ്ചുകൾ (Avalanches)**. മഞ്ഞും ഹിമവുമാണ് ഇതിലെ മുഖ്യ ഭൂദ്രവ്യങ്ങൾ. അവലാഞ്ചുകൾ മിക്കതും വളരെ ദ്രുതഗതിയിലുള്ളവയും അവയുടെ മാർഗത്തിൽ വിനാശം വിതയ്ക്കുവാൻ കെൽപ്പുള്ളവയുമാണ്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. അസംഘടിത ശിലാപദാർഥങ്ങൾക്ക് സ്വസ്ഥമായി നിലനിൽക്കാവുന്ന കോൺഅളവ് എത്ര?
2. ക്രീപ്പ് തീരെ വേഗത കുറഞ്ഞ പ്രക്രിയയാണ്. എങ്കിൽ ചരിവുകളിൽ ക്രീപ്പ് നടക്കുന്നുണ്ടെന്നതിന്റെ തെളിവ് എന്താണ്?
3. നിരപ്പുതല വഴുതലും വർത്തുളതല വഴുതലും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?
4. മഞ്ഞും ഹിമകണങ്ങളും ദ്രുതഗതിയിൽ താഴേക്ക് പതിക്കുന്ന പ്രക്രിയയുടെ പേരെന്ത്?

കേരളത്തിലെ ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ (Landslides in Kerala)

കേരളത്തിലെ ഉയരമേറിയ മലമ്പ്രദേശങ്ങളിൽ വിവിധതരം മലയിടിച്ചിലുകൾ സംഭവിക്കുന്നതായി കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. അവയിൽ താരതമ്യേന സർവസാധാരണമായത് അവക്ഷിപ്ത ശിലാ സമുച്ചയങ്ങളുടെ ഒഴുക്കാണ് (debris flow).പ്രാദേശികമായി 'ഉരുൾപൊട്ടൽ' എന്ന പേരിലാണ് ഇത്തരം മലയിടിച്ചിലുകൾ അറിയപ്പെടുന്നത്. മണ്ണ്, ഉരുളൻ പാറകൾ, പല വലിപ്പത്തിലുള്ള മറ്റു ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ, സസ്യജാലങ്ങൾ എന്നിവ ജലത്തോടൊപ്പം ദ്രുതഗതിയിൽ കുന്നിൽ ചരിവുകളിലൂടെ താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളിലേയ്ക്ക് ഒഴുകുന്ന ഒരു ഭൗമപ്രക്രിയയാണ് ഉരുൾപൊട്ടൽ. ഈ പ്രയാണത്തിൽ വഴിയിലുള്ള സർവതും ഇതോടൊപ്പം ഇടിഞ്ഞു കൂടെ ഒഴുകിപ്പോകുകയാണ് പതിവ്. പശ്ചിമഘട്ട പർവതനിരകളുടെ പടിഞ്ഞാറേ ചരിവിലുള്ള പ്രദേശങ്ങളാണ് ഉരുൾപൊട്ടലിന് സാധ്യതയേറിയ പ്രദേശങ്ങൾ. അനിയന്ത്രിതമായ മാനുഷിക ഇടപെടലുകൾ കാരണം ഈ പ്രദേശങ്ങളിലെ മലഞ്ചരുവുകളിലെ മണ്ണിന്റെ ആവരണത്തിന് കാര്യമായ ശോഷണം സംഭവിച്ചിട്ടുണ്ട്. തെക്കു പടിഞ്ഞാറൻ മൺസൂൺമഴക്കാലത്തും വടക്കു - കിഴക്കൻ മൺസൂൺ കാലത്തും മറ്റു കാലങ്ങളിലുമായി പശ്ചിമഘട്ട പ്രദേശത്ത് ഒരാണ്ടിൽ ലഭ്യമാകുന്ന ശരാശരി വർഷപാതം ഏകദേശം 500 സെ.മീ എന്ന് കണക്കാക്കിയിട്ടുണ്ട്.

തുടർച്ചയായി പെയ്യുന്ന കനത്ത മഴയാണ് ഉരുൾപൊട്ടലിന്റെ പ്രധാന കാരണം. കോഴിക്കോട്, കണ്ണൂർ, വയനാട് ജില്ലകളിലെ പശ്ചിമഘട്ട മലയടിവാരങ്ങൾ, തിരുവനന്തപുരം ജില്ലയിലെ അമ്പുരി, കോതമംഗലം, ഇടുക്കി എന്നീ പ്രദേശങ്ങളിലാണ് സമീപകാല ഉരുൾപൊട്ടലുകൾ ഉണ്ടായത്. ചിത്രം 4 -9 ൽ ഇടുക്കി ജില്ലയിലെ ഹൈറേഞ്ചിലെ ഒരു വാഹന പാതയിലെ ഉരുൾപൊട്ടൽ ദൃശ്യം കാണാം. ചിത്രം 4-10 ൽ കോതമംഗലത്തുണ്ടായ ഒരു ഉരുൾപൊട്ടലിന്റെ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

ചിത്രം 4.9 – ഇടുക്കി ജില്ലയിലെ മലയോര വാഹനപാതയിലെ ഉരുൾപ്പൊട്ടൽ

ചിത്രം 4.10 – കോതമംഗലത്ത് നടന്ന മലയിടിച്ചിലിന്റെ പ്രത്യാഘാതങ്ങൾ

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ഭൂപ്രദേശങ്ങൾ തിരശ്ചീനമായല്ല കാണപ്പെടുന്നത്. അവ വിവിധ അളവിൽ ചരിവ് പ്രകടമാക്കുന്നുണ്ട്. ചരിവുതലങ്ങളിൽ പ്രധാനമായി നടക്കുന്ന പ്രക്രിയകളാണ് തെറിക്കൽ അപരദനം, ഉപരിതല പ്രവാഹം, ഭൂദ്രവ്യശോഷണം എന്നിവ. അസംഘടിത ശിലാപദാർഥങ്ങളാൽ മൂടപ്പെട്ടതും, സസ്യാവരണമില്ലാത്തതുമായ ചരിവുകളുടെ രൂപമാറ്റങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് മേൽപറഞ്ഞ പ്രക്രിയകളാണ്. താഴേയ്ക്ക് പതിക്കുന്ന ശിലാപദാർഥങ്ങളുടെ സ്വഭാവത്തെയും വേഗതയേയും അടിസ്ഥാനമാക്കി ഭൂദ്രവ്യശോഷണ രീതികളെ പലതായി തരംതിരിക്കാവുന്നതാണ്.

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- ഭൂമിയിലെ ചരിവുതല പ്രക്രിയകളുടെ പ്രാധാന്യം വിശദീകരിക്കുന്നു.
- വിവിധതരം ചരിവുതല പ്രക്രിയകളെ തിരിച്ചറിയുകയും വർഗീകരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം.

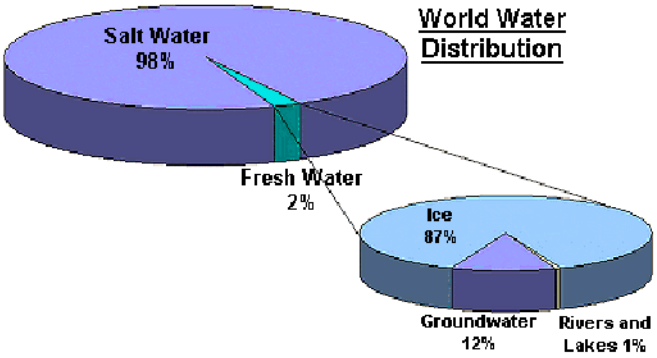
1. ഗുരുത്വാകർഷണത്തെ കൂടാതെ, ചരിവുതല നീക്കങ്ങളെ ഉദ്ദീപിപ്പിക്കുന്ന മറ്റ് ഘടകങ്ങൾ ഏവ?
2. ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ സ്വതന്ത്രമായി വായുവിലൂടെ താഴോട്ട് വീഴുന്ന ഭൂദ്രവ്യശോഷണ രീതി ഏത്?
3. ചരിവുതല നീക്കങ്ങളെ പ്രേരിപ്പിക്കുന്ന പ്രധാന ഘടകങ്ങൾ ഏവ?
4. പതനം, വഴുതൽ, പ്രവാഹം എന്നിവയെ വിശദീകരിയ്ക്കുക.
5. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പ്രസ്താവനകൾ ശരിയോ തെറ്റോ എന്ന് പറയുക.
   a) അവലാഞ്ച് സംഭവിക്കുന്നത് തണുപ്പ് രാജ്യങ്ങളിലും മഞ്ഞുമൂടിയ പ്രദേശങ്ങളിലുമാണ്.
   b) ഉരുൾപ്പൊട്ടലാണ് ഏറ്റവും വേഗത കുറഞ്ഞ ഭൂദ്രവ്യശോഷണ രീതി.
   c) ഇടിഞ്ഞു വീഴൽ ഒരു നിരപ്പുതതല വഴുതൽ പ്രക്രിയയാണ്.
   d) മണ്ണും ആവരണശിലയും ചരിവിലൂടെ വളരെ പതുക്കെ താഴോട്ട് നീങ്ങുന്ന പ്രക്രിയയാണ് സോളിഫ്ളക്ഷൻ.

5 ഭൂജലം
(GROUNDWATER)

K5E2Z1

5.1 ആമുഖം

ഭൗമോപരിതലത്തിലെ 70 ശതമാനത്തിലേറെ ഭാഗവും ജലത്താൽ ആവൃതമാണ്. ഈ ജലത്തിന്റെ 98 ശതമാനവും ലവണജലമാണ്. അവശേഷിക്കുന്ന 2 ശതമാനം മാത്രമാണ് ശുദ്ധജലമായുള്ളത്. ലോകത്തിലെ ശുദ്ധജലസ്രോതസ്സുകളുടെ 87 ശതമാനവും സംഭരിതി ചെയ്യുന്നത് ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിലെ ഹിമപാളികളിലും ഉന്നത പർവ്വത പ്രദേശങ്ങളിലെ ഉയർന്ന ഭാഗങ്ങളെ ആവരണം ചെയ്യുന്ന ഹിമാനികളിലുമാണ്. 12 ശതമാനം ശുദ്ധജലം, ഭൗമോപരിതലത്തിനു താഴെ ഭൂജലമായും മിച്ചമുള്ള ഒരു ശതമാനം നദികളിലും തടാകങ്ങളിലുമാണ് വിതരണം ചെയ്യപ്പെട്ടുകാണുന്നത്. മനുഷ്യരുടെ ശുദ്ധജലത്തിന്റെ പ്രധാന ഉറവിടം ഭൂജലമാണെന്നാണ് ഇപ്പറഞ്ഞതിൽ നിന്നും വ്യക്തമാകുന്നത്. എന്നാൽ ഭൂജലത്തിന്റെ ഏതാണ്ട് പകുതി മാത്രമെ നമ്മുടെ നിത്യോപയോഗത്തിന് പ്രയോജനപ്പെടുത്താവുന്നതായുള്ളു. ഭൂജലം ഭൂമിയിൽ ജീവന്റെ നിലനിൽപ്പിന് അതീവ ശ്രദ്ധയോടെ പരിപാലിക്കേണ്ട അമൂല്യ പ്രകൃതി വിഭവമാണ് എന്നാണ് ഈ വസ്തുത സൂചിപ്പിക്കുന്നത്.



5.1 ഭൂമിയിൽ ജലത്തിന്റെ വിതരണം കാണിക്കുന്ന ചിത്രം

ജലസ്രോതസ്സുകളെപ്പറ്റിയുള്ള ചർച്ചകളിൽ ആദ്യമായി ശ്രദ്ധയിൽപ്പെടുന്നത് നദികളിലേയും പുഴകളിലേയും തടാകങ്ങളിലേയും ജലമാണ് - അതായത് വിവിധ ഉപരിതല ജലസ്രോതസ്സുകളെയാണ്. ഭൗമോപരിതലത്തിന് താഴെയായി സംഭരിതിചെയ്യുന്ന ജലത്തെയാണ് ഭൂജലം എന്ന് പരാമർശിക്കുന്നത്. ആഗോളതലത്തിലും പ്രാദേശികമായും ലഭ്യമായ ഭൂജലത്തിന്റെ പരിമാണത്തെക്കുറിച്ച് വ്യത്യസ്ത കണക്കുകൾ നിലവിലുണ്ടെന്നുവരികിലും ഭൂമിക്കുള്ളിൽ വേണ്ടത്ര ജലമുണ്ടെന്ന കാര്യത്തിൽ ശാസ്ത്രജ്ഞർ ഏകാഭിപ്രായക്കാരാണ്.

ഭൂജലത്തെ ജലപരിവൃത്തി (hydrologic cycle) യിലെ ഭൂമിയിലെ ശിലകളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഭാഗമോ ഘടകമോ ആയി പരിഗണിക്കാം. അവസാദ ശിലകളിലെ തരികൾക്കിടയിലുള്ള ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളിലും (അന്തർകണികാ ഭാഗങ്ങൾ) എല്ലാതരം ശിലകളിലെ വിടവുകളിലും പൊട്ടലുകളിലും ആണ് ഭൂജലം സംഭരിക്കപ്പെടുന്നത്. വിഭിന്ന തരം ശിലകളിലും അവസാദ നിക്ഷേപങ്ങളിലും വ്യത്യസ്ത അളവിലാണ് ഭൂജലം കാണപ്പെടുന്നത്. ഭൂജലസ്രോതസ്സുകൾ വികസിപ്പിക്കുന്നതിലും അത് ശാസ്ത്രീയമായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നതിലും കഴിഞ്ഞ കുറെ ദശകങ്ങളിൽ വലിയ പുരോഗതി നാം നേടിയിട്ടുണ്ട്. ഭൂജലത്തിന്റെ അനിയന്ത്രിതമായ ചൂഷണം ഇന്ത്യയിലെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലും മറ്റു രാജ്യങ്ങളിലും വലിയ ജലക്ഷാമത്തിന് വഴിവെച്ചിട്ടുണ്ട്. മാത്രവുമല്ല, വ്യവസായശാലകളിൽ നിന്നും പുറന്തള്ളുന്ന മാലിന്യങ്ങൾ, ഗാർഹികമാലിന്യങ്ങൾ തുടങ്ങിയവ ഭൂജലമുൾപ്പെടെയുള്ള ജലസ്രോതസ്സുകളെ ഭയാനകമാംവിധം അനുദിനം മലിനീകരിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. വ്യത്യസ്ത രാസികവും ജൈവികവുമായ മലിനീകരണം ഭൂജലത്തിന്റെ ഗുണമേന്മയെ മിക്കപ്രദേശങ്ങളിലും കൂടുതൽ ദോഷകരമായി ബാധിക്കുന്നു.

5.2 ഭൂജലത്തിന്റെ സ്രോതസുകൾ (Sources of Groundwater)

മഴപെയ്യുമ്പോഴും മഞ്ഞു വീഴുമ്പോഴും ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ജലം എത്തിച്ചേരുന്നു. ഈ ജലത്തിന് തുടർന്ന് എന്തു സംഭവിക്കുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾ നിരീക്ഷിച്ചിട്ടുണ്ടോ?

മഴവെള്ളത്തിന്റെ ഒരു ഭാഗം ഭൂതലത്തിൽ നിന്ന് ക്രമേണ ഭൂമിക്കുള്ളിലേക്ക് അരിച്ചിറങ്ങുന്നു.

- **അന്തരീക്ഷജലം (Meteoric water)**

മഴ, മഞ്ഞ് മുതലായ രൂപങ്ങളിൽ അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിന്നും ഭൂമിയിൽ എത്തിച്ചേരുന്ന ജലത്തെ അന്തരീക്ഷജലം (meteoric water) എന്നു വിളിക്കുന്നു. അന്തരീക്ഷജലമാണ് ഭൂജലത്തിന്റെ സിംഹഭാഗവും. പ്രാദേശികതലത്തിൽ അന്തരീക്ഷജലത്തിന്റെ കാലികമായ ലഭ്യതയിലുള്ള വ്യത്യാസം കിണറുകളിലെ ജലവിതാനം വിവിധ ഋതുക്കളിൽ ഉയർന്നും താഴ്ന്നും കാണപ്പെടുന്നതിനു കാരണമാകുന്നു.

- **നവജാതജലം (Juvenile water)**

ഉരുകിയ ശിലാദ്രവമായ മാഗ്മ (magma) യിൽ നിന്ന് രൂപീകൃതമായി ഭൂജലത്തിന്റെ ഭാഗമായിത്തീരുന്ന ജലത്തെയാണ് നവജാതജലം (Juvenile water) എന്നു പറയുന്നു. മാഗ്മയിൽ നിന്നും ഭൂജലത്തിലേക്ക് എല്ലാ കാലത്തും നവജാതജലം എത്തിച്ചേരാണ്ടുണ്ടെന്നാണ് വിശ്വസിക്കപ്പെടുന്നത്. ജലചക്രത്തിലേയ്ക്കു പുതുതായി എത്തിച്ചേർന്ന ജലമെന്ന നിലയ്ക്കാണ് ഇതിന് നവജാതജലമെന്ന് നാമകരണം ചെയ്തിരിക്കുന്നത്.

- **നിസർഗജലം (Connate water)**

അവസാദശിലകളുടെ രൂപീകരണസമയത്ത് അവയുടെ കണികകൾക്കിടയിൽ ജലാംശം അകപ്പെടുന്നു. ആ ജലം ദീർഘകാലം അന്തർകണികാഭാഗങ്ങളിൽ തന്നെ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട സാഹചര്യങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് ഇത് ശുദ്ധജലമൊ ലവണജലമൊ ആകാം. ഇതിനെയാണ് നിസർഗജലം (connate water) അഥവാ

ഫോസിൽ ജലം എന്നു പറയുന്നത്. ഈ വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ജലവും ഭൂജലസ്രോതസുകളിലെ ഒരു ഘടകം തന്നെയാണ്.

5.3 സുഷിരതയും കടത്തിവിടൽ ശേഷിയും (Porosity & Permeability)

മഴ പെയ്യുമ്പോൾ എങ്ങനെയാണ് മഴവെള്ളം ഭൂമിക്കുള്ളിലേക്ക് താഴുന്നത്? മിക്ക ശിലകളിലും കണികകൾക്കിടയിൽ അസംഖ്യം സുഷിരങ്ങളോ മറ്റേതെങ്കിലും തരത്തിലുള്ള ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളോ (സന്ധികൾ, വിള്ളലുകൾ, ഭ്രംശതലങ്ങൾ മുതലായവ) അടങ്ങിയിരിക്കും. ഈ സുഷിരങ്ങളിലൂടെയാണ് ജലം ഭൂമിക്കുള്ളിലേക്ക് അരിച്ചിറങ്ങുന്നത്. ഭൂമിക്കുള്ളിൽ ഭൂജലത്തിന്റെ സംഭരണവും ശിലകളിലൂടെയുള്ള അതിന്റെ സഞ്ചാരവും ശിലാവസ്തുക്കളുടെ രണ്ട് പ്രധാന മാനദണ്ഡങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചാണിരിക്കുന്നത്. ഇവ സുഷിരത (porosity), കടത്തിവിടൽ ശേഷി (permeability) എന്നീ പേരുകളിലറിയപ്പെടുന്നു.

5.3.1 സുഷിരത (Porosity)

ശിലകളിൽ നൈസർഗികമായി കാണപ്പെടുന്ന സുഷിരങ്ങൾ അഥവാ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങൾ (open spaces) ആണ് പൊതുവെ ശിലകളുടെ സുഷിരത (porosity) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ശിലയിലേയോ മണ്ണിലേയോ മൊത്തം സുഷിരങ്ങളുടെ വ്യാപ്തവും ശിലയുടെയോ മണ്ണിന്റെയോ മൊത്തം വ്യാപ്തവും തമ്മിലുള്ള അനുപാതമായാണ് സരന്ധ്രത കണക്കാക്കുന്നത്. ഒരു ശിലയ്ക്കുള്ളിൽ ഉൾക്കൊള്ളാവുന്ന ജലത്തിന്റെ അളവിനെയാണ് അതിന്റെ സുഷിരത പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നത്. അത് ശിലയിലെ സുഷിരങ്ങളുടെ മൊത്തം വ്യാപ്തത്തെ ആശ്രയിച്ചാണിരിക്കുന്നതെന്ന് വ്യക്തമാണല്ലോ. സരന്ധ്രത ശതമാനത്തിലാണ് സാധാരണമായി രേഖപ്പെടുത്തുന്നത്. ഉദാഹരണത്തിന്, ഒരു ശിലയുടെ (ഉദാ: മണൽകല്ല്) സരന്ധ്രത 30% എന്നത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് 100 ഘന സെ.മി മണൽകല്ലിൽ 70% മാത്രമാണ് അതിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന യഥാർഥ ശിലാദ്രവ്യം എന്നും ബാക്കി 30% ശിലാതരികൾക്കിടയിലുള്ള സുഷിരങ്ങൾ അഥവാ ശൂന്യസ്ഥലമാണ് എന്നുമാണ് (ശൂന്യമാണെന്ന് പറയുന്നുവെങ്കിലും അന്തരീക്ഷവായുവോ വാതകങ്ങളോ അവിടെ സ്ഥിതിചെയ്യുന്നുണ്ട്). സുഷിരത പലഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. ശിലാതരികളുടെ ആകൃതി, തരികൾ ക്രമീകരിച്ചിരിക്കുന്ന രീതി, തരികളുടെ തരംതിരിവ്, കണികകൾ തമ്മിൽ പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന പ്രകൃതിദത്ത പദാർഥങ്ങളുടെ (സിമന്റ്) അളവ് എന്നിവയൊക്കെ അതിലുൾപ്പെടുന്നു. ഒരേ വലിപ്പമുള്ളതും, നന്നായി ഉരുണ്ട തരികളുമുള്ള, ഒരു ശിലയുടെ സുഷിരത, ഉരുണ്ടതും എന്നാൽ വ്യത്യസ്ത വലിപ്പത്തോടുകൂടിയ തരികളുള്ളതുമായ ശിലയേക്കാൾ സ്വാഭാവികമായും കൂടുതലായിരിക്കും. ചിലയിനം അവസാദ ശിലകളുടെ രൂപീകരണപ്രക്രിയയിൽ, വലിയ ശിലാതരികൾക്കിടയിലുള്ള ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളിൽ ചെറിയതരികൾ അകപ്പെടുകയും, തന്നിമിത്തം ശിലയിലെ ഒഴിഞ്ഞ ഭാഗങ്ങൾ കുറയുകയും ചെയ്യുന്നതുകൊണ്ടാണിത്. തുല്യവലിപ്പമുള്ളതും ഒരേ തരത്തിലുള്ള തരികളോടു കൂടിയതുമായ ശിലയ്ക്ക് ഉയർന്ന സുഷിരത ഉണ്ടായിരിക്കും. എന്നാൽ വ്യത്യസ്തതരം തരികളുടെ സാന്നിധ്യം ശിലയുടെ സുഷിരത കുറയ്ക്കുന്നു. അതേപോലെ ശിലാതരികൾക്കിടയിലുള്ള ഒഴിഞ്ഞ ഭാഗത്ത് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന സിമന്റ് പദാർഥത്തിന്റെ (സമീപസ്ഥകണികകളെ പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന പ്രകൃതിദത്ത പദാർത്ഥം) സാന്നിധ്യം ശിലയുടെ സുഷിരത കുറയ്ക്കുന്ന മറ്റൊരു ഘടകമാണ്. അതിനാൽ,

താരതമ്യേന സിമന്റ് പദാർഥം കുറഞ്ഞിരിക്കുന്ന അവസാദ ശിലകൾക്ക് സുഷിരത കൂടുതലായിരിക്കും.

പൊതുവെ പറഞ്ഞാൽ അവസാദ ശിലകൾക്ക് സുഷിരത കൂടുതലും പൊട്ടലുകളും വിള്ളലുകളും താരതമ്യേന കുറഞ്ഞിരിക്കുന്ന ആഗ്നേയ ശിലകൾക്കും കായാന്തരിത ശിലകൾക്കും സുഷിരത കുറവുമായിരിക്കും. ചുവടെ കൊടുത്തിട്ടുള്ള പട്ടിക ശിലകളുടെ പേരും അവയുടെ സുഷിരതയും കാണിക്കുന്നു.

പട്ടിക 5.1 : വിവിധ ശിലകളുടെ സുഷിരതാമൂല്യങ്ങൾ

ശില/ ഭൗമ വസ്തുക്കൾ	സുഷിരത ശതമാനത്തിൽ
കളിമണ്ണ് (clay)	45-55
മണൽ (sand)	35-40
എക്കൽ (alluvium)	20-30
മണൽക്കല്ല് (sand stone)	10-20
ഷേയ്ൽ (shale)	1-10
ഗ്രാനൈറ്റ് (granite)	1.5
സ്ലേറ്റ് (slate)	1.5
ചുണ്ണാമ്പ് കല്ല് (lime stone)	0.6 - 17
ബസാൾട്ട് (basalt)	0.6 - 1.3
മാർബിൾ (marble)	0.1 - 0.2

സുഷിരതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ശിലകളെ സുഷിരസമൃദ്ധശിലകളെന്നും (porous rock) സുഷിരദരിദ്രശിലകളെന്നും (non-porous rock) രണ്ട് വിഭാഗങ്ങളായി തിരിക്കാൻ സാധിക്കും.

എ) സുഷിരസമൃദ്ധ ശിലകൾ (Porous rocks)

ഉയർന്ന സുഷിരതയുള്ള ശിലകളാണിവ. ഉദാഹരണം മണൽക്കല്ല്, ചുണ്ണാമ്പ് കല്ല്,കളിമണ്ണ്, ലാറ്ററൈറ്റ്.

ബി) സുഷിരദരിദ്ര ശിലകൾ (Non-porous rocks)

സുഷിരത കുറഞ്ഞ ശിലകളാണ് സുഷിരദരിദ്ര ശിലകൾ. ഉദാ: ഗ്രാനൈറ്റ്, ബസാൾട്ട്, മാർബിൾ

5.3.2 കടത്തിവിടൽശേഷി (Permeability)

ശിലകൾ സുഷിരമയമായിരുന്നാൽ മാത്രമേ അതിൽ ജലം സംഭരിക്കപ്പെടുകയുള്ളൂ. എന്നാൽ ശിലയിലെ സുഷിരങ്ങൾ പരസ്പരം ബന്ധം പുലർത്തിയിരുന്നാൽ മാത്രമേ ശിലകൾക്കുള്ളിലൂടെ ഭൂജലം സഞ്ചരിക്കുകയുള്ളൂ. ശിലയിലെ അടുത്തടുത്തുള്ള സുഷിരങ്ങൾ എത്രത്തോളം പരസ്പരം യോജിച്ചിരിക്കുന്നു. എന്നതിന്റെ അളവിനെ ആ ശിലയുടെ കടത്തിവിടൽശേഷി (permeability) എന്നു പറയുന്നു. സുഷിരത ഒരു

ശിലയുടെ ജലസംഭരണ ശേഷിയെ സൂചിപ്പിക്കുമ്പോൾ കടത്തിവിടൽശേഷി ജലത്തെ അതിലൂടെ കടത്തി വിടാനുള്ള ശേഷിയെയാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്.

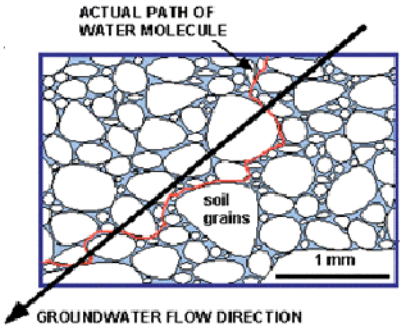
ശിലയിലെ അന്തർകണികാസുഷിരങ്ങളുടെ വലിപ്പം കൂടുതലാണെങ്കിൽ അതിലൂടെ കൂടുതൽ ജലം ഒഴുകുന്നു. അതുകൊണ്ടുതന്നെ സുഷിരങ്ങളുടെ വലിപ്പം കടത്തിവിടൽ ശേഷിയെ സ്വാധീനിക്കുന്ന മുഖ്യഘടകമാണ്. കടത്തിവിടൽശേഷിയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ശിലകളെ കടത്തിവിടൽശേഷി ശിലകളെന്നും (permeable rocks) കടത്തിവിടൽശേഷിയില്ലാത്ത ശിലകളെന്നും (impermeable rocks) രണ്ടു മുഖ്യ വിഭാഗങ്ങളായി താഴെ പട്ടിക 5.2 ൽ പറയും പ്രകാരം തരംതിരിക്കാം.

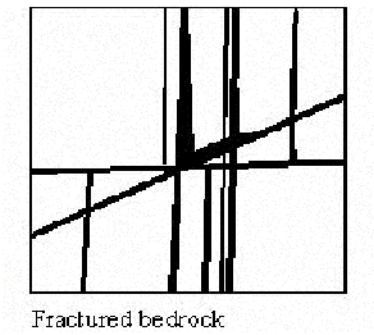
പട്ടിക 5.2 പ്രവേശികതയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ശിലകളെ തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്ന വിധം

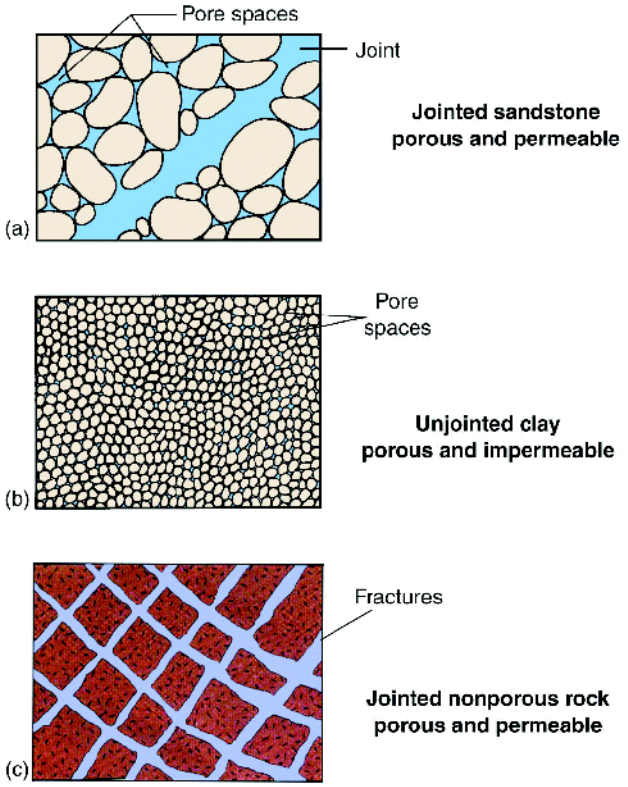
കടത്തിവിടൽശേഷിയുള്ള ശിലകൾ (Permeable rocks)	കടത്തിവിടൽശേഷിയില്ലാത്ത ശിലകൾ (Impermeable rocks)
മണൽക്കല്ല്	ഷേയ്ൽ
ലാറ്ററൈറ്റ്	കളിമണ്ണ്
മണൽ/ചരൽ	ചുണ്ണാമ്പുകല്ല്
മണ്ണ്	ഗ്രാനൈറ്റ്
വിള്ളലുകളുള്ള ആഗ്നേയ, കായന്തരിത ശിലകൾ	മാർബിൾ ബസാൾട്ട്

കടത്തിവിടൽശേഷിയുള്ള ശിലകളുള്ള പ്രദേശത്ത് ഉപരിതലജലത്തിന്റെ അരിച്ചിറങ്ങൽ (infiltration) താരതമ്യേന കൂടുതലായിരിക്കും. മറിച്ച്, ഒരു പ്രദേശത്തെ ശിലകൾ കടത്തിവിടൽശേഷിയില്ലാത്തതാണെങ്കിൽ അവിടെ ജലത്തിന്റെ അരിച്ചിറങ്ങൽ താരതമ്യേന കുറവും മേലൊഴുക്ക് (run off) കൂടുതലുമായിരിക്കും.

5.4 ഭൂജലത്തിന്റെ ലംബദിശയിലെ വിതരണം (Zonal Distribution of Groundwater)



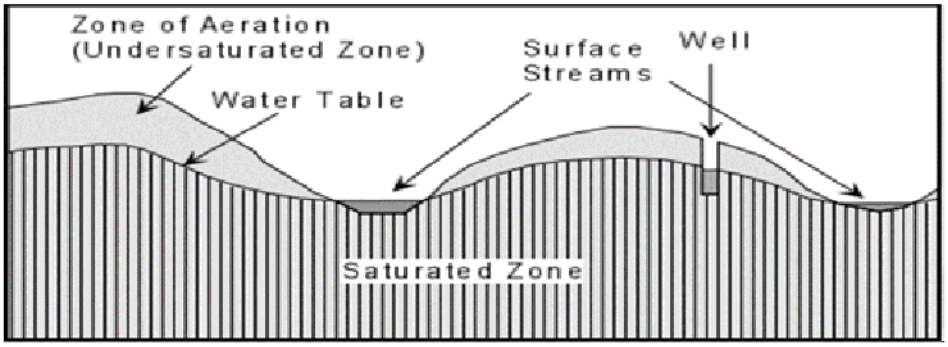




ചിത്രം - 5.2 ശിലകളുടെ സുഷിരതയും കടത്തിവിടൽശേഷിയും കാണിക്കുന്നു.

ഭൂമിയിൽ മിക്കയിടങ്ങളിലും ഒരു കിണർ കുഴിക്കുകയാണെങ്കിൽ കുഴി ആദ്യം കടന്നു പോകുന്നത് ശിലയിലെ തരികൾക്കിടയിലുള്ള സുഷിരങ്ങൾ ഭാഗികമായി ജലത്താലും ഭാഗികമായി വായുവിനാലും നിറഞ്ഞിരിക്കുന്ന ഒരു മേഖലയിലൂടെയായിരിക്കും. തുടർന്ന് കിണർ വീണ്ടും താഴ്ത്തുമ്പോൾ സുഷിരങ്ങൾ പൂർണ്ണമായും ജലം നിറഞ്ഞിരിക്കുന്ന ഒരു മേഖലയിലൂടെ അത് കടന്നുപോകും. ചിത്രം 5.3 ഇത് വിശദമാക്കുന്നു.

ഭൂജലത്തിന്റെ ലംബദിശയിലുള്ള വിതരണത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ഒരു നിർദിഷ്ട പ്രദേശത്ത് രണ്ട് പ്രമുഖമേഖലകൾ (Zones) നമുക്ക് തിരിച്ചറിയാൻ സാധിക്കും.



ചിത്രം 5.3 ഭൂജലത്തിന്റെ മേഖലകൾ

1. വാതകപൂരിത മേഖല (Zone of aeration or Unsaturated zone)

ശിലയിലെ സുഷിരങ്ങൾ ഭാഗികമായി വായുവിനാലും ഭാഗികമായി ജലത്താലും നിറഞ്ഞിരിക്കുന്ന മേഖലയാണിത്. (എന്നാൽ ആനുപാതികമായി വാതകമായ അന്തരീക്ഷവായുവാണ് പ്രധാനമായി ഈ മേഖലയിലെ സുഷിരങ്ങളിൽ വ്യാപിച്ചുകാണുന്നത്. അക്കാരണത്താലാണ് ഈ മേഖലയെ വാതകപൂരിതമെന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്). ഈ മേഖലയെ വാഡോസ് മേഖല (vadose zone) എന്നും വിളിക്കാറുണ്ട്.

(വാതകപൂരിത മേഖലയിൽ ജലാംശം ശിലാകണികകളുടെ പുറമെ പ്രതല ബലത്തെ ആശ്രയിച്ച് തങ്ങി നിൽക്കുന്ന ഭാഗം മാത്രമാണ്. ഭൂഗുരുത്വത്തെ പ്രതിരോധിച്ച് താഴേയ്ക്ക് ഊർന്നിറങ്ങാതെ നിൽക്കുന്ന ഈ ജലാംശം 'സസ്പെന്റഡ് ജലം' എന്ന പേരിലും അറിയപ്പെടുന്നു. സസ്യങ്ങൾ ഈ ജലമാണ് വേരുകളിലൂടെ ആഗിരണം ചെയ്യുന്നത്. ജലാംശം പരിപൂർണ്ണമായി നഷ്ടമാകുമ്പോൾ സസ്യങ്ങളുടെ ഇലകൾ വാടി കുഴഞ്ഞുകിടക്കുന്നതായി കാണാൻ കഴിയും.)

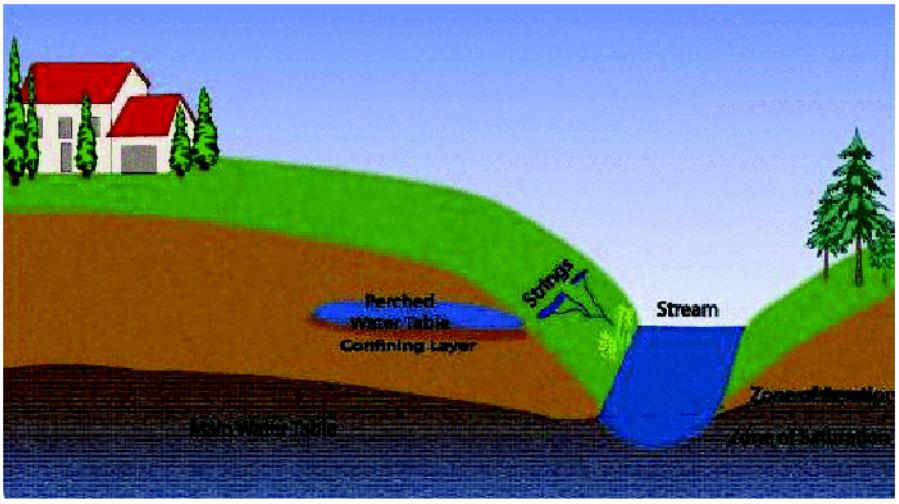
ഭൗമോപരിതലം മുതൽ താഴോട്ട് പൂരിതജലമേഖലവരെ (Zone of saturation) ഈ മേഖല വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്നു. ഈ മേഖലയിൽ ജലത്തിന്റെ ചലനം മുഖ്യമായും ലംബദിശയിൽ മുകളിൽ നിന്നും താഴോട്ടായിരിക്കും.

2. ജലപൂരിത മേഖല (Zone of saturation)

ശിലകളിലെ സുഷിരങ്ങൾ പൂർണ്ണമായും ജലം നിറഞ്ഞിരിക്കുന്ന മേഖലയാണിത്. ഇവിടെയുള്ള ജലമാണ് യഥാർഥത്തിൽ ഭൂജലം (Phreatic water or ground water) എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നത്. ഇത് ജലമർദ്ദത്തിന് വിധേയമാണ്. (ജലപൂരിത മേഖലയിൽ ഭൂജലത്തിന്റെ ചലനം തിരശ്ചീന ദിശയിലായിരിക്കും. ഈ ജലം പാർശ്വഭാഗങ്ങളിലേയ്ക്കും താഴേക്ക് ലംബദിശയിലും സ്വതന്ത്രമായി ഊർന്നിറങ്ങാൻ സഹായകമായ സാഹചര്യമുള്ളതാണ്.

ജലപൂരിതമേഖലയുടെ ഉപരിതലത്തെ ജലപീഠം (Water Table) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഒരു സ്വതന്ത്ര അക്യുഫറിലെ (aquifer) ഭൂജലത്തിന്റെ ഏറ്റവും മുകൾ പരപ്പിനെയാണിത് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. സാധാരണ കിണറുകളിലെ വെള്ളത്തിന്റെ മേൽപരപ്പ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ജലപീഠത്തെ തന്നെയാണ്. അതിനാൽ ഒരു വിസ്തൃത പ്രദേശത്തെ കിണറുകളിലെ ജലത്തിന്റെ മേൽപരപ്പ് രേഖപ്പെടുത്തി അവയെല്ലാം കൂട്ടി യോജിപ്പിച്ചാൽ ആ പ്രദേശത്തെ ജലപീഠത്തിന്റെ പ്രാദേശിക ഉയരവും ത്രിമാന രൂപവും മനസ്സിലാക്കാൻ കഴിയും. ഒരു നിർദിഷ്ട പ്രദേശത്തെ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും ജലപീഠത്തിലേക്കുള്ള ആഴം/താഴ്ച പല ഘടകങ്ങളേയുമാശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. അവയിൽ പ്രധാനപെട്ടവ, പ്രദേശത്തിന്റെ ഭൂപ്രകൃതി, ശിലകൾ, മഴയുടെ അളവ് (വർഷപാതം) എന്നിവയാണ്. ജലപീഠം മിക്കപ്പോഴും ഭൗമോപരിതലത്തിന് സമാന്തരമായാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. ഒരു പ്രദേശത്തെ ജലപീഠം ഒരേ നിരപ്പിൽ സുസ്ഥിരമായി എക്കാലവും നിലനിൽക്കുകയില്ല. മറിച്ച് ജലത്തിന്റെ ലഭ്യതയ്ക്കനുസരിച്ച് ഈ വിതാനം കാലാകാലങ്ങളിൽ ഉയർന്നും താഴ്ന്നുമിരിക്കും. പൊതുവെ, മഴക്കാലത്ത് ഇത് ഏറ്റവും ഉയർന്നും വരണ്ട ഉഷ്ണകാലത്ത് ഏറ്റവും താഴ്ന്ന നിലയിലുമായിരിക്കും. ഈ ഉയർന്നതും താഴ്ന്നതുമായ ജലവിതാനത്തിനിടയിലുള്ള മേഖലയെ ആവർത്തിതജലപൂരിത മേഖല (Zone of intermittent saturation) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

ചില സ്ഥലങ്ങളിൽ വാതക പൂരിതമേഖലയിൽ തന്നെ കെട്ടിനിൽക്കുന്ന ചെറുതൊ വലുതൊ ആയ ജലപൂരിത ഭാഗങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നു. (ഇത്തരം പൂരിത മേഖലകളിൽ നിന്നും കിണറുകളിലേയ്ക്ക് ജലം എത്തിച്ചേരാറുണ്ട്). ഇപ്പറഞ്ഞ ജലപൂരിത മേഖലയുടെ മുകൾപരപ്പിനെ പെർച്ച്ഡ് ജലപീഠം (Perched water table) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത് എല്ലായ്പ്പോഴും സ്ഥലത്തെ മുഖ്യ ജലപീഠത്തിന് മുകളിലായിരിക്കും സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്.



ചിത്രം 5.4 മുഖ്യ ജലപീഠത്തിനുമുകളിലായി പെർച്ച്ഡ് ജലപീഠം സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നു.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. പ്രകൃതിയിൽ എവിടെയാണ് ഭൂജലം സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്?
2. എന്തുകൊണ്ടാണ് അവസാദശിലകൾ ആഗ്നേയശിലകളേക്കാൾ കൂടുതൽ സുഷിരമയമായിരിക്കുന്നത്?
3. താഴെപറയുന്നവയിൽ ശരിയായ പ്രസ്താവന ഏത്? നിങ്ങളുടെ ഉത്തരം സാധൂകരിക്കുക.

   എ) എല്ലാ സുഷിരമയശിലകളും കടത്തിവിടൽശേഷിയുള്ള ശിലകളാണ്.

   ബി) കടത്തിവിടൽശേഷിയുള്ള എല്ലാ ശിലകളും സുഷിരതയുള്ളവയാണ്.

   സി) കടത്തിവിടൽശേഷിയുള്ള എല്ലാ ശിലകളും സുഷിരതയുള്ളവയല്ല.
4. ശിലകളിലെ ശൂന്യസ്ഥലങ്ങളെല്ലാം പൂർണ്ണമായും ജലം കൊണ്ട് നിറഞ്ഞിരിക്കുന്ന ഭൗമോപരിതലത്തിനു താഴെയുള്ള മേഖലയുടെ പേര് എന്താണ്?

5.5 ജലം സംഭരിക്കുന്നശിലകൾ (Water Bearing Formations)

ഭൂജലത്തെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നതിനും കടത്തിവിടുന്നതിനുമുള്ള ശേഷിയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ശിലകൾ ഏറെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ജലസംഭരണത്തിന്റേയും ജല സംവഹനത്തിന്റേയും ശേഷിയെ ആശ്രയിച്ച് ശിലകളെ അക്യുഫർ (Aquifer), അക്യിക്ലൂഡ് (Aquiclude), അക്യുഫ്യൂജ് (Aquifuge) എന്നിങ്ങനെ മൂന്നിനങ്ങളായി തരംതിരിച്ച് പഠനവിഷയമാക്കി വരുന്നു.

1. അക്യുഫർ (Aquifer): ഇത്തരം ശിലകൾ ഭൂജലത്തെ അവയിലൂടെ സ്വതന്ത്രമായി കടത്തിവിടുന്നതിനും സംഭരിച്ചു നിർത്തുന്നതിനും കഴിവുള്ളവയാണ്. പ്രകൃതിയിൽ ഭൂജലത്തിന്റെ യഥാർഥ സംഭരണ ശിലകളാണിവ. അക്യുഫർ ശിലകൾ എല്ലാം സുഷിരതയും കടത്തിവിടൽശേഷിയുള്ളവയുമാണ് (porous and permeable). മണൽക്കല്ല്, എക്കൽ എന്നിവ ഇതിന് നല്ല ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

2. അക്യുക്ലൂഡ് (Aquiclude): ഈ വിഭാഗത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന ശിലകൾക്ക് ജലത്തെ സംഭരിച്ച് നിർത്താനുള്ള കഴിവുണ്ട്. എന്നാൽ ജലത്തെ അവയിലൂടെ കടത്തിവിടാനാവില്ല. ഇത്തരം ശിലകൾ സുഷിരമയമാണെങ്കിലും കടത്തിവിടൽശേഷിയില്ലാത്തതിനാലാണ് ജലത്തെ പ്രവഹിപ്പിക്കാനാവാത്തത്. ഉദാ: കളിമണ്ണ് (clay).

3. അക്യുഫ്യൂജ് (Aquifuge): ഭൂജലത്തെ കടത്തി വിടാനോ ഉൾകൊള്ളാനോ കഴിയാത്ത തരം ശിലകളാണ് അക്യുഫ്യൂജുകൾ. ഇത്തരം ശിലകൾ സുഷിരദരിദ്രവും കടത്തിവിടൽശേഷിയില്ലാത്തവയും ആയിരിക്കും (Non-porous and impermeable). പൊട്ടലുകളും വിടവുകളും ഇല്ലാത്ത ആഗ്നേയ ശിലകളും ഇത്തരം കായാന്തരിത ശിലകളും അക്യുഫ്യൂജുകൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഗ്രാനൈറ്റ്, ബസാൾട്ട്, നൈസ് എന്നിവ ഇത്തരം ശിലകളിൽപ്പെടുന്നവയാണ്.

5.6 ബന്ധിതവും സ്വതന്ത്രവുമായ അക്യുഫറുകൾ (Confined and Unconfined aquifers)

ഒരു അക്യുഫർ അന്തരീക്ഷത്തിലേക്ക് തുറന്ന രീതിയിലാണെന്നിരിക്കട്ടെ, അതിലെ ഭൂജല അന്തരീക്ഷമർദത്താൽ മാത്രം സ്വാധീനിക്കപ്പെടുന്നതാണ്. ഈ അക്യുഫറിലെ ഭൂജലത്തിന്റെ ഉപരിതലം (ജലപീഠം) സ്വതന്ത്രമായി മുകളിലോട്ടോ താഴോട്ടോ ഉയരുവാനും താഴുവാനും കഴിവുള്ളതായിരിക്കും. ജലപീഠത്തിന് സ്വതന്ത്രമായി മേൽപ്പോട്ടോ താഴോട്ടോ ഉയരുവാനോ താഴുവാനോ ഉള്ള അവസ്ഥ നിലനിൽക്കുന്ന അക്യുഫറുകളെ സ്വതന്ത്ര (Unconfined aquifer) അക്യുഫറുകൾ എന്ന് വിളിയ്ക്കുന്നു.

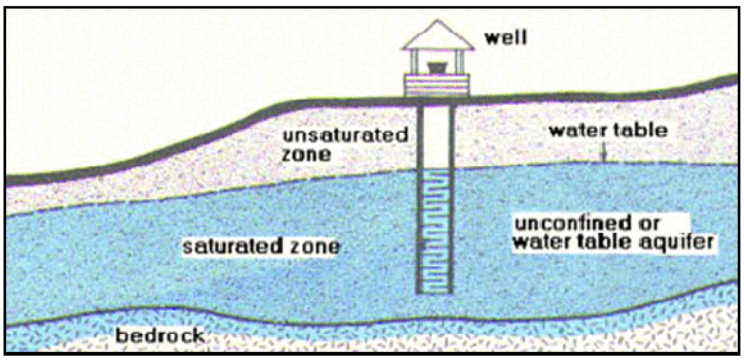
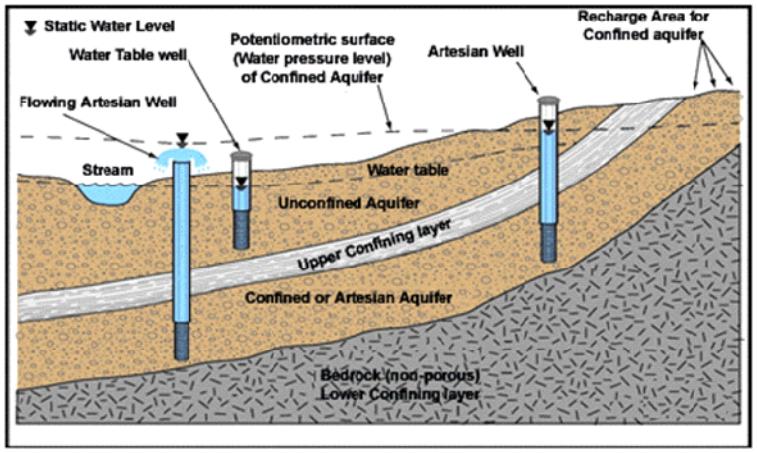


Fig 5.5 സ്വതന്ത്ര ജലഭൃതവും (Unconfined aquifer), സാധാരണ കിണറും

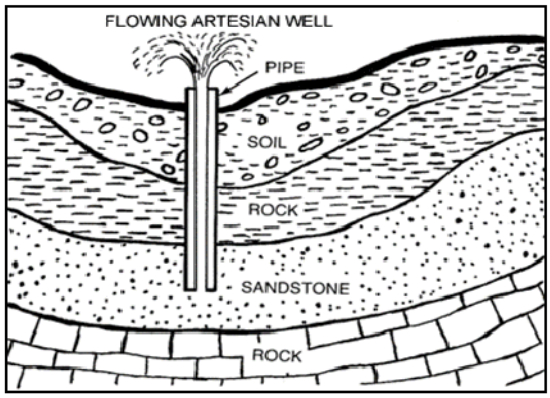
ഒരു പ്രദേശത്തെ ഭൂജലം അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന അക്യൂഫർ അതിന് മുകളിലും താഴെയും പ്രവേശികതയില്ലാത്ത (impermeable) ശിലാപാളികളാൽ ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ട അവസ്ഥയിലാണെങ്കിൽ അതിനെ ബന്ധിത അക്യൂഫർ എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കാം. അത്തരം സാഹചര്യത്തെ ബന്ധിതസാഹചര്യം (confined condition) എന്നു പറയാം. ബന്ധിത അക്യൂഫറിലെ (confined aquifers) ഭൂജലം അന്തരീക്ഷ മർദ്ദത്തേക്കാൾ ഉയർന്ന സമ്മർദ്ദത്തിന് വിധേയമായിരിക്കും. ഇത്തരം അക്യൂഫറിനെ ആർട്ടീഷ്യൻ അക്യൂഫർ (Artesian aquifer) എന്നു പറയുന്നു. ഇത്തരം അക്യൂഫറികളിലേക്ക് കുഴിച്ചിരിക്കുന്ന കിണറുകൾ ആർട്ടീഷ്യൻ കിണറുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നു. അവിടെ ഭൂജലം ഉയർന്ന മർദ്ദത്തിന് വിധേയമായി ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലേക്ക് കുഴൽകിണറിലൂടേയും മറ്റു രീതിയിലും പ്രവഹിക്കുന്നു. ഫ്രാൻസിൽ 1750 ൽ "ആർട്ടോയിസ്" (Artois) പ്രദേശത്താണ് ഈ അവസ്ഥ ആദ്യമായി നിരീക്ഷിക്കപ്പെട്ടതും പഠനവിധേയമാക്കിയതും. ഇന്ത്യയിലും വിവിധ പ്രദേശങ്ങളിൽ ഇത്തരം കിണറുകൾ കണ്ടുവരുന്നു. കേരളത്തിൽ ആലപ്പുഴ ജില്ലയിലെ മുഹമ്മയിൽ നിന്നും ആർട്ടീഷ്യൻ കിണർ റിപ്പോർട്ട് ചെയ്യപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.



ചിത്രം 5.6. ബന്ധിത ജലഭൃതവും ആർട്ടീഷ്യൻകിണറും.

മുകളിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രങ്ങൾ 5.5, 5.6, 5.7 എന്നിവ ശ്രദ്ധാപൂർവ്വം പഠിച്ച് താഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം കണ്ടെത്തുക.

1. എന്തുകൊണ്ടാണ് എല്ലാ ആർട്ടീഷ്യൻ കിണറുകളിൽ നിന്നും ഭൂജലം സ്വതന്ത്രമായി പുറത്തേയ്ക്ക് ഒഴുകാത്തത്?
2. പ്രകൃതിയിൽ ആർട്ടീഷ്യൻ കിണറുകൾ രൂപംകൊള്ളാനാവശ്യമായ സാഹചര്യങ്ങൾ എന്തൊക്കെയാണ്?



ചിത്രം 5.7 ആർട്ടീഷ്യൻ കിണറിന്റെ സചിത്രമായ രൂപരേഖ

3. സാധാരണ കിണറും ആർട്ടീഷ്യൻ കിണറും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം എന്തൊക്കെയാണ്?

5.7 വിവിധതരം കിണറുകൾ (Types of Wells)

ഭൂജലം ശേഖരിക്കുന്നതിനുവേണ്ടി ഭൂമിയിലേക്ക് ലംബമായി കുഴിച്ചിരിക്കുന്ന കുഴികളാണ് കിണറുകൾ. കിണറിന്റെ ഉദ്ദേശം, ഭൂവൈജ്ഞാനിക സാഹചര്യം, സാമ്പത്തിക ഘടകങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയൊക്കെ അടിസ്ഥാനമാക്കി കിണർ കുഴിക്കുന്നതിന് പല മാർഗങ്ങൾ അവലംബിക്കുന്നു.

1. സാധാരണ കിണർ/തുറന്ന കിണർ (Dug well/open well)

സാമാന്യം വിസ്തൃതിയിലും ചെറിയ ആഴത്തിലും അക്യുഫർ ശിലകളിലേക്ക് കുഴിക്കുന്ന കിണറുകളാണിവ. സാധാരണ കിണറിന്റെ ആഴം 20 മീറ്റർ വരെയും വ്യാസം 1 മുതൽ 10 മീറ്റർ വരേയും കാണപ്പെടുന്നു.

2. ട്യൂബ് വെൽ (Tube well)

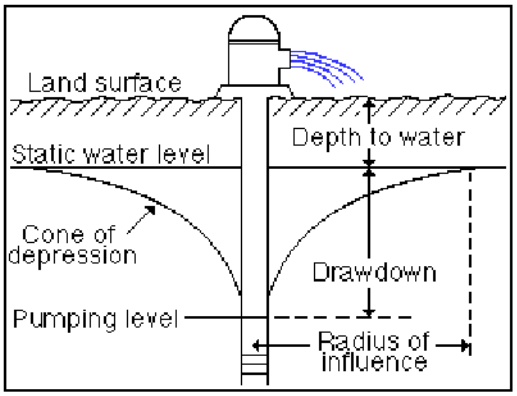
ഒരു അക്യുഫർ ശിലയിലേക്ക് ആഴത്തിൽ തുരന്ന്, 100-200 മി.മീറ്റർ വ്യാസമുള്ള സ്റ്റീൽ/PVC ട്യൂബ് അമർത്തിത്താഴ്ത്തി ജലം സംഭരിക്കുന്നയിനം കിണറുകളാണിവ. ട്യൂബിന്റെ കീഴ് അഗ്രത്തിൽ സ്ട്രെയിനർ (strainer) ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കും. മുകളിൽ ഘടിപ്പിച്ചിരിക്കുന്ന പമ്പ് ഉപയോഗിച്ച് കൃഷിക്കും ഗാർഹികാവശ്യത്തിനുമുള്ള ജലം ശേഖരിക്കുന്നു. ഇത്തരം കിണറിന്റെ ആഴം ആ പ്രദേശത്തെ ജലപീഠത്തിന്റെ ആഴവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

3. കുഴൽകിണർ/ബോർവെൽ (Bore well)

ദൃഢത കൂടിയ ശിലകളിലേക്ക് കൈകൾകൊണ്ട് പ്രവർത്തിപ്പിച്ചോ വൈദ്യുത പവർഓഗറുകൾ ഉപയോഗിച്ചു കൊണ്ടോ പാറതുരന്ന് നിർമിക്കുന്ന കിണറുകളാണിവ. കിണറിന്റെ പരമാവധി വ്യാസം 20 സെ.മീറ്ററും ആഴം 30 മീറ്ററിലധികവുമായിരിക്കും. താരതമ്യേന ആഴത്തിലുള്ള ഭൂജലത്തെയാണ് ബോർവെല്ലുകൾ പ്രധാനമായും ശേഖരിക്കുക.

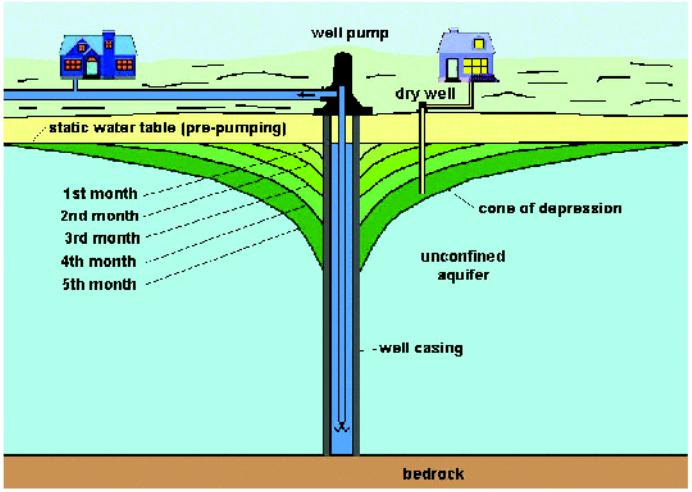
5.8 ഭൂജലബഹിർഗമനവും നിമ്നീകരണ സ്തൂപികവും (Ground water discharge and cone of depression)

നീരുറവ പോലുള്ള പ്രകൃത്യാലുള്ള ഭൂജലസ്രോതസുകളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി കൃത്രിമ മാർഗത്തിലൂടെ ഭൂജലം ശേഖരിക്കുന്നതിന് സാധാരണയായി ഉപയോഗിക്കുന്ന സംവിധാനമാണ് കിണറുകൾ. കിണറുകളിൽ നിന്ന് ഭൂജലം ശേഖരിക്കുമ്പോൾ പ്രാദേശികമായി ജലവിതാനത്തിന് (ജലപീഠത്തിന്) നിമ്നീകരണമുണ്ടാകുന്നു. ഒരു കിണറിൽ നിന്നും ഏറെനേരം ഭൂജലം അസാ



ചിത്രം 5.8 ഭൂജലബഹിർഗമനവും നിമ്നീകരണ സ്തൂപികയും.

ധാരണമാം വിധം ചൂഷണം ചെയ്താൽ അതിനുചുറ്റുമുള്ള പ്രദേശത്തെ ജലപീഠം ഒരു ചോർപ്പയുടെ (funnel) ആകൃതിക്ക് സദൃശ്യമായ രീതിയിൽ ക്രമേണ താഴുകയും അത് ഒരു സ്തൂപികയുടെ രൂപം പ്രാപിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സമീപത്തുള്ള നിരവധി കിണറുകളിൽ ഒരേ സമയം ജലചൂഷണം നടക്കുകയാണെങ്കിൽ തൽഫലമായുണ്ടാകുന്ന ജലവിതാന താഴ്ചയും (draw down) രൂപപ്പെടുന്ന നിമ്നീകരണ സ്തൂപികയും (Cone of depression) കിണറുകളുടെ സംയോജിത സ്വാധീനത്തിലായിരിക്കും. ഭൂജലബഹിർഗമനം നടന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു കിണറിൽ നിശ്ചിത ഇടവേളകളിൽ സംഭവിക്കുന്ന ഭൂജലതാഴ്ചയും അനുബന്ധ നിമ്നീകരണസ്തൂപികയുമാണ് ചിത്രത്തിൽ (5.9) കാണിച്ചിരിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 5.9 ഭൂജല താഴ്ചയും നിമ്നീകരണ സ്തൂപികയും

ഒരു കിണറിൽ നിന്നും ഭൂജലചൂഷണം നടക്കുമ്പോൾ അതിനു ചുറ്റും രൂപം കൊള്ളുന്ന നിമ്നീകരണ സ്തൂപിക സ്വാധീനം ചെലുത്തുന്ന പരമാവധി ദൂരത്തെ 'സ്വാധീന മേഖലാ വ്യാസാർധം' (Radius of Influence) എന്നു പറയുന്നു. ഈ സ്വാധീന മേഖലയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന കിണറുകളിലെയെല്ലാം ജലവിതാനത്തെ ഇത് ബാധിക്കുന്നു. ജലപീഠത്തിന്റെ ഇത്തരത്തിലുണ്ടാകുന്ന താഴ്ച ജലചൂഷണം നടക്കുന്ന കിണറിൽ നിന്നുമുള്ള അകലത്തിന് ആനുപാതികമായിരിക്കും.

നല്ല പ്രവേശികതയുള്ള ശിലകളിൽ നിമ്നീകരണ സ്തൂപിക കൂടുതൽ വിസ്തൃതവും താരതമ്യേന ചരിവ് കുറഞ്ഞ പാർശ്വങ്ങളോടു കൂടിയതുമായിരിക്കും. എന്നാൽ പ്രവേശികത കുറഞ്ഞ ശിലകളിൽ നിമ്നീകരണ സ്തൂപിക ഇടുങ്ങിയതും താരതമ്യേന ചരിവ് കൂടിയ പാർശ്വങ്ങളോട് കൂടിയതുമായിരിക്കും.

5.9 ഭൂജലപരിപോഷണം (Groundwater recharge)

കൃഷി, ഗാർഹികം, വ്യവസായം തുടങ്ങിയ വിവിധ മേഖലകളിൽ ഭൂജലത്തിന്റെ ഉപയോഗം ഏതാനും ദശകങ്ങളിലായി പലമടങ്ങ് വർധിച്ചിരിക്കുകയാണ്. ചില പ്രദേശങ്ങളിൽ വാർഷിക ഭൂജല ചൂഷണ നിരക്ക് വിവിധ സ്രോതസുകളിൽ നിന്നുള്ള മൊത്തം വാർഷിക പരിപോഷണ നിരക്കിനേക്കാൾ വളരെ കൂടുതലാണ്. ഇത്തരം പ്രദേശങ്ങളിൽ ഭൂജല ദൗർലഭ്യം അനുഭവപ്പെടുകയും കാർഷികതകർച്ച, തീരപ്രദേശങ്ങളാണെങ്കിൽ ലവണജല അധിനിവേശം, തറനിരപ്പിന്റെ താഴൽ തുടങ്ങിയ പല പ്രശ്നങ്ങൾക്കും

കാരണമായിട്ടുണ്ട്. ഭൂജലദൗർലഭ്യം പരിഹരിക്കാനുള്ള ഒരേയൊരു മാർഗം ഭൂജല സ്രോതസുകളെ കൃത്രിമ മാർഗ്ഗങ്ങളിലൂടെ പരിപോഷണം ചെയ്യുക എന്നത് മാത്രമാണ്. സാധാരണ നിലയിൽ മഴ, മഞ്ഞുവീഴ്ച, നദികളിൽ നിന്നും കായലുകളിൽ നിന്നും മറ്റുമുള്ള ജലം അരിച്ചിറങ്ങൽ (infiltration) തുടങ്ങിയ രീതികളിൽ പ്രകൃത്യാ തന്നെ ഭൂജലപരിപോഷണം നടക്കാറുണ്ട്. ഭൂജലപരിപോഷണത്തിനുള്ള കൃത്രിമ മാർഗങ്ങളിൽ ചിലത് താഴെ പറയുന്നു.

മഴവെള്ളത്തിന്റെ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ കൂടിയുള്ള മേലൊഴുക്ക് (Surface run off) കുറയ്ക്കുക, കുഴികളിലും ചാലുകളിലും മഴവെള്ളം ശേഖരിച്ച് നിർത്തുക, അങ്ങനെ സംഭരിച്ചവെള്ളത്തെ ഭൂമിയിലേക്ക് അരിച്ചിറങ്ങാൻ അനുവദിക്കുക.

- മഴവെള്ളക്കൊയ്ത്ത് (Rainwater harvesting) പ്രാദേശികമായി ജല പരിപോഷണത്തെ സഹായിക്കുന്നു.
- ഉപരിതലത്തിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ജലത്തെ ഉപയോഗശൂന്യമായ കിണറുകളിലും മറ്റും സംഭരിക്കുക.
- വനവൽക്കരണം നടത്തി, ജലത്തിന്റെ ബാഷ്പീകരണം മൂലമുള്ള നഷ്ടം കുറയ്ക്കുക.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. നിങ്ങളുടെ പ്രദേശത്ത് നിങ്ങൾ കണ്ട വിവിധതരം കിണറുകൾ ഏതൊക്കെയാണ്? അവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ എഴുതുക.
2. ഒരു പ്രദേശത്തെ സസ്യാവരണം കാരണം

എ) നീർമറി പ്രദേശത്ത് നിന്നുള്ള ജലത്തിന്റെ മേലൊഴുക്ക് (run off) വർധിക്കുന്നു.
ബി) നീർമറി പ്രദേശത്ത് നിന്നുള്ള ജലത്തിന്റെ മേലൊഴുക്ക് കുറയ്ക്കുന്നു.
സി) മേലൊഴുക്കിനെ ബാധിക്കുന്നില്ല.
ഡി) ഇതൊന്നുമല്ല.

3. ഭൂജലമേഖലയിൽ നിമ്നീകരണ സ്തൂപിക രൂപീകൃതമാവാൻ കാരണമെന്താണ്? നിമ്നീകരണ സ്തൂപിക അടുത്തുള്ള കിണറുകളെ എങ്ങനെയാണ് ബാധിക്കുക എന്ന് വിശദീകരിക്കുക.

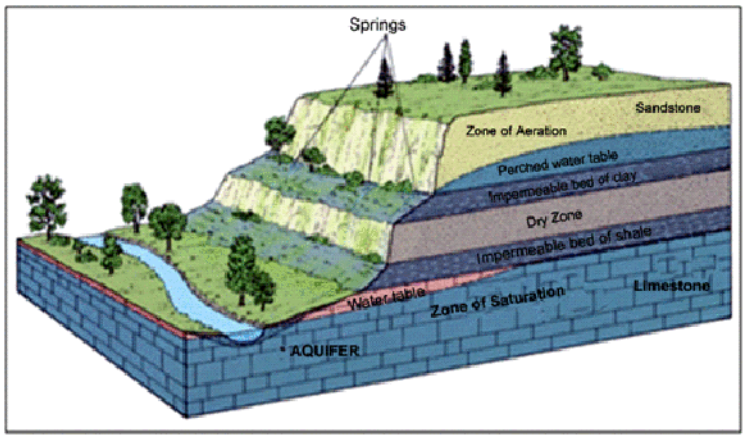
നമുക്ക് ചെയ്ത് നോക്കാം.

നിങ്ങളുടെ സമീപപ്രദേശത്തെ ഒരു കിണർ സന്ദർശിക്കുക. താഴെപറയുന്ന പ്രശ്നങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം എഴുതി ഒരു സന്ദർശനറിപ്പോർട്ട് തയാറാക്കുക.

1. സന്ദർശിച്ച പ്രദേശത്തെ പ്രാദേശിക ജലപീഠത്തിന്റെ താഴ്ച എത്രയാണ്?
2. വ്യത്യസ്ത ഋതുക്കളിൽ ജലപീഠത്തിന് വ്യതിയാനമുണ്ടാകുന്നതെന്തുകൊണ്ടാണ്?
3. ഭൂജലം ശേഖരിക്കുന്നതിന് ആ പ്രദേശത്ത് മുഖ്യമായും ഏതുതരം കിണറുകളാണ് നിർമിച്ചിരിക്കുന്നത്?
4. ആ പ്രദേശത്ത് കൃത്രിമ ഭൂജല പരിപോഷണ മാർഗങ്ങൾ എന്തെങ്കിലും നിലവിലുണ്ടെങ്കിൽ അവയെകുറിച്ച് വിവരിക്കുക.

5.10 നീരുറവ (Springs)

ഒരു പ്രദേശത്തെ ഭൂജലവിതാനം അഥവാ ജലപീഠം ഭൗമോപരിതലത്തിന് സമാനമായ ഉയർച്ച പ്രാപിക്കുമ്പോൾ ഭൂജലം ഭൂമിക്ക് പുറത്തേക്കൊഴുകുവാൻ തുടങ്ങും. ഭൂമിയിൽ പലപ്രദേശത്തും ഈ പ്രതിഭാസം കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഇത്തരത്തിൽ ഭൂജലം ഭൂമിക്ക് പുറത്തേക്ക് സ്വാഭാവികമായി പ്രവഹിക്കുന്നതിനെ നീരുറവ (spring) എന്നു പറയുന്നു. ഭൂമിക്കുള്ളിൽ നിന്നും ഉഷ്ണജലം പുറത്തേക്ക് ഗമിക്കുന്നതിനെ ഉഷ്ണ



5.10 നീരുറവ (Springs)

നീരുറവ (Hot springs) എന്നു വിളിക്കുന്നു (ചിത്രം 5.11) ഭൗമതാപത്താൽ ഭൂജലം ചൂടായി അത് ഭൂവൽക്കത്തിന് പുറത്ത് വരുമ്പോഴാണ് ഉഷ്ണനീരുറവ രൂപം കൊള്ളുന്നത്. ഭൂമുഖത്ത് പലഭാഗത്തും ഉഷ്ണനീരുറവ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. അമേരിക്കൻ ഐക്യനാടുകളിലെ യെല്ലോസ്റ്റോൺ ദേശീയോദ്യാനം (Yellow Stone National Park) പോലെ സജീവഅഗ്നിപർവ്വത മേഖലകളിൽ ചൂടുള്ള മാഗ്മയിൽ നിന്നും വമിക്കുന്ന താപത്താൽ ഭൂജലം ചൂടാക്കപ്പെടുന്നു. ക്രമമായ സമയഇടവേളകളിൽ ഉഷ്ണജലവും നീരാവിയും മാറിമാറി ബഹിർഗമിക്കുന്ന ഉഷ്ണനീരുറവകളെ ഗെയ്സറുകൾ (Geyser) എന്നാണ് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത് (ചിത്രം 5.12). ഇത്തരം ഗെയ്സറുകളിൽ നിന്നും ഏതാനും മീറ്ററുകൾ മുതൽ 100 മീറ്റർ വരെ ഉയരത്തിൽ ജലം പ്രവഹിക്കാറുണ്ട്.

ചിത്രം 5.11 അമേരിക്കയിലെ യെല്ലോസ്റ്റോൺ ദേശീയഉദ്യാനത്തിലെ ഉഷ്ണനീരുറവ.

അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനങ്ങൾ നടക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളോട് ചേർന്ന് കിടക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ ഉഷ്ണജല നീരുറവകളും ഗെയ്സറുകളും സാധാരണ ഒരുമിച്ച് കണ്ടുവരുന്നു. ഇത്തരം പ്രദേശങ്ങളിൽ ഭൂജലം മാഗ്മയുമായുള്ള സമ്പർക്കം മൂലം ചൂടാവുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. അമേരിക്കയിലെ യെല്ലോസ്റ്റോൺ ദേശീയോദ്യാനത്തിലെ ഓൾഡ് ഫേയ്ത്ത്ഫുൾ ഗെയ്സർ ഇതിന് ഒന്നാന്തരം ഉദാഹരണമാണ്. മിക്ക ഗെയ്സറുകളിലും നിശ്ചിത ഇടവേളകളിലാണ് ജല ബഹിർഗമനം നടക്കുന്നത്.

ചിത്രം 5.12 ഓൾഡ് ഫെയ്ത്ത്ഫുൾ ഗെയ്സർ,
യെല്ലോസ്റ്റോൺ നാഷണൽ പാർക്ക്, യു.എസ്.എ.

5.11 ഭൂജലത്തിന്റെ ജിയോളജിക്കൽ പ്രവർത്തനം (Geological work of Groundwater)

പ്രകൃതിയിൽ വ്യത്യസ്ത രൂപങ്ങളിൽ ജലം ഒരു പ്രധാന ജിയോളജിക്കൽ കാരകമായി വർത്തിക്കുന്നുവെന്ന് നിങ്ങൾ രണ്ടാമത്തെ അധ്യായത്തിൽ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. ഈ ഭാഗത്ത് ഭൂജലത്തിന്റെ ജിയോളജിക്കൽ പ്രവർത്തനം എന്താണെന്ന് സംക്ഷിപ്തമായി പഠിക്കാം.

ഭൂജലം മൂലമുള്ള അപരദനം മുഖ്യമായും രാസപ്രവർത്തനത്തിലൂടെയാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. ലേയത്വമുള്ള ശിലാഭാഗങ്ങളെ ജലത്തിൽ ലയിപ്പിച്ചുകൊണ്ടുള്ള ഒരു പ്രക്രിയയാണിത്. ഭൗതിക രൂപത്തിലുള്ള അപരദനം ഭൂജലത്തിന്റെ കാര്യത്തിൽ അപ്രസക്തമാണ്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ പ്രകൃതിയിൽ എല്ലാതരം ശിലകളും ഭൂജലത്തിന്റെ അപരദനത്തിന് വശംവദമാകുന്നില്ല. ശിലകളിലുള്ള വിടവുകളിലൂടെ ഭൂജലം കടന്നു പോകുമ്പോൾ ലേയത്വമുള്ള ശിലാഭാഗങ്ങൾ അതിൽ ലയിച്ചുചേരുന്നു. പ്രകൃതിയിൽ കാർബണേറ്റ് ശിലകൾ (ചുണ്ണാമ്പുകല്ല്, ഡൊളൊമൈറ്റ്, മാർബിൾ) സൾഫേറ്റുകൾ (ജിപ്സം) ക്ലോറൈഡുകൾ (റോക്ക് സാൾട്ട്) മുതലായവ അടങ്ങിയ ചിലതരം അവസാദശിലകൾ മാത്രമാണ് ഭൂജലത്തിന്റെ അപരദനത്തിന് വിധേയമാകുന്നത്. കാർബണേറ്റ് ശിലകളുടെ ഭൂജലത്തിലെ ലേയത്വം CO_2 ന്റെ അളവ്, ഊഷ്മാവ്, മർദ്ദം തുടങ്ങി പല ഘടകങ്ങളേയും ആശ്രയിച്ചാണിരിക്കുന്നത്. ശിലകളിൽ നിന്നും ലയിപ്പിച്ചെടുത്ത ശിലാപദാർഥങ്ങളെ ശിലകളിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന ഭൂജലം കടത്തിക്കൊണ്ടുപോവുകയും അനുകൂലമായ സാഹചര്യമുള്ള മറ്റ് സ്ഥലങ്ങളിൽ അവയെ നിക്ഷേപിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

5.11.1 അപരദന ഭൂരൂപങ്ങൾ (Erosional Features)

പ്രകൃതിയിൽ ചില സവിശേഷമായ ഭൂരൂപങ്ങൾ, ഭൂജലത്തിന്റെ അപരദന - നിക്ഷേപണ ഫലമായി രൂപം കൊള്ളാറുണ്ട്. പ്രധാന അപരദന ഭൂരൂപങ്ങളെ താഴെ സംക്ഷിപ്തമായി വിവരിച്ചിരിക്കുന്നു.

എ) സിങ്ക്ഹോളുകൾ (Sinkholes) സിലിണ്ടർ ആകൃതിയിലൊ, ഫണൽ ആകൃതിയിലൊ കാണപ്പെടുന്നതും ഭൂജലത്തിന്റെ പ്രവർത്തനഫലമായി രൂപമെടുക്കുന്നവവയുമായ വലിയ കുഴികളാണ് സിങ്ക്ഹോളുകൾ. ചുണ്ണാമ്പ്കല്ല് സമൃദ്ധമായ പ്രദേശങ്ങളിലാണ് ഭൂജലത്തിന്റെ അപരദനപ്രക്രിയ വഴി ഇവ രൂപം കൊള്ളുന്നത്. ചെറിയ വിടവുകളിൽ കൂടിയാണ് സിങ്ക്ഹോളുകൾ രൂപം കൊള്ളാൻ തുടങ്ങുന്നത്. ലയന പ്രക്രിയ പുരോഗമിക്കുന്നതോടൊപ്പം ചുണ്ണാമ്പ് ശിലകളുടെ കൂടുതൽ ഭാഗങ്ങൾ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുകയും വിടവ് വലുതാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ചില സിങ്ക്ഹോളുകൾ അനേകം മീറ്ററുകളോളം വ്യാസമുള്ളവയാണ്.

ബി. ഗുഹകളും ഗഹ്വരങ്ങളും (Caves and Caverns): കാർബണേറ്റ് ശിലാപ്രദേശങ്ങളിൽ ഭൂമിക്കുള്ളിൽ കാണപ്പെടുന്ന പരസ്പരം ബന്ധിപ്പിക്കപ്പെട്ട ഗുഹകളാണ് ഗഹ്വരങ്ങൾ (കാവേൺസ്/caverns). ഭൗമോപരിതലത്തിലേക്ക് തുറന്നിരിക്കുന്ന ഗഹ്വരങ്ങളെ ഗുഹകൾ (കേവ്സ്/caves) എന്നു പറയുന്നു. ചുണ്ണാമ്പ് ശിലകൾ ലയിച്ചുണ്ടാവുന്ന ഗുഹകളാണ് ഏറ്റവും കൂടുതലായി ഭൂമുഖത്ത് കാണപ്പെടുന്നത്. ചുണ്ണാമ്പുകല്ലിലാണ് ഇവ കൂടുതൽ കാണപ്പെടുന്നതെങ്കിലും ചോക്ക്, ഡോളൈമൈറ്റ്, മാർബിൾ, ജിപ്സം, ഉപ്പുപാറ തുടങ്ങിയ ശിലകളിലും ഗുഹകൾ രൂപം കൊള്ളാറുണ്ട്. ഇത്തരം ഗുഹകൾ വലിപ്പത്തിൽ ഏറെ വ്യത്യാസം കാണിക്കുന്നുണ്ട്. അമേരിക്കയിലെ മാമത്ത് ഗുഹ (ചിത്രം 5.13) വളരെ വലിയ ഒരു ഗുഹയാണ്. ഗുഹകളുടേയും ഗഹ്വരങ്ങളുടേയും മൊത്തത്തിലുള്ള പ്രകൃതം, ബന്ധപ്പെട്ട വിടവ്, ശിലകളിലെ പാളികളുടെ പ്രത്യേകത തുടങ്ങിയവയാൽ സ്വാധീനിക്കപ്പെടുന്നു. ഭൂജലത്താൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന ബൃഹത്തായ ഗുഹകളും ഗഹ്വരങ്ങളും മിക്ക രാജ്യങ്ങളിലും കാണപ്പെടുകയും അവയെല്ലാം വിനോദസഞ്ചാര രംഗത്ത് പ്രശസ്തങ്ങളുമാണ്.

5.11.2 നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങൾ (Depositional Features)

ഭൂജലവിതാനത്തിന് മുകൾ ഭാഗത്ത് കാണുന്ന ചുണ്ണാമ്പുകല്ല് പ്രദേശത്തെ ഒരു ഗുഹ പരിഗണിക്കുക. ഈ ഗുഹയുടെ മേൽത്തട്ടിൽ നിന്നും $CaCO_3$ ലയിച്ചു ചേർന്ന ഭൂജലം പ്രവേശിക്കും. ഈ ജലം ബാഷ്പീകരിക്കുമ്പോൾ അതിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന $CaCO_3$ അവിടെത്തന്നെ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രക്രിയ തുടരുമ്പോൾ ഗുഹയുടെ മുകളിൽ നിന്നും താഴേക്ക് തൂങ്ങി നിൽക്കുന്ന രീതിയിൽ $CaCO_3$ ന്റെ ഒരു കോളം വളരുന്നു. ഇവയെ സ്റ്റാലക്ടൈറ്റുകൾ (Stalactite) എന്നു വിളിക്കുന്നു. $CaCO_3$ നാൽ പൂരിതമായിരിക്കുന്ന ജലത്തുള്ളികൾ ഗുഹയുടെ മുകളിൽ നിന്നും തുള്ളി തുള്ളിയായി താഴേക്ക് വീഴുമ്പോൾ ഗുഹയുടെ അടിത്തറയിൽ ഈ ജലം ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുന്നു. ജലത്തിലെ $CaCO_3$ തറയിൽ നിക്ഷേപിക്കപെടുകയും ക്രമേണ മുകളിലേക്ക് വളരുകയും ചെയ്യുന്നു. തറയിൽ നിന്നും മുകളിലേക്ക് വളരുന്ന ഈ $CaCO_3$ നിക്ഷേപങ്ങളെ സ്റ്റാലഗ്മൈറ്റുകൾ (Stalagmite) എന്നാണ് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. സ്റ്റാലക്ടൈറ്റുകളും സ്റ്റാലക്മൈറ്റുകളും മീറ്ററുകളോളം ഉയരം ഉള്ളവയും പരസ്പരം കൂടിച്ചേർന്ന് പിൽക്കാലത്ത് തൂണുകളായി മാറുകയും ചെയ്യാറുണ്ട്. ചിത്രം 5.15(a)

മാമോത്ത് ഗുഹ (The Mammoth Cave)

ഭൂജലത്തിന്റെ ജിയോളജിക്കൽ പ്രവർത്തനം വഴി രൂപമെടുക്കുന്ന ഗുഹകളും (caves) ഗഹ്വരങ്ങളും (caverns) നിരവധി രാജ്യങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. അമേരിക്കൻ ഐക്യ നാടുകളിലെ കെണ്ടകി എന്ന സ്ഥലത്ത് കാണപ്പെടുന്ന മാമോത്ത് ഗുഹ ലോക പ്രശ സ്തമാണ്. ലോകത്തിലെ ഏറ്റവും നീളം കൂടിയ ഈ ഗുഹാ വ്യൂഹത്തിന്റെ നീളം ഏക ദേശം 500 കി.മീ ആകുന്നു.

ചിത്രം 5.13 അമേരിക്കൻ ഐക്യനാടുകളിലെ കെണ്ടകിയിലെ മാമോത്ത് ഗുഹ.

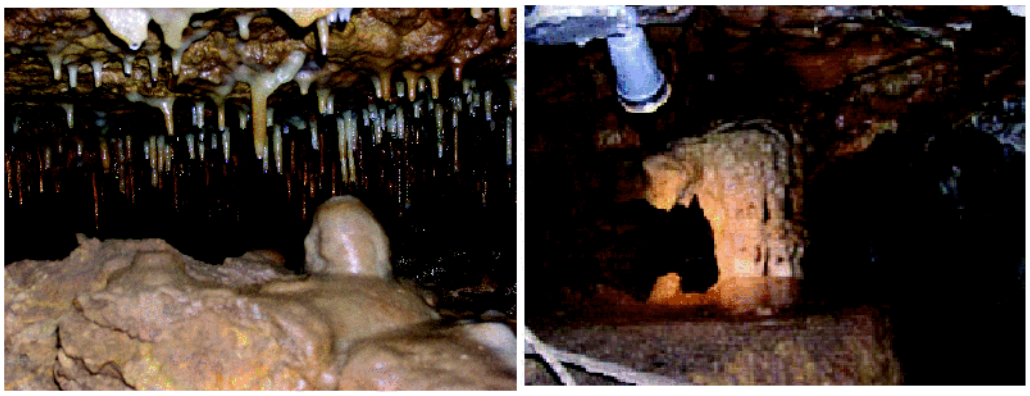
താഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രം 5.14 സ്റ്റാലാക്ടൈറ്റുകളും സ്റ്റാലഗ്മൈറ്റുകളും കാണപ്പെ ടുന്ന ചുണ്ണാമ്പ് ശിലകളിലുള്ള മാമോത്ത് ഗുഹയുടെ അതിമനോഹരമായ ഉൾഭാഗം എടുത്ത് കാണിക്കുന്നു.

ചിത്രം 5.14 മാമോത്ത് ഗുഹയുടെ അതിമനോഹരമായ ഉൾഭാഗം

ഒരു ചുണ്ണാമ്പുകല്ല് ഗുഹയിലെ സ്റ്റാലക്ടൈറ്റുകളെയും സ്റ്റാലഗ്മൈറ്റുകളെയും ചിത്രം 5.15 (b) ഒരു സ്റ്റാലക്ടൈറ്റും സ്റ്റാലഗ്മൈറ്റും കൂടിച്ചേർന്ന് കുത്തനെയുള്ള കോളം രൂപപ്പെട്ടതിനെയും സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

ട്രാവെർട്ടൈനും (Travertine) സിലിക്ക സിന്ററും (Silicious sinter)

ചുണ്ണാമ്പുകല്ല് പ്രദേശത്തു നിന്നും ബഹിർഗമിക്കുന്ന നീരുറവയിൽ ധാരാളം $CaCO_3$ ലയിച്ചിരിക്കുമല്ലോ. നീരുറവയിലൂടെ പുറത്തുവരുന്ന ജലം ബാഷ്പീകരിക്കപ്പെടുമ്പോൾ



(a) (b)

ചിത്രം 5.15 ഒരു സ്റ്റാലക്ടൈറ്റും സ്റ്റാലഗ്മൈറ്റും കൂടിച്ചേർന്ന് കുത്തനെയുള്ള കോളം രൂപപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

അതിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന $CaCO_3$ നീരുറവയുടെ വായ്ഭാഗത്ത് തന്നെ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. ഇവയെ ട്രാവെർട്ടൈൻ (Travertine) എന്നു പറയുന്നു. ഇങ്ങനെ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന വസ്തു (SiO_2) സിലിക്ക (Silica) യാണെങ്കിൽ നിക്ഷേപത്തെ സിലിക്ക സിന്ററുകൾ (Siliceous Cinter) എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്.

കാസ്റ്റ് ഭൂപ്രകൃതി (Karst Topography)

ഒരു ചുണ്ണാമ്പ്ശിലാ പ്രദേശത്ത് ധാരാളം സിങ്കുഹോളുകൾ, ഗുഹകൾ, ഗഹ്വരങ്ങൾ തുടങ്ങിയ ഭൂരൂപങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്ന ക്രമരഹിതമായ ഭൂപ്രകൃതിയെയാണ് കാസ്റ്റ് ഭൂപ്രകൃതി (Karst topography) എന്നപദം കൊണ്ട് ഉദ്ദേശിക്കുന്നത്. കാസ്റ്റ് പ്രദേശത്ത് ഉപരിതല ജലസ്രോതസുകൾ കാണുകയില്ല. ഈ പ്രത്യേക ഭൂപ്രകൃതി രൂപംകൊള്ളുന്നത് ഭൂജലത്തിന്റെ അപരദന-നിക്ഷേപണ പ്രവർത്തനം വഴിയാണ്. വടക്ക് പടിഞ്ഞാറൻ ഇറ്റലി, യൂഗോസ്ലാവിയ തുടങ്ങിയ രാജ്യങ്ങളിൽ കാസ്റ്റ് ഭൂപ്രകൃതി നന്നായി രൂപം കൊണ്ടിട്ടുണ്ട്. ലോകത്തിലെ മറ്റു പല ഭാഗങ്ങളിലും ഈ ഭൂപ്രകൃതി കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. (ചിത്രം 5.16)

ചിത്രം 5.16 ചുണ്ണാമ്പ് കല്ല് ഭൂപ്രദേശത്ത് കാണപ്പെടുന്ന കാസ്റ്റ് ഭൂപ്രകൃതി.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ഭൂജലം ആകെ ജലസ്രോതസുകളുടെ 1.8 ശതമാനം മാത്രമാണുള്ളത്. ഭൂജലം ഭൂമിയിൽ പല മേഖലകളിലും സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. ഇവയെക്കുറിച്ചുള്ള അറിവ്, കിണറുകൾ നിർമിക്കുന്നതിനും ജലപരിപോഷണ മാർഗങ്ങൾ കണ്ടെത്തുന്നതിനും വളരെ പ്രധാനപെട്ടതാണ്.

ഭൂജലം നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന ഒന്നല്ല. മുകളിൽ പാഠഭാഗത്ത് വിവരിച്ച പോലെ വിവിധ ജിയോളജിക്കൽ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നിർവഹിക്കുന്ന ജലചക്രത്തിന്റെ അവിഭാജ്യവും ചലനാത്മകവുമായ ഘടകമാണ് ഭൂജലം. ഇതിന്റെ അപരദന-നിക്ഷേപണ പ്രവർത്തനങ്ങൾ സക്രിയമായി നടക്കുന്നത് ലേയ സ്വഭാവമുള്ള ചുണ്ണാമ്പ് കല്ല് പ്രദേശങ്ങളിലാണ്. അത്തരം പ്രദേശങ്ങളിൽ അത് ഒരു പ്രത്യേക ഭൂപ്രകൃതിക്കു തന്നെ കാരണമാകുന്നു. ഭൂജലത്തിന്റെ അപരദന പ്രവർത്തനം ജലപൂരിത മേഖലയിലും നിക്ഷേപണ പ്രവർത്തനം വാതകപൂരിത മേഖലയിലുമാണ് നടക്കുന്നത്.

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- പഠിതാവ് ജീവിതത്തിൽ ജലത്തിന്റെ പ്രാധാന്യത്തെപറ്റി ബോധവാനാകുന്നു.
- ഭൂഗർഭജലത്തിന്റെ സ്രോതസുകൾ തിരിച്ചറിയുന്നു. ശിലകളുടെ ജലം വഹിക്കാനുള്ള പ്രത്യേകതകൾ മനസ്സിലാക്കുന്നു. ജലത്തിന്റെ അമിതചൂഷണത്തിന്റെ ആഘാതം പഠിക്കുന്നു.
- ജലപരിപോഷണത്തിന്റെ ആവശ്യകതയും പ്രാധാന്യവും തിരിച്ചറിയുന്നു. ഭൂജലത്തിന്റെ ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങളും അതുണ്ടാക്കുന്ന ഭൂരൂപങ്ങളെപ്പറ്റിയുമുള്ള അടിസ്ഥാന അറിവ് നേടുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം.

1. നിങ്ങളുടെ പ്രദേശത്ത് ഭൂജലത്തിന്റെ ലഭ്യത വർധിപ്പിക്കുന്നതിനുള്ള ഏതാനും മാർഗങ്ങൾ നിർദേശിക്കുക.
2. ഭൂജലം ഭൂമുഖത്ത് മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തുന്ന പ്രധാന മാധ്യമമാണ്. ഭൂജലത്തിന്റെ പ്രവർത്തനഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്ന ഭൂരൂപങ്ങളെപ്പറ്റി വിശദീകരിക്കുക.
3. ഭൂജലം അമൂല്യ വിഭവമാണ്. ഈ പ്രസ്താവന സാധൂകരിക്കുക.
4. കാസ്റ്റ് ഭൂപ്രകൃതിയുടെ പ്രത്യേകതകൾ എന്തെല്ലാം?
5. താഴെപറയുന്ന ശിലകളെ താരതമ്യം ചെയ്യുക.
   - ഒരു സുഷിരസമൃദ്ധശില
   - സുഷിരതയും കടത്തിവിടൽശേഷിയുമുള്ള ഒരു ശില
   - സുഷിരദരിദ്ര ശില

   മുകളിൽ പരാമർശിച്ച ശിലകളുടെ ജലത്തെ ഉൾക്കൊള്ളാനുള്ള ശേഷിയെക്കുറിച്ച് നിങ്ങളുടെ നിഗമനം എന്താണ്?
6. ജലപീഠവുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തി നീരുറവ കാണുന്നത് എവിടെയാണ്?

6 അരുവികൾ
(STREAMS)

A9H8R2

6.1. ആമുഖം

നിങ്ങൾ ഇതിനകം വൈവിധ്യമാർന്ന ഭൗമികകാരകങ്ങളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുകയുണ്ടായല്ലൊ? അവയുടെ കൂട്ടത്തിൽ ഒഴുകുന്ന ജലം അരുവികളുടെ രൂപത്തിൽ ഭൂരിഭാഗം പ്രദേശങ്ങളിൽ മാറ്റങ്ങൾ വരുത്തുന്ന ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട കാരകമാണ്. അനവധി കാരണങ്ങളാൽ അരുവികൾ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു.

- കരയിൽ നിന്നും കടലിലേക്ക് ഒഴുകുന്ന ജലത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും കൊണ്ടുപോകുന്നത് അരുവികളാണ്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ അവ ജലപരിവൃത്തിയുടെ ഒരു പ്രധാനഭാഗമായി വർത്തിക്കുന്നു.
- അരുവികൾ താഴ്ന്ന ഇടങ്ങളിലേക്ക് വലിയ അളവിൽ അവസാദങ്ങൾ എത്തിക്കുന്നതിനാൽ അവസാദശിലകളുടെ ഉൽപ്പാദനത്തിൽ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്ന പരിവഹന മാധ്യമങ്ങളിലൊന്നാകുന്നു.
- സമുദ്രതടങ്ങളിലേക്ക് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന അവസാദങ്ങളുടെ 85% മുതൽ 90% വരെ അരുവികളുടെ പ്രവർത്തനം മൂലമാണ്.
- രാസികാപക്ഷയത്തിന്റെ ഉൽപ്പന്നങ്ങളായ അയോണുകൾ ലയിച്ചു ചേർന്ന ജലം നദികൾ സമുദ്രത്തിലെത്തിക്കുന്നതിനാൽ സമുദ്രജലം ലവണ സ്വഭാവമുള്ളതാകുന്നു.
- അപരദനപ്രക്രിയകളുടെ ഒരു പ്രധാനകാരകമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന നദികൾ അപക്ഷയവും ദ്രവ്യശോഷണവും മുഖേന നിരവധി നിമ്നീകരണ ഭൂരൂപങ്ങൾ ഉണ്ടാക്കുന്നു.
- പ്രധാന ജലസ്രോതസായും ഗതാഗതത്തിനും ലോകമാകമാനം ജനങ്ങൾ നദികളെ ഉപയോഗിച്ചു വരുന്നു കൂടാതെ മാലിന്യവും നദികളിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു.
- വലിയ നദികൾ പ്രളയസമതലങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുകയും ഫലഭൂയിഷ്ടമായ മണ്ണ് ഉണ്ടാക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഏറ്റവും പുരാതന സംസ്കൃതികളിൽ ഭൂരിഭാഗവും രൂപം കൊണ്ടത് ഫലഭൂയിഷ്ടമായ നദീതാഴ്വരകളിലായിരുന്നു. (ഉദാ: സിന്ധു-ഗംഗാനദീതടസംസ്കാരം).
- ഉൾകൊള്ളാനാവുന്നതിൽ കൂടുതൽ ജലം നദികളിൽ നിറയുമ്പോൾ നദികൾ കവിഞ്ഞൊഴുകുന്നു. ഇതുമൂലം ഒരു സാധാരണ പ്രകൃതിദുരന്തമായ പ്രളയമുണ്ടാകുന്നു.

6.2. പാളിപ്രവാഹവും ചാലൊഴുക്കും (Sheet flow and Channel flow)

മഴപെയ്യുമ്പോൾ നീരൊഴുക്കിന്റെ ഒരു ഭാഗം മണ്ണിലൂടെ കിനിഞ്ഞിറങ്ങുകയും അവശേഷിക്കുന്ന ജലം ഭൗമോപരിതലത്തിലൂടെ ഒഴുകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഉപരിതലത്തിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ജലത്തെ മേലൊഴുക്ക് (runoff) എന്നു വിളിക്കുന്നു. തുടക്കത്തിൽ ഒരു മേൽക്കൂരയുടെ ചരിവുകുറഞ്ഞ പ്രതലത്തിൽ വെള്ളം ഒഴുകുന്നതുപോലെ ചരിവിന്റെ ദിശയിൽ താഴേക്ക് നീങ്ങുന്ന ഒരു നേർത്ത പാളിയുടെ രൂപത്തിൽ ആയിരിക്കും ഒഴുക്ക്. പാളികരൂപത്തിലുള്ള ഈ പ്രവാഹത്തെ **റില്ലുകൾ** എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇത് ദീർഘകാലം നിലനിൽക്കില്ല, അതിനു കാരണം നൈസർഗിക ചരിവു തലങ്ങൾ സാധാരണയായി നിരന്നതല്ല എന്നതാണ്. ഭൗമോപരിതലത്തിലെ നിമ്നോന്നതങ്ങൾ (irregularities) പാളിക രൂപത്തിലുള്ള ഒഴുക്കിനെ തടയുകയും പിളർത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. **ഷൂസ്ട്രിങ് റില്ലുകൾ** എന്ന് അവയെ വിവരിക്കപ്പെടുന്നു. അടുത്തടുത്തുള്ള റില്ലുകൾ ഒരുമിച്ച് ചേർന്ന് **ഗള്ളികൾ** പോലുള്ള വലിയ ചാലുകളായിത്തീരുന്നു. ഇതിലും വലിയ ചാലുകൾ **ബ്രൂക്ക്സ്, ക്രീക്ക്സ്, നള്ളകൾ** തുടങ്ങിയ പേരുകളിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. ഇവയെല്ലാം തന്നെ **ചാലുകളുടെ** ഗണത്തിൽപ്പെടുന്നു. ഒരു ചാലിനെ കേന്ദ്രീകരിച്ചുള്ള ഒഴുക്കിനെ **ചാലൊഴുക്ക് (Channel flow)** എന്നുപറയുന്നു. വീതി, ആഴം, ഉപരിതല ആകൃതി എന്നിവയുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ നദികൾ വൈവിധ്യമാർജിക്കുന്നു. വീതിയുടെ കാര്യത്തിൽ വ്യത്യസ്ത വലുപ്പത്തിലുള്ള അരുവികൾ ഉണ്ട്. ഏറ്റവും ചെറിയ റില്ലിന് മുകളിലൂടെ ഒരാൾക്ക് ചാടിക്കടക്കാനാകും. എന്നാൽ ലോകത്തിലെ ഏറ്റവും വീതികൂടിയ നദിയായ ആമസോണിന്റെ വീതി സംഗമസ്ഥാനത്ത് 325 കി.മീ. ആണ്. ഇത് നേരെ സമുദ്രത്തിലേക്ക് എത്തുന്നു. 6650 കി.മീ ദൈർഘ്യമുള്ള ആഫ്രിക്കയിലെ നൈൽ ആണ് ലോകത്തിലെ ഏറ്റവും നീളം കൂടിയ നദി.

അലിഞ്ഞു ചേർന്ന അയോണുകളും ശിലാശകലങ്ങളും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ജലം ഗുരുത്വാകർഷണത്താൽ ഒരു നൈസർഗിക ചാലിലൂടെ ഒഴുകുന്നതിനെ **പുഴയെന്ന് (അരുവി)** നിർവചിക്കാം. വലിയ അരുവി (പുഴ) കളെയാണ് **നദിയെന്ന്** വിളിക്കുന്നത്. നദികളുടെ വീതി ഏതാനും മീറ്ററുകൾ മുതൽ അനേകം കിലോമീറ്റർ വരെ വ്യതിയാന പ്പെട്ടിരിക്കാം.

ഒരു അരുവി ഉത്ഭവിക്കുന്ന ഉയർന്ന പ്രദേശത്തെ അല്ലെങ്കിൽ മലമ്പ്രദേശത്തെ അതിന്റെ **ശിരോഭാഗം (head)** അല്ലെങ്കിൽ **ഉൽഭവമേഖല (source region)** എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. ഈ പ്രദേശത്തു നിന്ന് പുഴകൾ താഴേക്ക് ഒഴുകുന്നു. ക്രമേണ ഇവ വലുതായി ഒരു കടലിലോ, ഒരു നിശ്ചല ജലാശയത്തിലോ (തടാകം പോലുള്ളവ), അല്ലെങ്കിൽ മറ്റൊരു പുഴയിലോ എത്തിച്ചേരുന്നു. (എല്ലാ അരുവികളും കടൽ, സമുദ്രം അല്ലെങ്കിൽ തടാകം എന്നിവയിൽ എത്തിച്ചേരുന്നില്ല). വരണ്ടുകിടക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ **ആന്തരിക നീരൊഴുക്ക് (interior drainage)** വഴി ഒരു ഗർത്ത പ്രദേശത്ത് കേന്ദ്രീകരിച്ച് (topographic depression) അവസാനിക്കുന്നു. ഉദാഹരണമായി ആഫ്രിക്കയിലെ സഹാറ പ്രദേശത്തും മധ്യആസ്ട്രേലിയ, മധ്യേഷ്യ, വടക്കേ അമേരിക്കൻ മരുഭൂമികളിലുമുള്ള നദികൾ. ഒരു നദി കടലിലോ, തടാകത്തിലോ അല്ലെങ്കിൽ മറ്റൊരു നദിയിലോ പതിക്കുന്ന സ്ഥലത്തെ അതിന്റെ **നദീമുഖം (mouth)**

എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഉറവിടത്തോടടുത്തിരിക്കുന്ന ഭാഗത്തെ അതിന്റെ **ഉന്നതതട നദീ മേഖല (higher reaches)** എന്നുവിളിക്കുന്നു. നദീമുഖത്തിനു തൊട്ടടുത്തുള്ള പ്രദേശത്തെ **നിമ്നതട നദീ മേഖല (lower reaches)** എന്നുവിളിക്കുന്നു. ഒരു നദിയുടെ മുഴുവൻ ദൈർഘ്യത്തിൽ ഏതെങ്കിലും രണ്ട് നിർദിഷ്ട ബിന്ദുക്കൾ തമ്മിലുള്ള അകലത്തെയാണ് 'റീച്ച്' എന്നുപറയുന്നത്. 'എ' എന്ന ഒരുനദി 'ബി' എന്ന മറ്റൊരു നദിയിലേയ്ക്ക് ചേരുകയും ജലത്തെ നൽകുകയും ആണെങ്കിൽ 'എ' യെ 'ബി' എന്ന നദിയുടെ **പോഷകനദി (tributary)** യായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു. സാധാരണയായി ഒരു വലിയ നദിയിലേക്ക് ഒഴുകുന്ന ചെറുനദികളാണ് പോഷക നദികൾ. അതുപോലെ, 'സി' എന്ന ഒരു നദി, 'ഡി' എന്ന മറ്റൊരു നദിയിൽ നിന്നും വേർപെട്ട് പോവുകയാണെങ്കിൽ അത് 'ഡി' യുടെ ഉപനദി അഥവാ **കൈവഴി (distributary)** എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഒരുനദി മറ്റൊരു നദിയിൽ, തടാകത്തിൽ അല്ലെങ്കിൽ കടലിൽ കൂടിച്ചേരുന്ന ഭാഗത്തെ **സംഗമം (confluence)** എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്.

നദികളുടെ ഡിസ്ചാർജ് (Stream discharge)

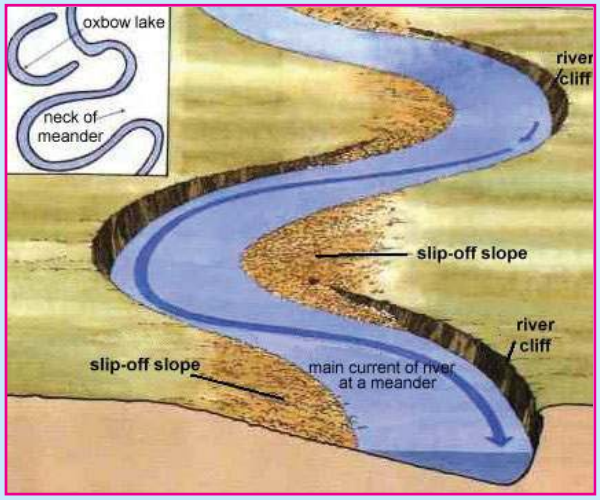
ചാലുകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന എല്ലാനദികളും അവയുടെ ജിയോളജിക്കൽ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് നിരന്തരം പരിഷ്കരിക്കപ്പെടുന്നു. ഒരു നദീ ചാലിലെ ഒരു നിരീക്ഷണ ബിന്ദുവിലൂടെ ഒരു നിശ്ചിത സമയം ഒഴുകിപ്പോകുന്ന ജലത്തിന്റെ അളവാണ് ഡിസ്ചാർജ് എന്നത്. ഡിസ്ചാർജ് നിർണയിക്കുന്നതിന് നദീജലത്തിന്റെ വേഗതയും നദീചാലിന്റെ പരിച്ഛേദവും നാം അറിയേണ്ടതുണ്ട്. ഇതിൽ രണ്ടാമത്തേത് വീതി (w) x ആഴം (d) എന്നതിന് സമമാകും. ഡിസ്ചാർജ് കണക്കാക്കുന്നതിനുള്ള സമവാക്യം ഡിസ്ചാർജ് (Q) = പ്രവേഗം (V) x ചാലിന്റെ പരിച്ഛേദം (A). ഇത് പ്രകടിപ്പിക്കുന്നത് ഘനമീറ്റർ/ സെക്കന്റ് ആയാണ്. അപരദനവും സംവഹനവും ചെയ്യപ്പെടുന്ന നദിയുടെ ശേഷി തീരുമാനിക്കുന്നത് കൂടുതലും അതിന്റെ പ്രവേഗമാണ്. ഏതൊരു നദിയുടേയും പ്രവേഗത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ (1) അതിന്റെ ഗ്രേഡിയന്റ് അല്ലെങ്കിൽ ചരിവ് (അതിന്റെ അടിത്തട്ട് എത്രത്തോളം കുത്തനെയുള്ളതാണ് അല്ലെങ്കിൽ നിരപ്പായതാണ്.) (2) ചാലിന്റെ ആകൃതി (അതായത് വക്രതയിലാണോ നേർരേഖയിലാണോ (3) ചാലിന്റെ വലുപ്പം (4) ചാലിന്റെ നിരപ്പില്ലായ്മ (അതായത് മിനുസവും പരുക്കൻ പ്രതലവും തമ്മിലുള്ളത്). നദികളുടെ ഡിസ്ചാർജ് നിരീക്ഷണസമയത്തിനനുസരിച്ചും ഋതു വ്യത്യാസത്തിനനുസരിച്ചും സ്ഥലത്തിനനുസരിച്ചും വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. പ്രളയ സമയങ്ങളിൽ ഡിസ്ചാർജ് സാധാരണ സമയങ്ങളിലേതിനേക്കാൾ കൂടുതലായിരിക്കും. സാധാരണയായി നദീമുഖത്തേയ്ക്ക് വരുന്തോറും ഡിസ്ചാർജ് കൂടിക്കൊണ്ടിരിക്കും.

ഒരു നദിയുടെ വേഗത എന്നത് ആ നദിയിലൂടെ എത്ര വേഗത്തിൽ ജലം സഞ്ചരിക്കുന്നു അല്ലെങ്കിൽ ജലമൊഴുക്കിന്റെ ശീഘ്രതയെത്ര എന്ന് നിർവചിക്കാം. ഒരു യൂണിറ്റ് സമയത്ത് ജലം പിന്നിടുന്ന ദൂരമാണ് ഇത്. ചില നദികൾക്ക് വേഗത കുറവായിരിക്കും എന്നാൽ മറ്റുള്ളവയ്ക്ക് വേഗത കൂടുതലായിരിക്കും. നേർരേഖയിലൂടെ ഒഴുകുന്ന നദികളിൽ ഏറ്റവും കൂടുതൽ പ്രവേഗം കാണുന്നത് നദീചാലുകളുടെ മധ്യഭാഗങ്ങളിലായിരിക്കും. നദികളുടെ വളവുകളിൽ പുറമേയുള്ള ഉത്തലഭാഗങ്ങളിലായിരിക്കും പ്രവേഗം കൂടുതൽ. ഒരു നദിയുടെ പ്രവേഗം നദീചാലിന്റെ സ്ഥാനം, നദീചാലുകളിലെ ക്രമരാഹിത്യങ്ങൾ, നദിയുടെ ഗ്രേഡിയന്റ് എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും. ചാലുകളിലെ വശങ്ങളിൽ അനുഭവപ്പെടുന്ന

ഘർഷണം ഒഴുക്കിനെ കുറയ്ക്കുന്നു. വിശാലമായതും ആഴം കുറഞ്ഞതുമായ നദികളിൽ ഘർഷണം കൂടുതലും ഇടുങ്ങിയതും ആഴമുള്ളതുമായ നദികളിൽ കുറവുമായിരിക്കും. നദീചാലിന്റെ ഏറ്റവും ആഴമുള്ള ഭാഗത്തെ താൽവെഗ് (Thalweg) എന്ന് പറയുന്നു. ഒരു നദിയുടെ വക്രഭാഗങ്ങളിൽ ചുറ്റിത്തിരിഞ്ഞായിരിക്കും ഇത്. നദിയുടെ വളവുള്ള ഭാഗങ്ങളിൽ നദിയുടെ യഥാർഥ ഒഴുക്ക് സർപ്പിള പാതകളെ പിന്തുടരുന്ന രീതിയിലായിരിക്കും. നദികളിലെ അവസാദങ്ങളെ അപരദനത്തിനും സംവഹനത്തിനും നിക്ഷേപണത്തിനും വിധേയമാക്കുന്നതിന്റെ തോത് തീരുമാനിക്കുന്ന മുഖ്യഘടകമാണ് പ്രവേഗം.

നദിയുടെ ഒഴുക്ക് ലാമിനാർ രീതിയിലുള്ളതോ അതായത് എല്ലാ ജലതന്മാത്രകളും സമാന്തരമായി ഒഴുകുന്നതോ പ്രക്ഷുബ്ധമായതോ അതായത് ഓരോ കണങ്ങളും അനിയന്ത്രിതമായ പാതകളിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുന്ന രീതിയിലുള്ളതോ ആയിരിക്കും. ഇതിൽ രണ്ടാമത്തെ രീതിയിൽ മൊത്തത്തിൽ ജലകണങ്ങൾ മുമ്പോട്ട് നീങ്ങുന്നുണ്ടെങ്കിലും താഴേക്കും മുകളിലേക്കും വശങ്ങളിലേക്കും ഉള്ള നീക്കത്തിന്റെ ഒരു പരമ്പരയായാണ് സംഭവിക്കുന്നത്.

ക്രിറ്റിക്കൽ പ്രവേഗത്തേക്കാൾ കൂടുതൽ ഉണ്ടാകുന്ന ഏതൊരു പ്രവേഗവർധനവും പ്രക്ഷുബ്ധമായ ഒഴുക്കിന് ഇടവരുകയും ആനുപാതികമായി ഒഴുക്ക് വർധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. പ്രക്ഷുബ്ധമായ കുഴികളിൽ അരിച്ചുപെറുക്കുന്നതിനാൽ അവസാദങ്ങളെല്ലാം സസ്പെൻഷൻ രീതിയിൽ കൊണ്ടുപോകുന്നു. വക്രരീതിയിലുള്ള ചാലുകളിൽ (നദിയുടെ വളവുകളിൽ) പരമാവധി വേഗത വളവിന്റെ പുറം ഭാഗത്താണ് സംഭവിക്കുന്നത്. അതുകൊണ്ടുതന്നെ നദീചാലിന്റെ വളവുകളിലെ ഉത്തലഭാഗം ആഴം കൂടിക്കൊണ്ടിരിക്കും. നദീവളവുകളുടെ ആന്തരിക ഭാഗത്ത് പ്രവേഗം കുറവായിരിക്കുകയും അവസാദങ്ങളുടെ നിക്ഷേപണം ഉണ്ടാവുകയും ചെയ്യുന്നു. (ചിത്രം 6.1) നദീചാലുകളുടെ പരിഛേദത്തിന്റെ ആകൃതി പ്രദേശങ്ങൾക്കനുസരിച്ച് വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കും. സാധാരണയായി നദിയുടെ താഴ്ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് പോകുന്തോറും ഡിസ്ചാർജ് വർധിച്ചു വരികയും നദീചാലുകൾ കൂടുതൽ കൂടുതൽ ആഴവും വിശാലമായതുമായിത്തീരുന്നു.



ചിത്രം 6.1 ഒരു നദിയിലെ വളവുകളിലെ അപരദനവും നിക്ഷേപണവും

6.3. നദീജലത്തിന്റെ സ്രോതസുകൾ (Sources of stream water)

നദികൾ വിവിധ സ്രോതസുകളിൽ നിന്ന് ജലം സ്വീകരിക്കുന്നു.

1. വർഷണത്തിൽ (Precipitation) നിന്നും നേരിട്ട് എത്തുന്നതും ഭൂമിക്കടിയിലേക്ക് കിനിഞ്ഞിറങ്ങാതെ പ്രതലത്തിൽ നിൽക്കുന്നതുമായ ജലം.
2. ഭൂഗർഭജലത്തിൽ നിന്ന് ലഭിക്കുന്നത് അഥവാ ജലപീഠം ഭൗമോപരിതലത്തെ ഛേദിക്കുന്ന മേഖലകളിൽ രൂപപ്പെടുന്ന ഉറവകളിൽ (spring) നിന്നും.

മഞ്ഞും മഴയും വഴി ലഭിക്കുന്ന ജലം അഥവാ ജലചക്രത്തിന്റെ ഘടകമായ **മേലൊഴുക്കിൽ** നിന്നും ലഭിക്കുന്ന ജലമാണ് ലോകത്തിലെ മിക്ക അരുവികളുടേയും ജലത്തിന്റെ പ്രധാന ഉറവിടം.

6.4. അരുവികളുടെ വർഗ്ഗീകരണം

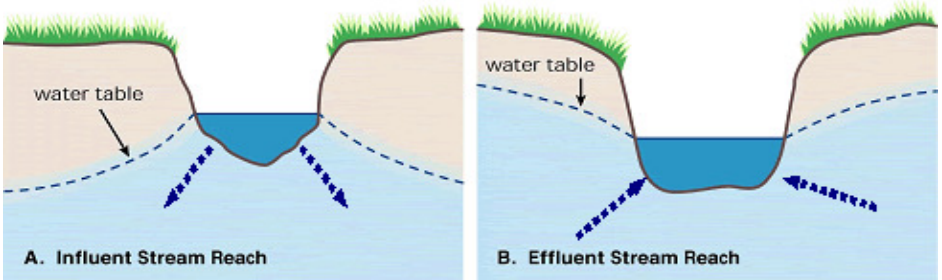
നദീചാലുകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ജലത്തിന്റെ സ്ഥിരതയും, നദീജലവും ഭൂജലവും തമ്മിലുള്ള കൈമാറ്റപ്രക്രിയയുടെ ബന്ധവും അടിസ്ഥാനമാക്കി ചുവടെ പറയുന്ന പ്രകാരം നദികളെ തരം തിരിക്കാം.

(എ) അനവരത നദികൾ (Perennial streams): വർഷം മുഴുവനും ജലം കാണപ്പെടുന്ന നദികളാണ് അനവരത നദികൾ. അത്തരം നദികളുടെ ചാലുകൾ ഭൂജലവിതാനവുമായി നേരിട്ട് ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഹിമാലയൻ നദികളായ ഗംഗ, അതിന്റെ പോഷക നദികൾ ബ്രഹ്മപുത്ര, സിന്ധു തുടങ്ങിയവ അനവരത നദികളാണ്.

(ബി) കാലിക നദികൾ (Intermittent/seasonal streams) : വർഷത്തിലെ മിക്ക സമയത്തും ജലം കൊണ്ടുപോകുന്നതും എന്നാൽ വേനൽക്കാലങ്ങളിൽ വരളുകയോ, ഒഴുക്ക് നിൽക്കുകയോ ചെയ്യുന്ന നദികളാണ് കാലിക നദികൾ. ഇത്തരം അരുവികളും ഭൂജലവിതാനവുമായി നേരിട്ട് ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കാം. ഉപദ്വീപീയ ഇന്ത്യയിലേയും കേരളത്തിലേയും നദികൾ കാലിക (ഇടവിട്ട ഒഴുക്കുള്ള) അരുവികളായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു.

(സി) ക്ഷണികനദികൾ (Ephemeral streams): മഴക്കാലത്ത് അല്ലെങ്കിൽ മഞ്ഞുരുകുന്ന കാലത്ത് മാത്രം ജലം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന അരുവികളാണ് ഇവ. അത്തരം അരുവികളുടെ ചാലുകൾ ജലപീഠത്തിന് മുകളിലാണ്. താർ മരുഭൂമിയിലെ ചില നദികൾ ഈ വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നു.

ഒരു അനവരത നദി നിലനിൽക്കുവാനുള്ള കാരണം ആ പ്രദേശത്തെ ജലപീഠത്തിന്റെ സാമീപ്യമാണെന്ന കാര്യം നാം ഇതിനകം മനസിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. മറ്റൊരു തരത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ, നദീചാലുകൾ *ആ പ്രദേശത്തിന്റെ ജലപീഠവുമായി സന്ധിക്കുന്ന ഇടങ്ങളിൽ മാത്രമേ അവനരത നദികൾ സാധ്യമാകൂ.* ഭൂജലം സ്വീകരിക്കുന്നതിന്റെയും നഷ്ടപ്പെടുത്തുന്നതിന്റെയും അടിസ്ഥാനത്തിൽ നദികളെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം - ആഗമന നദിയും (Effluent stream) നിർഗമന നദിയും (Influent stream). പ്രാദേശിക ഭൂജലത്തിൽ നിന്നും ജലം സ്വീകരിക്കുന്ന നദിയെ **ആഗമന നദി** എന്നുപറയുന്നു. ഭൂജലത്തിലേക്ക് ജലം തുടർച്ചയായി നഷ്ടപ്പെടുത്തുന്ന നദികളാണ് **നിർഗമന നദികൾ.** നിർഗമന നദികൾ തുടർച്ചയായി അക്യുഫറിലേക്ക് ജലം നഷ്ടപ്പെടുത്തുമ്പോൾ ആഗമന നദികൾ പ്രാദേശിക അക്യുഫറിൽ നിന്നും ജലം സ്വീകരിക്കുന്നവയായിരിക്കും. **നദീചാലിന്റെ സ്വഭാവത്തെ** അടിസ്ഥാനമാക്കി ചാലുകളെ താഴെ പറയുന്ന വിധത്തിൽ വർഗ്ഗീകരിക്കാം:



ചിത്രം 6.2 നിർഗമന നദിയും (influent stream) ആഗമന നദിയും (effluent stream).

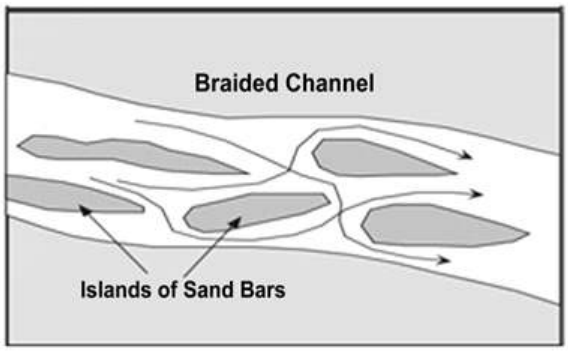
(എ) ഋജുവായവ (Straight): ഒരൊറ്റ ചാൽ മാത്രമുള്ള നേർരേഖ നദികൾ.

(ബി) വക്രമായവ (Meandering): ഒരൊറ്റ ചാൽ മാത്രമുള്ള, എന്നാൽ ചാലുകൾക്ക് വളവുകളും തിരിവുകളും ഉണ്ടായിരിക്കും. (ചിത്രം 6.3)

(സി) കെട്ടുപിണഞ്ഞവ (Braided): മണൽതിട്ടകളുടെ സാന്നിധ്യം മൂലം പല ചാലുകളായി കെട്ടുപിണഞ്ഞ നദികളാണിവ (ചിത്രം 6.4) മണൽത്തിട്ടകളുടെ തുരുത്തുകൾ ഈ ചാലുകളുടെ സവിശേഷതയാണ്. (ചിത്രം 6.5)

ചിത്രം 6.3 വക്രമായ നദി

ചിത്രം 6.4 കെട്ട്പിണഞ്ഞ നദി



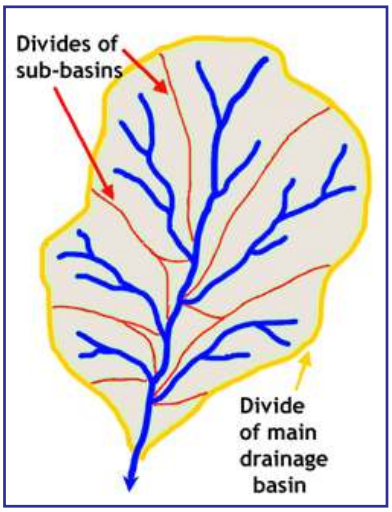
ചിത്രം 6.5 മണൽതിട്ടകൾ കാരണം രൂപപെട്ട പിന്നിയ നദി

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ഏതു പ്രക്രിയയാണ് ജലം ഭൂമിയിലേക്ക് താഴുന്നത് വിശദീകരിക്കുന്നത്?
2. വർഷം മുഴുവൻ ജലം വഹിക്കുന്നത് ഏതുതരം നദികളാണ്?
3. നദീ ജലത്തിന്റെ ഉറവിടങ്ങൾ ഏതെല്ലാമാണ്?
4. ഏതു തരത്തിലുള്ള നദിയെയാണ് ആഗമനനദി എന്നുപറയുന്നത്?

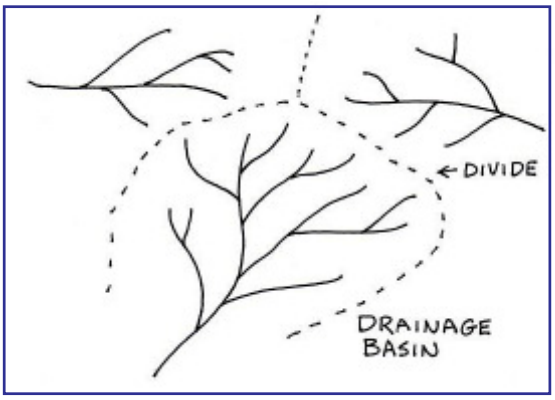
6.5. നീർത്തടം അഥവാ നീർമറിപ്രദേശം (Drainage Basin)

എല്ലാ വർഷണജലവും ഒരുമിച്ച് ഒറ്റ നദിയായി ഒഴുകുന്ന പ്രദേശമാണ് **നീർമറി പ്രദേശം, ജല സംഭരണ പ്രദേശം, നീർത്തടം അഥവാ ഡ്രെയിനേജ് ബേസിൻ (drainage basin)** എന്നെല്ലാം അറിയപ്പെടുന്നത്. മറ്റൊരുവിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ഒരു അരുവിയും അതിന്റെ അനുബന്ധ പോഷക നദികളും ജലം ശേഖരിക്കുന്ന പ്രദേശം ഡ്രെയിനേജ് ബേസിൻ എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നു. ഉദാഹരണത്തിന്, ഭാരതപ്പുഴ ജലം ശേഖരിച്ച് ഒഴുക്കി വിടുന്ന മുഴുവൻ പ്രദേശവും അടങ്ങുന്നതാണ് അതിന്റെ വൃഷ്ടിപ്രദേശം (catchment area). ഭാരതപ്പുഴയുടെ ഭാഗമായ കുന്തിപ്പുഴയും അതിന്റെ കൈവഴികളും ഒഴുകിപ്പോകുന്ന പ്രദേശമാണ് കുന്തിപ്പുഴയുടെ ഡ്രെയിനേജ് ബേസിൻ. **ഡ്രെയിനേജ് വിസ്തീർണം** എന്നത് ഒരു ഡ്രെയിനേജ് ബേസിന്റെ യഥാർഥ വിസ്തൃതിയാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് ഭാരതപ്പുഴയിലെ ഡ്രെയിനേജ് വിസ്തീർണം 6186 ചതുരശ്ര കിലോമീറ്ററാണ്. ഡ്രെയിനേജ് ബേസിന്റെ രൂപരേഖ ചിത്രം 6.6 ൽ കാണാം. ഒരു നീർതടത്തിൽ ചെറുതും വലുതുമായ ധാരാളം അരുവികളുണ്ടെന്ന് പറയേണ്ടതില്ലല്ലോ. ഡ്രെയിനേജ് ബേസിനിലെ പ്രധാന നദി **ട്രങ്ക് നദി (trunk stream)** അല്ലെങ്കിൽ **മാസ്റ്റർ നദി (master stream)** എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. അടുത്തടുത്തുള്ള താഴ്‌വരകളെ വേർതിരിക്കുന്ന ഉന്നത പ്രദേശങ്ങൾ **നീർത്തട വിഭാജകം (drainage divide or interfluve or interstream area)** എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത് (ചിത്രം 6.7). പ്രധാന നീർത്തടത്തിന്റെ അതിർത്തിയും ദ്വിതീയ നീർത്തടങ്ങളുടെ അതിർത്തികളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം ചിത്രം 6.8 ൽ കാണാം.

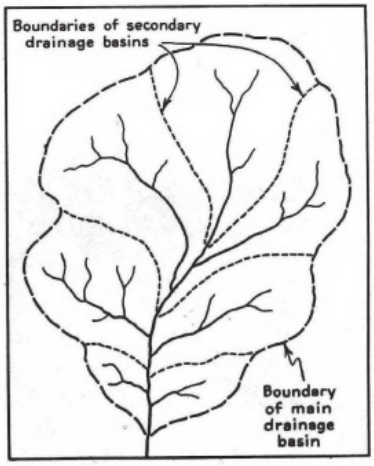


ചിത്രം 6.6 ഒരു നീർമറി പ്രദേശത്തിന്റെ രേഖാ ചിത്രം

സാധാരണയായി പ്രധാന നദിയും അതിന്റെ മുഖ്യ പോഷകനദികളും മാത്രം അനവരത നദികളായിരിക്കും. അതേസമയം ചെറിയ പോഷകനദികൾ കാലിക നദികളായിരിക്കും. ഒരു നീർത്തടത്തിന്റെ മുകൾഭാഗത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന അംഗുലീയഗ്ര പോഷകനദികൾ

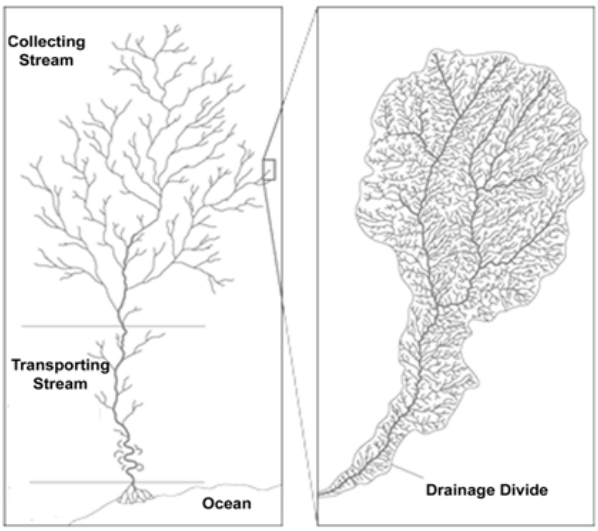


ചിത്രം 6.7 നീർത്തടവിഭാജകത്തിന്റെ രേഖാചിത്രം



ചിത്രം 6.8 മുഖ്യ നീർമറി പ്രദേശ അതിരും ദ്വിതീയ നീർമറി പ്രദേശ അതിരും കാണിക്കുന്ന രേഖാചിത്രം

(finger tip tributaries) ക്ഷണിക നദികളാണ് (ചിത്രം 6.9). ഈ ചിത്രത്തിലെ പ്രധാന നദികളിലെ വിരലഗ്രപോഷക നദികളെ വലുതാക്കി രണ്ടാമത്തെ ചിത്രത്തിൽ സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു. എണ്ണമറ്റ ചാലുകളാണ് വലുതാക്കിയ ചിത്രം കാണിക്കുന്നത്. നിങ്ങൾ ഏതെങ്കിലും പ്രദേശത്തിന്റേയോ സംസ്ഥാനത്തിന്റേയോ അല്ലെങ്കിൽ രാജ്യത്തിന്റേയോ ഒരു സാധാരണ ഭൂപടം ശ്രദ്ധാപൂർവ്വം നോക്കുമ്പോൾ അതിൽ പ്രധാന നദിയും പ്രമുഖ അനവരത നദികളും മാത്രമേ രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ടാവുകയുള്ളൂ.



ചിത്രം 6.9 ജലം ശേഖരിക്കുകയും, വഹിക്കുകയും, നിർഗമിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന അംഗുലീയഗ്ര നദീ ഭാഗങ്ങൾ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

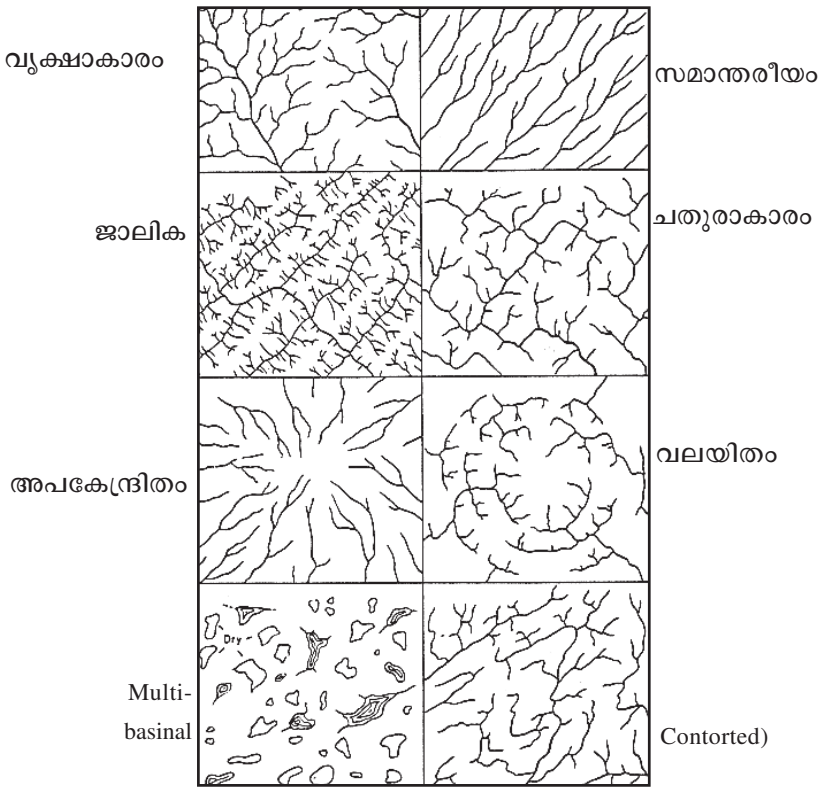
അടുത്തടുത്തുള്ള രണ്ട് നീർത്തടങ്ങളെ വിഭജിക്കുന്ന ഉയർന്ന ഭാഗങ്ങൾ **നീർത്തട വിഭാജകം (drainage divide)** എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിൽ സാധാരണയായി ഉയർന്ന മലനിരകൾ ഉണ്ട്, അവ ഡ്രെയിനേജ് ബേസിനുകൾ ക്കിടയിലെ വിഭാജകമായി പ്രവർത്തിക്കുകയും വൻകരകളിലെ ജലം ഇരുഭാഗത്തുമുള്ള സമുദ്രങ്ങളിലേക്ക് ഒഴുകുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇത്തരം നീർത്തട വിഭാജകത്തെ **വൻകരാ**

വിഭാജകം (continental divide) എന്ന്വിളിക്കുന്നു. പശ്ചിമഘട്ട മലനിരകൾ ഇന്ത്യൻ ഉപദ്വീപീയത്തിലെ വൻകരാ വിഭാജകമായി അറിയപ്പെടുന്നു.

വ്യാപ്തിക്കും വലിപ്പത്തിനും അതീതമായി, സുസ്ഥിര നീർമറി പരിപാലന പദ്ധതി (ഭൂവിനിയോഗ പരിപാലന പദ്ധതിയുടെ ആസൂത്രണം), ഭൂജല വിഭവങ്ങളുടെ നിർണ്ണയം, ഉപരിതല, ഉപോപരിതല മലിനീകരണ നിരീക്ഷണം, വിലയിരുത്തൽ എന്നിവയുടെ അനുയോജ്യവും ശാസ്ത്രീയവുമായ ഭൂരൂപ ഏകകങ്ങളായി നീർമറി പ്രദേശങ്ങൾ വർത്തിക്കുന്നു.

6.6. നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസം (Drainage patterns)

വളരെ എളുപ്പത്തിൽ അപരദനത്തിന് വിധേയമാകുന്ന ശിലകളും ശിലാഘടനയും നിലനിൽക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളിലാണ് നീർത്തടങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നത്. അതിനാൽ പലതരം നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ഈ വിന്യാസങ്ങൾ ആ മേഖലയിലെ ശിലകളുടെ ഘടനയെ പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്നു. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവയാണ് വിവിധ തരം നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസങ്ങൾ (ചിത്രം 6.10)



ചിത്രം 6.10 വിവിധ തരം നീരൊഴുക്ക് വ്യത്യാസങ്ങൾ

(എ) വൃക്ഷാകാര നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസം (Dendritic drainage pattern): ഇത്തരം നീർത്തടം ഒരു വൃക്ഷത്തിന്റെ ശാഖകൾ പോലെയാണ്. ഡെൻഡ്രിറ്റിക് എന്നാൽ വൃക്ഷം പോലുള്ള എന്നാണ് ആംഗലേയ ഭാഷയിൽ അർഥമാക്കുന്നത്. ഏറ്റവും സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന നീർത്തട വിന്യാസമാണ് വൃക്ഷാകാരവിന്യാസം. അപരദനത്തെ പ്രതിരോധിക്കുന്നതും ലഘുവായ ചരിവുള്ള പ്രദേശങ്ങളിലുമായിരിക്കും ഇത്തരം മാതൃക രൂപപ്പെടുന്നത്.

(ബി) അപകേന്ദ്രീകൃത നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസം (Radial drainage pattern): ഇത്തരം നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസത്തിലെ നദികൾ നീർത്തടത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തായുള്ള ഉയർന്ന പ്രദേശത്തുനിന്ന് എല്ലാ ദിശകളിലേക്കും ഒഴുകുന്നു. (അതായത് സൂച്യാകാരമായ ഉയർന്ന് കൂർത്ത ഒരു മലയുടെ മധ്യഭാഗത്ത് നിന്ന് താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളിലേക്ക് ഒഴുകിയിറങ്ങുന്ന രീതിയിൽ).

(സി) ചതുരാകാര നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസം (Rectangular drainage pattern): ഇവിടെ ഈ പേര് സൂചിപ്പിക്കുന്നതുപോലെത്തന്നെ വലിയ നദികളിൽ പോഷക നദികൾ കൂടിച്ചേരുന്നത് ഏകദേശം ലംബകോണുകളിൽ (90°) ആയിരിക്കും. നദികൾ പെട്ടെന്ന് ദിശമാറി ലംബകോണിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നു. ഭ്രംശനങ്ങളും സന്ധികളുമുള്ള ദുർബലഭൂരൂപങ്ങളിലാണ് ഈ വിന്യാസം കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നത്.

(ഡി) ജാലികാ നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസം (Trellis drainage pattern): സമാന്തര മലനിരകളാൽ വേർതിരിക്കപ്പെട്ട നേർതാഴ്വരകളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന നദികളിലേക്ക് ഈ മലകളിൽ നിന്നും ഒഴുകി വരുന്ന ചെറു നദികൾ വന്നു ചേരുമ്പോൾ ജാലികാരൂപത്തിൽ നിരൊഴുക്ക് വിന്യാസം രൂപം കൊള്ളുന്നു. (മരം, മുളംതണ്ട്, ലോഹം എന്നിവയിലേതെങ്കിലും കൊണ്ട് വള്ളിചെടികൾ, കുറ്റിച്ചെടികൾ എന്നിവ പ്രദർശിപ്പിക്കുവാനും പടർന്നുകയറുവാനുമായി നിർമിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ള ചട്ടക്കൂടിനെയാണ് ട്രെല്ലിസ് എന്ന് പറയുന്നത്).

(ഇ) സമാന്തരീയ നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസം (Parallel drainage pattern): ഗണ്യമായ വിസ്തൃതിയിൽ നദികളും പോഷകനദികളും തുല്യ അകലത്തിൽ, സമാന്തരമായി അല്ലെങ്കിൽ ഏതാണ്ട് സമാന്തരമായി ഒഴുകുമ്പോൾ ഇത്തരം വിന്യാസങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു.

(എഫ്) വലയിത നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസം (Annular drainage pattern): വൃത്താകൃതിയിലുള്ളതോ, വളയാകൃതിയിലുള്ളതോ ആയ ചാലുകളിലൂടെ നദികൾ ഒഴുകുന്നു. വളയത്തോട് ഈ നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസത്തിന് സാദൃശ്യമുണ്ട്.

(ജി) ഡിറേൻജഡ് നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസം (Deranged drainage pattern): ഒരു നിയതമായ മാതൃക ഇതുവരെയും വികസിക്കാത്ത പ്രദേശങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന പദമാണിത്. ഇവിടങ്ങളിൽ ഒഴുക്കിന്റെ ദിശ അനിയന്ത്രിതമാണ്. നിരവധി ചതുപ്പുകൾക്ക് സാധ്യതയുള്ള പ്രദേശമാണിത്.

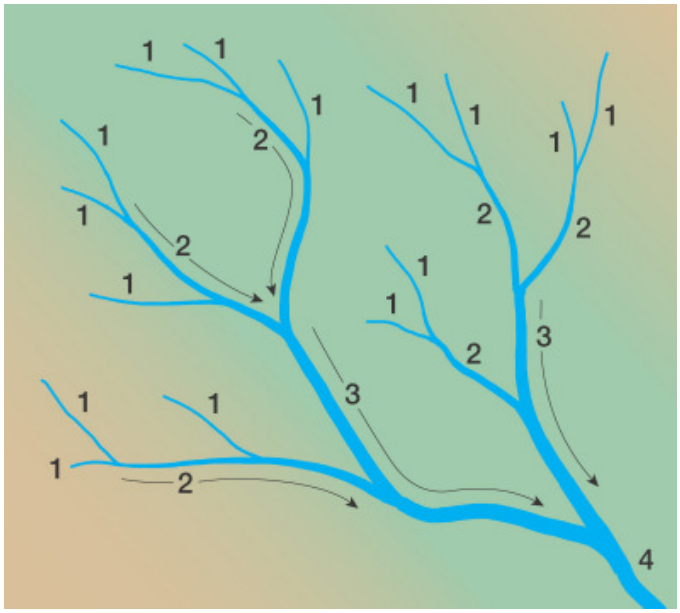
6.7. നദീയ ശ്രേണീകരണം (Stream ordering)

ജല നിർഗമന ശൃംഖലയിൽ ഒരു നദിയുടെ ശ്രേണിയെയാണ് (hierarchy) നദീ ശ്രേണി അല്ലെങ്കിൽ "സ്ട്രീം ഓർഡർ" എന്ന പദം സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഒരു നദീ ശൃംഖലയിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന പോഷകനദികളുടെ ഇനങ്ങളും എണ്ണവുമാണ് ഈ ആശയത്തിന്റെ

അടിസ്ഥാനം. നീർത്തടത്തിലെ ചാലുകളുടെ റാങ്കും ആനുപാതിക വലിപ്പവും നദീ ശ്രേണിയിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്നു. ചെറിയ നദികൾക്ക് ചെറിയ അക്കമാണ് നൽകുന്നത്. ഇവ ഒരു നീർത്തട പ്രദേശത്തിന്റെ ഉയർന്ന ഭാഗങ്ങളിലാണ് സാധാരണയായി കാണപ്പെടാറുള്ളത്. വലിയ നദികൾക്ക് ഉയർന്ന അക്കമാണ് നൽകുന്നത്. ഇവ സാധാരണയായി താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്.

നദീശ്രേണി നിർണയത്തിൽ സാധാരണയായി ഉപയോഗിക്കുന്ന ഒന്നാണ് സ്ട്രാളറുടെ (Strahler) രീതി (ചിത്രം 6.11). ഇവിടെ ഒന്നാം ഓർഡർ നദികൾ ഏറ്റവും ഉയർന്ന ഭാഗത്ത് ആയിരിക്കും. അവയ്ക്ക് പോഷകനദികൾ ഉണ്ടായിരിക്കില്ല. രണ്ട് ഒന്നാം ഓർഡർ നദികൾ കൂടിച്ചേരുന്ന ഭാഗം മുതൽ രണ്ടാം ഓർഡർ ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതേ രീതിയിൽ രണ്ട് രണ്ടാം ഓർഡർ നദികൾ ചേരുന്നിടം മുതൽ അത് മൂന്നാം ഓർഡർ ആയി മാറുന്നു മറ്റുള്ള ഓർഡറുകൾ ഇതേ രൂപത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്നു. രണ്ട് വ്യത്യസ്ത ശ്രേണിയിലുള്ള നദികൾ, ഉദാഹരണത്തിന് ഒരു ഒന്നാം ഓർഡറും ഒരു മൂന്നാം ഓർഡറും കൂടി ചേർന്ന് ഒരു പുതിയ നദി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുമ്പോൾ അതിലെ ഉയർന്ന ഓർഡർ ഏതാണോ അതായിതന്നെ നിലനിർത്തപ്പെടുന്നു.

ഈ ശ്രേണീകൃത സമ്പ്രദായത്തിന്റെ പ്രധാന അനുമാനം, രണ്ട് ഒരേ ഓർഡറിലുള്ള നദികൾ കൂടിച്ചേർന്ന് അതിന്റെ ഉയർന്ന ഓർഡർ നദി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുമ്പോൾ ജലനിർഗമനശേഷി വർദ്ധിക്കുന്നു എന്നാണ്. അതായത് താരതമ്യേന കൂടുതൽ ഉയർന്ന ഓർഡറിലുള്ള നദിയാണെങ്കിൽ അതിലൂടെ കൂടുതൽ ജലം ഒഴുകുന്നു *എന്നർത്ഥം.*



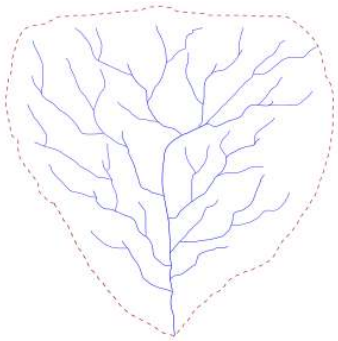
ചിത്രം 6.11 സ്ട്രാളറുടെ നദീശ്രേണി നിർണ്ണയ രീതി

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ഒരു നദിയും അതിന്റെ എല്ലാ പോഷകനദികളുംകൂടി നിർഗമിക്കുന്ന സ്ഥലത്തെ നിങ്ങൾ എന്താണ് വിളിക്കുക?
2. നീർത്തട വിഭാജകം എന്നതുകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നതെന്ത്?
3. ഒരു ഇലയിലെ ഞരമ്പുകൾ പോലെ തോന്നിക്കുന്ന തരം നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസത്തെ നിങ്ങൾ എന്തു വിളിക്കും?
4. ഏത് തരത്തിലുള്ള ശിലകളുള്ള പ്രദേശങ്ങളാണ് സാധാരണയായി ശിഖരാകാര വിന്യാസം കാണിക്കുന്നത്?
5 ഏത് തരത്തിലുള്ള പ്രദേശങ്ങളിലാണ് അപകേന്ദ്രീകൃത രീതിയിലുള്ള നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസം പ്രതീക്ഷിക്കാനാവുക?

നമുക്ക് പ്രവർത്തിക്കാം

ചിത്രത്തിൽ തന്നിരിക്കുന്ന ഡ്രെയിനേജ് മാപ്പ് പരിശോധിച്ച് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നവ ചെയ്യുക.



പ്രവൃത്തി 1. ഈ ചിത്രത്തിലെ നീർത്തട അതിർത്തികളും പോഷകനദികളും അടയാളപ്പെടുത്തുക.

പ്രവൃത്തി 2. നിങ്ങൾ ഈ അധ്യായത്തിൽ മുൻപ് പഠിച്ച നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസവുമായി ഇതിനെ താരതമ്യം ചെയ്ത് ഇതിന്റെ പേരെഴുതുക.

ചോദ്യം 1. ഈ ജലനിർഗമന ശൃംഖലയെ ശിഖരാകാര വിന്യാസം എന്നാണോ, ചതുരാകാരവിന്യാസം എന്നാണോ അതോ സമാന്തരീയ വിന്യാസം എന്നാണോ കൃത്യമായി വിശേഷിപ്പിക്കാനാവുക?

പ്രവൃത്തി 3. നീർത്തടത്തിൽ നിന്നും നദി പുറത്തേക്കൊഴുകുന്ന ബിന്ദുവിൽ നിന്നും ഈ നീർത്തട വ്യവസ്ഥയുടെ സ്ട്രീം ഓർഡർ കണക്കാക്കുക.

പ്രവൃത്തി 4. സ്ട്രാളറുടെ സ്ട്രീം ഓർഡറിങ് രീതി അനുസരിച്ച് ഈ നീർത്തടത്തിന്റെ പോഷക നദികളെ അടയാളപ്പെടുത്തി സ്ട്രീം ഓർഡർ കണക്കാക്കുക.

6.8. ഒഴുകുന്ന ജലത്തിന്റെ ജിയോളജിക്കൽ പ്രവർത്തനം (Geological Work of Running Water)

മറ്റേതൊരു പ്രക്രിയയേക്കാളും ഭൂമിയുടെ ആകൃതി രൂപപ്പെടുത്തുന്നത് ഒഴുകുന്ന ജലം സൃഷ്ടിക്കുന്ന ഭൂരൂപങ്ങളാണ്. അപരദനം, നിക്ഷേപണം എന്നിവ നിമിത്തം എങ്ങനെയാണ് നദികൾ ഭൗമോപരിതലം മാറ്റിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതെന്ന് ഇനി നമുക്ക് പഠിക്കാം.

സമീകരണത്തിന്റെ (gradation) ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട ഭൗമോപരിതല ഏജന്റാണ് നദികൾ. ഒരു നദിയുടെ ആയുസ്സിനിടയിൽ അതിനും അതിന്റെ പോഷക നദികൾക്കും വലിയ തോതിൽ നീർത്തടത്തിന്റെ സ്ഥലാകൃതി മാറ്റുന്നതിന് സാധിക്കുന്നുണ്ട്. നദിയുടെ ജിയോളയിക്കൽ പ്രവർത്തനങ്ങൾ മൂന്ന് പ്രധാന തലക്കെട്ടുകളിൽ ചർച്ചചെയ്യാനാകും. (1) അപരദനം (ഒഴുകുന്ന ജലത്തിന്റെ ഫലമായി നടക്കുന്ന ഭൗമോപരിതല തേയ്മാനം) (2) വഹനം (ഒരു സ്ഥലത്തുനിന്ന് മറ്റൊരു സ്ഥലത്തേക്ക്, സാധാരണയായി ഉയർന്ന പ്രദേശത്ത് നിന്നും താഴ്ന്ന പ്രദേശത്തേയ്ക്ക് വസ്തുക്കളെ കൈമാറ്റം ചെയ്യുന്നത്) (3) നിക്ഷേപണം (ഒഴുകുന്ന ജലം വഹിച്ചുകൊണ്ട് വരുന്ന വസ്തുക്കളെ നിക്ഷേപിക്കുന്നത്).

ഒരു നീർത്തടത്തിലോ, മറ്റേതെങ്കിലും പ്രദേശത്തോ ഉണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ കൊണ്ട് വരുന്നത് നദികളും അവയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രക്രിയകളുമാണ്. പല പ്രക്രിയകളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് ഒഴുകുന്ന ജലം നടത്തുന്ന ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് പൊതുവായി **ഫ്ളൂവിയൽ പ്രോസസ്** എന്ന പദം ഉപയോഗിക്കാറുണ്ട്. ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ രൂപവ്യത്യാസത്തിന് കാരണമാകുന്ന ചാനൽ അപരദനം (ചാലുകളിൽ ഒഴുകുന്ന ജലം നടത്തുന്ന അപരദനം), ഉപരിതല പ്രവാഹം (പാളിക പ്രവാഹം മൂലമുള്ള അപരദനം), ഭൂദ്രവ്യശോഷണം (mass wasting - ഭൂഗുരുത്വം കൊണ്ടുള്ള അപരദനം), അപക്ഷയം എന്നിവയെല്ലാം ചേർന്ന് നടത്തുന്ന പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് *ഫ്ളൂവിയൽ ഡെന്യുഡേഷൻ (ഫ്ളൂവിയൽ അപരദനം അല്ലെങ്കിൽ ഫ്ളൂവിയൽ ഡിഗ്രഡേഷൻ)* എന്ന പദമാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്. **ഫ്ളുവിയൽ** എന്ന ലത്തീൻ പദത്തിന്റെ അർഥം നദിയുമായി ബന്ധപ്പെട്ടത് എന്നും **ഫ്ളൂവിയസ്** എന്ന പദത്തിന്റെ അർഥം നദി എന്നുമാണ്.

ഫ്ളൂവിയൽ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഭൂരൂപങ്ങളിൽ ഒരു വിഭാഗം ഉണ്ടാകുന്നത് അപരദനത്തിന്റെ ഫലമായും മറ്റൊരു വിഭാഗം ഉണ്ടാകുന്നത് നിക്ഷേപണം വഴിയുമാണ്. ഇതിൽ ആദ്യ വിഭാഗത്തെ **അപരദന ഭൂരൂപങ്ങളെന്നും (ഡിഗ്രഡേഷന്റെ** അല്ലെങ്കിൽ **നശീകരണത്തിന്റെ ഫ്ളൂവിയൽ ഭൂരൂപങ്ങളെന്നും)** രണ്ടാമത്തേതിനെ, **നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങളെന്നുമാണ് (അഗ്രഡേഷണൽ** അല്ലെങ്കിൽ **നിർമാണാത്മകമായ ഫ്ളൂവിയൽ ഭൂരൂപങ്ങൾ)** വിളിക്കുന്നത്. ഫ്ളൂവിയൽ ഡീഗ്രഡേഷന്റേയും ഫ്ളൂവിയൽ അഗ്രഡേഷന്റേയും ഫലമായുണ്ടാകുന്ന വിവിധ ഭൂരൂപങ്ങളെക്കുറിച്ച് തുടർന്ന് വരുന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ നാം ചർച്ചചെയ്യും.

6.8.1 ഫ്ളൂവിയൽ അപരദനം (Fluvial erosion)

ഫ്ളൂവിയൽ എന്ന പദത്തിന്റെ അർഥം 'നദീസംബന്ധമായത്' എന്നും ഭൂവിജ്ഞാനീയത്തിൽ സൂചിപ്പിക്കുന്നത് **നദിയുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രവർത്തനങ്ങളെയും നിക്ഷേപങ്ങളെയും അവ സൃഷ്ടിക്കുന്ന ഭൂരൂപങ്ങളെയുമാണ്.** നിങ്ങൾ മുമ്പ് പഠിച്ചപോലെ ഫ്ളൂവിയൽ അപരദനം എന്നത് ചാനൽ അപരദനം, ഉപരിതലപ്രവാഹം, നീർച്ചിതറൽ അപരദനം, ഭൂദ്രവ്യശോഷണം, അപക്ഷയം തുടങ്ങി കുറേ സങ്കീർണ്ണ പ്രവർത്തനങ്ങളെയാണ്.

ഒരു നദീചാലിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ നിന്നും വശങ്ങളിൽ നിന്നും ശിലാപദാർഥങ്ങളെ ക്രമമായി നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയ എന്ന് നദീ അപരദനത്തെ നിർവചിക്കാം. നദികളുടെ അപരദനത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ടിട്ടുള്ള പ്രക്രിയകൾ താഴെ പറയുന്നവയാണ്. (എ) ഹൈഡ്രോളിക് പ്രവർത്തനം (ജലശക്തീയ പ്രവർത്തനം), (ബി) ഘർഷണം

(abrasion / corrasion), (സി) പരസ്പര ഘർഷണം (attrition), (ഡി) ലയനം (corrosion).

(എ) ജലശക്തി പ്രവർത്തനം / ഹൈഡ്രോളിക് പ്രവർത്തനം (Hydraulic action): ഒഴുകുന്ന ജലത്തിൽ അന്തർലീനമായ കരുത്തിന്റെ ഫലമായി ശിലാവസ്തുക്കളെ ഇളക്കിയെടുക്കുകയും കൊണ്ടുപോവുകയും ചെയ്യുന്ന ഒരു തരം അപരദനമാണ് ഹൈഡ്രോളിക് പ്രവർത്തനം. (ശിലകളിലും കുത്തനെയുള്ള പാറക്കെട്ടുകളിലും തിരമാലകൾ വന്നടിക്കുമ്പോഴും ഹൈഡ്രോളിക് പ്രവർത്തനം നടക്കുന്നുണ്ട്). ഒരു മണൽ കൂമ്പാരത്തിന് മീതെ കുഴലിലൂടെ ജലം ഒഴുക്കിവിടുകയാണെങ്കിൽ ആ ജല പ്രവാഹത്തിന്റെ കൂടെ മണൽത്തരികളും ഒഴുകി പോകുന്നതായി കാണാം. ഇതാണ് ഹൈഡ്രോളിക് പ്രവർത്തനം. നദി വെള്ളച്ചാട്ടത്തിലൂടെ താഴെ വന്നുപതിക്കുമ്പോഴും ഇത്തരത്തിലുള്ള അപരദനം സംഭവിക്കുന്നുണ്ട്. ദൃഢീകരണം കുറഞ്ഞ അടിപ്പാറയും കുറഞ്ഞതോതിൽ മാത്രം സംയോജനം ചെയ്യപ്പെട്ടതുമായ ശിലാവസ്തുക്കളും ഹൈഡ്രോളിക് പ്രവർത്തനത്തിനു കൂടുതലായി വിധേയമാകുന്നു. ഹൈഡ്രോളിക് പ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഉൽപന്നങ്ങൾ വളരെ വലിയ ഉരുളൻ പാറകൾ (boulders) മുതൽ ചെറിയ സിൽറ്റ് (silt), കളിമൺ തരികൾ (clay) വരെയാകാം.

(ബി) അബ്രേഷൻ (ഉരസൽ) (Abrasion / Corrasion): ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലൂടെ നദികൾ ശിലാപദാർഥങ്ങളെ വഹിച്ചുകൊണ്ടു വരുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന *യാന്ത്രികമായ* (mechanical) അപരദനമാണ് **ഘർഷണം** (തിരമാലകൾ, ഹിമാനികൾ, കാറ്റ്, ഭൂഗുരുത്വം എന്നിവയും ഘർഷണം നടത്തുന്നുണ്ട്). ഈ പ്രവർത്തനത്തിൽ നദീചാലുകളുടെ അടിത്തട്ടിലേയും വശങ്ങളിലേയും ശിലകൾക്കും, നദികൾ വഹിച്ചു കൊണ്ടുപോകുന്ന മറ്റു വസ്തുക്കൾക്കും (മണൽ, ചരൽ, പെബ്ൾ മുതലായവ) സംഭവിക്കുന്ന തേയ്മാനം, പൊടിയൽ, ഉരസൽ എന്നിവ ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. (ഒരു സാൻഡ് പേപ്പർ ഉപയോഗിച്ച് പെയിന്റർ ചുമരുകളെ മിനുസമുള്ളതാക്കുന്നപ്പോലെയാണ് ഇത്). നദീജലത്തിലൂടെ നീങ്ങുന്ന ശിലാതരികളും പാറക്കഷണങ്ങളും ഒന്നിച്ച് ഘർഷണത്തിനുള്ള ഉപകരണങ്ങളായി വർത്തിക്കുന്നു.

ഘർഷണ പ്രക്രിയ വഴി ഒരു നദിക്ക് അതിന്റെ പാതയിലുള്ള ഏറ്റവും ഉറപ്പുള്ള പാറകളിൽ പോലും അപരദനം നടത്തുന്നതിന് സാധിക്കുന്നു. **ഗോർജുകൾ (gorges), കാനിയോണുകൾ (canyons)** എന്നിങ്ങനെ അറിയപ്പെടുന്ന ചെങ്കുത്തായതും ആഴമേറിയതുമായ നദീ താഴ്‌വരകൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നതിന് മുഖ്യമായും കാരണമാകുന്നത് ഘർഷണമാണ്.

ചിത്രം 6.12 പരസ്പര ഉരസലിൻ വിധേയമായ പെബ്ൾ, കോബ്ൾ മുതലായ വലിയ പാറക്കല്ലുകൾ അടങ്ങിയ വരണ്ടുണങ്ങിയ നദീചാല്

(സി) അട്രിഷൻ/പരസ്പര ഉരസൽ (Attrition): സംവഹനത്തിന് വിധേയമാകുന്ന വസ്തുക്കൾക്ക് അവ പരസ്പരം തട്ടിയും ഉരഞ്ഞും ഉണ്ടാക്കുന്ന തേയ്മാനവും ചെറുതാവലുമാണ് പരസ്പര ഉരസൽ ഇതിന്റെ ഫലമായി ഇവ പൊട്ടുകയും മിനുസമുള്ളവയും ഉരുണ്ടതും ആയിത്തീരു

കയും ചെയ്യുന്നു. തൽഫലമായി വലിയ പാറക്കല്ലുകൾ ക്രമേണ ചെറുതാവുന്നു. പരസ്പരം കൂട്ടിയിടിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി തരികളുടെ വക്കും മൂലയും കൂർത്ത് അഗ്രഭാഗങ്ങളും തേഞ്ഞ് ഇല്ലാതാവുന്നു. ഇവയുടെ ഉപരിതലം ക്രമേണ ഗോളാകൃതി കൈവരിക്കുകയും ഉരുണ്ടതും മിനുസമുള്ളതുമായിത്തീരുകയും ചെയ്യുന്നു.

(ഡി) ലയനം (Corrosion, solution): ജലത്തിന്റെ ലയന രാസപ്രവർത്തികൾ വഴി നദിയുടെ അടിത്തട്ടിന്റെ ഉപരിതലം തേഞ്ഞ് പോകുന്ന പ്രവർത്തനത്തെയാണ് **ലയനം** എന്നു വിവക്ഷിക്കുന്നത്. പ്രകൃതിദത്തമായ രീതിയിൽ ശുദ്ധമായ ജലം നില നിൽക്കുകയില്ല. ലയനത്തിന്റെ തോത് ശിലകളുടെ രാസഘടനയേയും ഒഴുകുന്ന ജലത്തിന്റെ രാസഘടനയേയും അനുസരിച്ചായിരിക്കും. ചുണ്ണാമ്പുകല്ല് (limestone), ജിപ്സം, ഉപ്പുപാറ (rocksalt) എന്നിവ വേഗത്തിൽ ജലത്തിൽ ലയിക്കുന്നവയായ തിനാൽ ഇവ വേഗത്തിൽ കൊറോഷന് (ലയനത്തിന്) വിധേയമായിരിക്കും.

6.8.2 നദികളുടെ വഹനം (Stream transportation)

നദികളിലെ ലോഡ്

ഒരു നദി കൊണ്ടുപോകുന്ന വസ്തുക്കളെ (ജലം ഒഴികെയുള്ളവ) യാണ് **ലോഡ് (Load)** എന്നുപറയുന്നത്. ഒരു നിശ്ചിത ഇടവേളയിൽ ഒരു നദി വഹിച്ചു കൊണ്ടു പോകുന്ന ലോഡിന്റെ അളവ് നദീജലത്തിന്റെ പ്രവേഗത്തിനും നദിയുടെ ചരിവിനും നേർഅനുപാതത്തിലായിരിക്കും.

ഒരു നദി കൊണ്ടുപോകുന്ന ലോഡിനെ സാധാരണയായി മൂന്ന് വിഭാഗങ്ങളാക്കിയിട്ടുണ്ട്.

(എ) സസ്പെൻഡഡ് ലോഡ് (താങ്ങുഭാരം)
(ബി) ബെഡ്ലോഡ് (അടിത്തട്ടിലെ ഭാരം)
(സി) ഡിസ്സോൾവ്ഡ് ലോഡ് (ലീന ഭാരം)

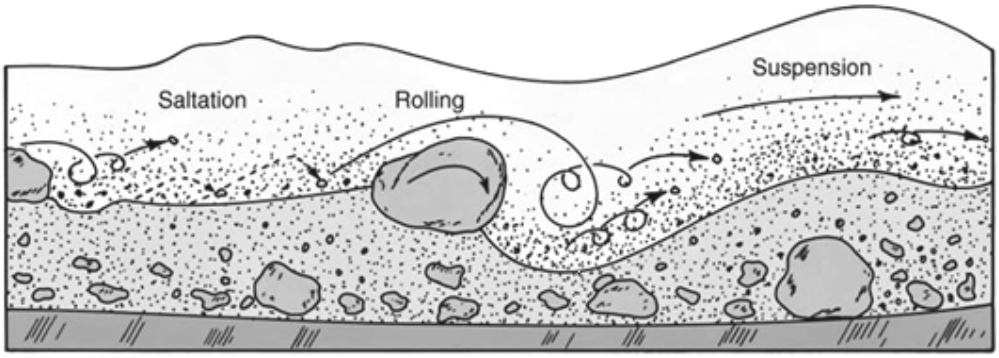
(എ) സസ്പെൻഡഡ് ലോഡ് (Suspended load)

നദി കലക്ക വെള്ളമായി കൊണ്ടു പോകുന്ന ഭാരം കുറഞ്ഞ മണൽ, സിൽറ്റ്, കളിമണ്ണ് തുടങ്ങിയ അവസാദങ്ങളാണ് ഇവ. ഇവയെ നദികൾ കൊണ്ടുപോകുന്നത് നേരിട്ട് കാണാവുന്ന വിധത്തിലുള്ള അവസാദങ്ങളായാണ്. ഈ ലോഡ് സാധാരണ നദികളുടെ അടിത്തട്ടിൽ തൊടാത്ത വിധം ഉയർത്തപ്പെട്ട രീതിയിലാണ്. ഒഴുക്ക് സൃഷ്ടിക്കുന്ന ചുഴികളാണ് ഇതിന് കാരണം. നദീ ജലത്തിന്റെ പ്രക്ഷുബ്ധതയുടെ തീവ്രത അതിന്റെ പ്രവേഗവുമായി നേരിട്ടു ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അതുകൊണ്ടുതന്നെ പ്രവേഗത്തിലു ണ്ടാകുന്ന ചെറിയ കുറവുപോലും നദികൾ കൊണ്ടു പോകുന്ന അവസാദങ്ങളിൽ ഒരു ഭാഗം അടിഞ്ഞു കൂടുന്നതിനോ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതിനോ ഇടയാക്കുന്നു. മിക്കവാറും നദികൾ അവയുടെ ലോഡിന്റെ അധികഭാഗവും വഹിച്ചു കൊണ്ട് പോകുന്നത് സസ്പെൻഷൻ രീതിയിലായിരിക്കും. പ്രളയസമയത്ത് പുറമേ കാണത്ത ക്കവിധത്തിൽ അവസാദങ്ങളെ ജലോപരിതലത്തിലൂടെ കൊണ്ട് പോകുന്നത് നദികളുടെ സസ്പെൻഡഡ് ലോഡിന്റെ തെളിവുകളാണ്. പ്രളയ സമയത്ത് പ്രവേഗവും പ്രക്ഷുബ്ധതയും അധികരിക്കുന്നതിനാൽ വലിയ വസ്തുക്കൾ പോലും സംവഹനം ചെയ്യപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കും.

ബി) ബെഡ് ലോഡ് (Bed load)

ഒരു നദിയുടെ തറയിലൂടെ അല്ലെങ്കിൽ അടിത്തട്ടിലൂടെ കൊണ്ടു പോകുന്ന അവസാദങ്ങളാണ് ബെഡ് ലോഡ് എന്നത്. സസ്പെൻഷൻ രീതിയിൽ കൊണ്ടു പോകുന്നതിന് കഴിയാത്ത വിധത്തിൽ വളരെ വലുതോ വളരെ ഭാരം കൂടിയതോ ആയ പദാർഥങ്ങളാണ് ഈ തരത്തിലുള്ള ലോഡായി സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടേണ്ടി വരുന്നത്. നദിയുടെ ഊർജത്തിനനുസൃതമായി ബെഡ് ലോഡിന്റെ അളവും പ്രകൃതവും മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. അതായത് ഇത് ജലത്തിന്റെ പ്രവേഗവുമായി ബന്ധപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. ഒരു നദിയുടെ യാന്ത്രികഅപരദനവും (ഹൈഡ്രോളിക് പ്രവർത്തനം, അപഘർഷണം, ഘർഷണം) നദീ ചാലിന്റെ രൂപമാറ്റത്തിന്റെ തീവ്രതയും ബെഡ് ലോഡിന്റെ അളവിനേയും പ്രകൃതത്തെയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കും.

ഒരു നദിയിലെ ബെഡ് ലോഡ് രണ്ട് രീതിയിലാണ് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്നത്. ആദ്യത്തേത് **ട്രാക്ഷൻ** ആകുന്നു, നദിയുടെ അടിത്തട്ടിലൂടെ വസ്തുക്കൾ ഉരുണ്ടും നിരങ്ങിയും മുന്നോട്ട് പോകുന്ന രീതി. രണ്ടാമത്തേത് **സാൽട്ടേഷൻ** ആകുന്നു, പന്തുപോലെ ഉയർന്നും വീണുമുള്ള ചലനം. വസ്തുക്കൾ താൽക്കാലികമായി ചുഴികളുടെ സഹായത്താൽ ഉയർത്തപ്പെടുകയും അൽപ്പദൂരം സസ്പെൻഷനിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്തതിന് ശേഷം വീണ്ടും അടിത്തട്ടിലേക്ക് വീഴുകയും ചെയ്യുന്നു. ഈ ആഘാതത്തിൽ അടുത്തുള്ള വസ്തുക്കൾ സാൾട്ടേഷന് വീണ്ടും വിധേയമാക്കപ്പെടുന്നു (ചിത്രം. 6.13).

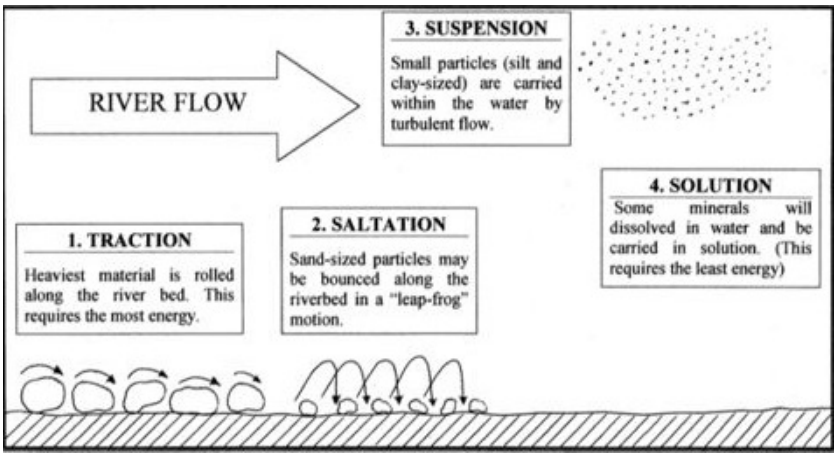


ചിത്രം 6.13 നദികൾ ബെഡ്ലോഡ് സംവഹനം ചെയ്യുന്ന രീതികൾ

പ്രളയസമയത്താണ് അപരദനം, അവസാദസംവഹനം (ബെഡ് ലോഡ്, സസ്പെൻഡഡ് ലോഡ്) അവസാദനിക്ഷേപണം എന്നീ പ്രക്രിയകളിലൂടെ നദികളുടെ മിക്ക പ്രവർത്തനങ്ങളും അവയുടെ ഏറ്റവും കൂടിയ തോതിൽ നടപ്പിലാക്കപ്പെടുന്നത്.

സി) ലീനഭാരം (Dissolved load)

നദികൾ കൊണ്ടുപോകുന്ന ലോഡിന്റെ ഒരു ഭാഗം ലായനിയിൽ അയോണുകൾ ലയിച്ചു ചേർന്നിട്ടുള്ള രീതിയിലുള്ളവയാണ്. ഇതിനെയാണ് ലീനഭാരം (dissolved load) എന്നു വിളിക്കുന്നത്. ഡിസ്സോൾവ്ഡ് ലോഡുകൾ നദികളിലേക്ക് വരുന്നത് പ്രാഥമികമായി ഭൂഗർഭ ജല ഉറവകളിൽ (seepage) നിന്നും അലിയുന്ന ശിലകളുടെ ലയനപ്രക്രിയ വഴിയുമാണ്. ചിത്രം 6.14 ൽ നദികൾ അല്ലെങ്കിൽ അരുവികൾ നടത്തുന്ന വ്യത്യസ്ത സംവഹന രീതികളുടെ സ്വഭാവങ്ങൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.14 നദികളും അരുവികളും അവസാദങ്ങൾ സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന രീതികളുടെ പ്രത്യേകതകൾ

ഒരുനദി ലയനരീതിയിൽ കൊണ്ടുപോകുന്ന വസ്തുക്കളുടെ അളവ് കാലാവസ്ഥയ്ക്കനുസരിച്ചും ആ പ്രദേശത്തിന്റെ ശിലാപ്രകൃതം അനുസരിച്ചും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ഒരോ വർഷവും 4 ശതകോടി മെട്രിക് ടൺ ലയിച്ച് ചേർന്ന പദാർഥങ്ങൾ നദികൾ സമുദ്രങ്ങളിൽ എത്തിക്കുന്നുവെന്ന് കണക്കാക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.

മുമ്പ് സൂചിപ്പിച്ച രണ്ട് തരത്തിലുള്ള നദീലോഡുകളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി ഒരു നദിയിലെ അലിഞ്ഞുചേർന്ന ലോഡിനെ ഒരിക്കലും നദിയുടെ പ്രവേഗത്തിന്റെ ഏറ്റക്കുറച്ചിലുകൾ ബാധിക്കുന്നില്ല. മറ്റുള്ളലോഡുകളെപ്പോലെയല്ലാതെ, ഈ ലോഡ് ഒരു നദിയുടെ ലക്ഷ്യസ്ഥാനം വരെ, അഥവാ സമുദ്രം വരെ എത്തിക്കാൻ സാധിക്കുന്നു എന്നതാണ് ഇതിന്റെ സാരം.

പഠന പുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. *ജലശക്തി പ്രവർത്തനം നദിയുടെ ഘർഷണത്തിൽ നിന്നും എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു?*
2. *ഒരു നദിയുടെ കപ്പാസിറ്റി എന്നതുകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നത് എന്ത്?*
3. *ഒരുനദി വഹിക്കുന്ന മൂന്ന് തരത്തിലുള്ള ലോഡുകൾ ഏതെല്ലാം?*

കോമ്പിറ്റൻസും കപ്പാസിറ്റിയും (Competence and Capacity)

ഒരു നദിക്ക് അതിലെ ലോഡ് കൊണ്ടുപോകുന്നതിനുള്ള കഴിവ് തീരുമാനിക്കുന്നത് രണ്ട് ഘടകങ്ങളാണ് - കോമ്പിറ്റൻസും കപ്പാസിറ്റിയും.

നദികൊണ്ടുപോകുന്ന ഏറ്റവും ഭാരമുള്ള വസ്തുക്കളെയാണ് നദിയുടെ കോമ്പിറ്റൻസ് എന്നതുകൊണ്ട് ഉദ്ദേശിക്കുന്നത്. നദീപ്രവാഹം കൂടുന്നതിന് അനുസൃതമായി കൂടുതൽ കൂടു

തൽ ഭാരമുള്ള വസ്തുക്കളെ നദിക്ക് കൊണ്ടുപോകുന്നതിന് സാധിക്കുന്നു. നദിയുടെ പ്രവേഗവും ഡിസ്ചാർജും വർധിക്കുമ്പോൾ കോമ്പിറ്റൻസും കപ്പാസിറ്റിയും വർധിക്കുന്നു. എന്നാൽ ഇവ തമ്മിൽ ഒരു നേർ അനുപാതമില്ല (ഉദാഹരണത്തിന് പ്രവേഗവും ഡിസ്ചാർജും ഇരട്ടിയാകുമ്പോൾ കോമ്പിറ്റൻസും കപ്പാസിറ്റിയും ഇരട്ടിയാകുമെന്ന് പറയാനാവില്ല). പ്രവേഗത്തിന്റെ 6 വർഗമായാണ് കോമ്പിറ്റൻസ് വ്യത്യാസപ്പെടുക. ഉദാഹരണത്തിന് പ്രവേഗം ഇരട്ടിയാകുമ്പോൾ കോമ്പിറ്റൻസ് 64 മടങ്ങായി വർധിക്കുന്നു.

ഒരു നദിയുടെ 'കപ്പാസിറ്റി 'എന്നു പറയുന്നത് അതിന് വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകുവാൻ സാധിക്കുന്ന പരമാവധി ലോഡിന്റെ അളവിനെയാണ്. പ്രവേഗത്തെയും ഡിസ്ചാർജിനേയുമാണ് ഇത് ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നത്. (കാരണം പ്രവേഗം കോമ്പിറ്റൻസിനേയും അത് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന കണികകളുടെ വലുപ്പത്തേയും ആശ്രയിച്ചിരിക്കും.) കപ്പാസിറ്റി വ്യത്യാസപ്പെടുമ്പോൾ ഡിസ്ചാർജ് വർഗമോ, ത്രി വർഗമോ ആയി മാറുന്നു. അങ്ങനെ ഡിസ്ചാർജ് മൂന്നിരട്ടിയാകുമ്പോൾ കപ്പാസിറ്റി 9 ഇരട്ടിയോ 27 ഇരട്ടിയോ ആയി മാറുന്നു.

സാധാരണ സാഹചര്യങ്ങളേക്കാൾ പതിന്മടങ്ങ് വേഗതയും ഡിസ്ചാർജും (അതുകൊണ്ട് തന്നെ കോമ്പിറ്റൻസും കപ്പാസിറ്റിയും) നടക്കുന്ന പ്രളയ സമയങ്ങളിലാണ് ഒരു നദിയുടെ മുഖ്യ പ്രവൃത്തികളെല്ലാം പൂർണ്ണമാകുന്നത്. ഒഴുക്കിന്റെ വേഗതയും ഡിസ്ചാർജുമാണ് ഒരു നദി കൊണ്ടുപോകേണ്ട മൊത്തം ഭാരത്തിന്റെ (ലോഡിന്റെ) അളവും സ്വഭാവവും നിയന്ത്രിക്കുന്ന രണ്ട് ഘടകങ്ങളെന്ന കാര്യം മനസ്സിലാക്കുക.

6.8.3 നദികളുടെ നിക്ഷേപണം (Stream deposition)

നദിയുടെ അപരദനത്തിന്റെ അനുപൂരക പ്രവർത്തനമായ നിക്ഷേപണത്തിൽ, കൊണ്ടു വരുന്ന ശിലാപദാർഥങ്ങൾ നദീതട്ടിൽ അടിയുകയോ, താഴെക്കിടുകയൊ ചെയ്യുന്നതാണ് **ഫ്ളൂവിയൽ നിക്ഷേപണം (fluvial deposition).**

നദിയിലെ ജലത്തിന്റെ അളവിലുണ്ടാക്കുന്ന മാറ്റം (പ്രളയം), പ്രവേഗത്തിലെ മാറ്റം (ചരിവിന്റെ വ്യത്യാസം) എന്നിവമൂലം നദിയിലെ ലോഡ് നിരവധി തവണ നിക്ഷേപണത്തിനും അപരദനത്തിനും പുനർ നിക്ഷേപണത്തിനും വിധേയമാക്കപ്പെടുന്നു.

ഒരു നദീ ലോഡിന്റെ നിക്ഷേപണത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ (1) പ്രവേഗത്തിലെ കുറവ് (2) ഡിസ്ചാർജ് അല്ലെങ്കിൽ വെള്ളത്തിന്റെ വ്യാപ്തത്തിലെ കുറവ് എന്നിവയാണ്. ഒരു നദിയുടെ പ്രവാഹപാതയിൽ എവിടെയെല്ലാം അതിന്റെ പ്രവേഗം അല്ലെങ്കിൽ ഡിസ്ചാർജ് കുറയുന്നുവോ അവിടെയെല്ലാം നിക്ഷേപണം നടത്തുന്നതിനുള്ള സാഹചര്യം ഉണ്ടാകുന്നതാണ്. അതുകൊണ്ടാണ് മലമുകളിൽ നിന്നും വളരെ വേഗത്തിൽ ഒഴുകി വരുന്ന ഒരു നദി അടിവാരത്തിൽ എത്തുമ്പോൾ വലിയ അളവിൽ നിക്ഷേപണം നടക്കുന്നത്. അതുപോലെ ഒരു നിശ്ചലമായ ജലാശയത്തിലേക്ക് (ഒരു തടാകം അല്ലെങ്കിൽ കടൽ) ഒരു നദി ചേരുമ്പോൾ നദീലോഡിന്റെ വലിയ തോതിലുള്ള നിക്ഷേപണം നമുക്ക് പ്രതീക്ഷിക്കാം. അതുപോലെ തന്നെ വളരെ വേഗത്തിൽ ഒഴുകുന്ന, അവസാദങ്ങൾ നിറഞ്ഞ ഒരു പോഷകനദി വളരെ സാവധാനം ഒഴുകുന്ന ഒരു പ്രധാന നദിയിൽ ചേരുമ്പോൾ അതിന്റെ ലോഡിന്റെ ബഹുഭൂരിഭാഗവും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതിന് നിർബന്ധിതമാകും.

ഒരു നദി വരണ്ടതോ ഭാഗികമായി വരണ്ടതോ ആയ പ്രദേശത്തു കൂടി സഞ്ചരിക്കുമ്പോൾ ജലത്തിന്റെ അമിതമായ ഊർന്നിറങ്ങൽ കാരണം അതിന്റെ ഡിസ്ചാർജിൽ കുറവ് വരികയും ലോഡ് അധികരിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി ലോഡിന്റെ ഒരു ഭാഗം നിക്ഷേപണത്തിന് വിധേയമാവുകയും ചെയ്യുന്നു.

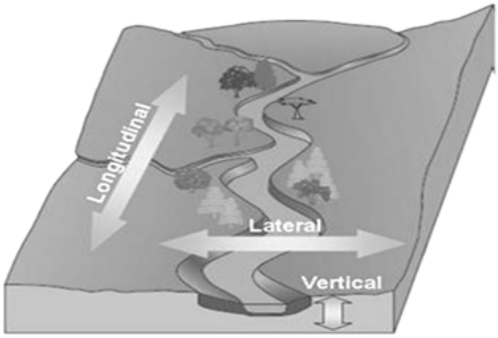
എക്കൽ (അലുവിയം) എന്നാണ് നദികൾ നിക്ഷേപണം നടത്തുന്ന അവസാദങ്ങൾക്ക് പൊതുവായി ഉപയോഗിക്കുന്ന പദം. **ഫ്ളുവിയൽ നിക്ഷേപം അലൂവിയൽ നിക്ഷേപത്തിന്റെ** പര്യായപദമാണ്. എക്കൽ സംവഹനം നടത്തുന്നത് ജലമായതിനാൽ തരം തിരിക്കപ്പെട്ടതും ശ്രേണീകരിക്കപ്പെട്ടതും എന്നാൽ ദൃഢീകരിക്ക പ്പെടാത്തതുമായ അവസാദ സംഭരണമായാണ് ഇവ കാണപ്പെടുന്നത്. ഇതിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി ഭൂദ്രവ്യശോഷണത്തിന്റെയും മറ്റ് അനുബന്ധ ചരിവ് തല പ്രക്രിയകളുടെയും ഫലമായി സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന മണ്ണും മറ്റ് ശിലാപദാർഥങ്ങളുമായാണ് കൊളൂവിയം കാണപ്പെടുന്നത്. കൊളൂവിയൽ വസ്തുക്കൾ തരംതിരിക്കപ്പെടാത്തവയും അടുക്കുകളില്ലാത്തവയും വിവിധ വലിപ്പത്തിലുള്ളവയുമാണ്.

6.9. ഫ്ളൂവിയൽ അപരദന ഭൂരൂപങ്ങൾ (Landforms of Fluvial Erosion)

കാര്യക്ഷമമായി അപരദനം നടത്തുന്ന ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട ഏജന്റുകളായാണ് നദികളെ കണക്കാക്കപ്പെടുന്നത്. നദികളുടെ അപരദനഫലമായി നിരവധി ഭൂരൂപങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്. നദീഅപരദനത്തിന്റെ പ്രധാന ഭൂരൂപങ്ങളാണ് (എ) നദീ താഴ്വരകൾ (stream valleys) (ബി) പോട്ടുഹോളുകൾ (potholes) (സി) വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങൾ (water falls) എന്നിവ

6.9.1 നദീ താഴ്വരകൾ (Stream Valleys)

ഒരു നദിയുടെ അപരദനത്തിന്റെ ഫലമായി മലകൾക്കോ പർവ്വതങ്ങൾക്കോ ഇടയിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന ദീർഘമായ ചാലുകളെയാണ് നദീ താഴ്വരകൾ എന്ന് നിർവചിക്കുന്നത്. നദീ താഴ്വരകൾ അതിന്റെ അടിത്തട്ടും പാർശ്വ ഭിത്തികളും ഉൾപ്പെട്ടതാകുന്നു.



ചിത്രം 6.15 മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത കോണുകളിലൂടെ നദികളേയും നദീ പ്രവർത്തനങ്ങളേയും വീക്ഷിക്കുന്ന വിധം

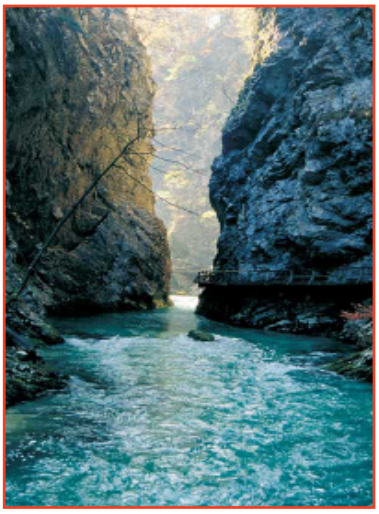
നമ്മൾ മുമ്പ് രേഖപ്പെടുത്തിയപ്പോലെ നദികൾ രൂപപ്പെടുന്നത് ആദ്യം റില്ലുകൾ കൂടിച്ചേർന്ന് ഗള്ളികളായും പിന്നീട് അവ കൂടിച്ചേർന്ന് ചെറുതും വലുതുമായ നദികളുമായാണ്. ചാനൽ ഒഴുക്കിന്റെ സമയത്ത് ഒരു നദി അതിന്റെ ചാലുകളും അനുബന്ധ താഴ്വരകളും രൂപപ്പെടുത്തുകയും പുനർ രൂപപ്പെടുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. നദികളെയും നദീ പ്രവർത്തനങ്ങളെയും മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത കോണുകളിൽ നിന്നും കാണാവുന്നതാണ് - (1) ലംബതലത്തിലും (vertical) (2) പാർശ്വതലത്തിലും (lateral)

(3) രേഖീയതലത്തിലും (longitudinal). അതുകൊണ്ടു തന്നെ ഒരു നദീതാഴ്‌വരയുടെ പരിണാമത്തെ എ) താഴ്‌വരകളുടെ ആഴം കൂട്ടൽ ബി) താഴ്‌വരകളുടെ വീതി കൂട്ടൽ സി) താഴ്‌വരകളുടെ നീളം കൂട്ടൽ എന്നീ പ്രക്രിയകൾ വഴി വിവരിക്കാവുന്നതാണ്.

എ) താഴ്‌വരകളുടെ ആഴംകൂട്ടൽ (Valley Deepening)

നദിയുടെ അടിത്തട്ടിന്റെ ആഴം വർധിക്കുന്നതു കൊണ്ടാണ് ആഴം കൂട്ടൽ സാധ്യമാകുന്നത്. നദികളുടെ ചാലുകളും താഴ്‌വരകളും ആഴം കൂടുന്ന 'കൊറേഷൻ' പ്രക്രിയ മുമ്പ് പഠിച്ച കാര്യം ഇവിടെ ഓർമിക്കുക. താഴ്‌വര രൂപീകരണത്തിന്റെ ആദ്യഘട്ടങ്ങളിൽ നദിയുടെ ഊർജത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും അതിന്റെ ചാലുകളുടെ ആഴം കൂട്ടാനാണ് ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നത്. താഴേക്കുള്ള ഛേദനം അനന്തമായി നീണ്ടു നിൽക്കുകയില്ല, അതിന് ഒരു നിമ്നപരിധിയുണ്ട്. ഇത് സാങ്കേതികമായി **ഫ്ളൂവിയൽ അപരദനത്തിന്റെ ബേസ്‌ലെവൽ (Base level of fluvial erosion)** എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്. അപരദനത്തിന്റെ ബേസ്‌ലെവലിനെ ഒരു നദിക്ക് ഭൗമോപരി തലത്തിൽ അപരദനം നടത്താൻ കഴിയുന്ന ഏറ്റവും താഴ്ന്ന പരിധി എന്നു നിർവചിക്കാം. സമുദ്രനിരപ്പ് മുതൽ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ അടിയിലൂടെ ഉൾനാട്ടിലേക്ക് വ്യാപിക്കുന്ന ഒരു സാങ്കൽപ്പിക പ്രതലമാണ് ഇത്. (പിന്നീട് മറ്റൊരിടത്ത് ചർച്ച ചെയ്തിട്ടുള്ള ചില പ്രത്യേക സാഹചര്യങ്ങളിലൊഴികെ).

തുടർച്ചയായി ആഴത്തിലുള്ള ഛേദനത്തിന്റെ ഫലമായി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ചെങ്കുത്തായ/കുത്തനെയുള്ള പാർശ്വങ്ങളോടുകൂടിയ വളരെ ആഴമുള്ളതും ഇടുങ്ങിയതുമായ താഴ്‌വരകൾ ഗോർജുകൾ (gorges) അഥവാ 'കാന്യണുകൾ' (canyons) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. (ചിത്രം 6.16)



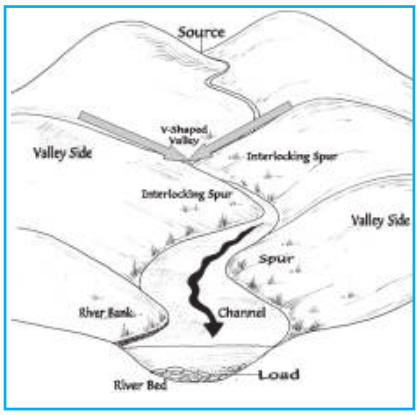
(a)

(b)

ചിത്രം 6.16 (a) ഗോർജ് (b) കാന്യൺ

ബി) താഴ്‌വരകളുടെ വീതികൂട്ടൽ (Valley Widening)

താഴേക്കുള്ള ആഴം കൂട്ടൽ പുരോഗമിക്കുകയും നദീ ചാലുകൾ ബേസ് ലെവൽ എത്തുകയും ചെയ്യുമ്പോൾ താഴ്‌വരകളുടെ വീതി കൂട്ടുന്ന പ്രക്രിയ ആരംഭിക്കുന്നു. താഴ്‌വരകളുടെ വീതികൂട്ടൽ പ്രക്രിയ (1) അപക്ഷയവും (weathering) (2) ചരിവുതല പ്രക്രിയകളും (ഓവർ ലാൻഡ് ഫ്ളോ, നീർച്ചിതറൽ അപരദനം (splash erosion), ഭൂദ്രവ്യശോഷണം) എന്നിവ കൊണ്ടുള്ള താഴേക്കുള്ള അപരദനം) സംയുക്തമായാണ് നേടിയെടുക്കുന്നത്. ചിത്രം 6.17 നദികളുടെ വീതികൂട്ടൽ പ്രക്രിയയെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.



ചിത്രം 6.17 താഴ്‌വരകൾ

താഴേക്കുള്ള ഛേദനത്തിന്റെ ഫലമായി പുതിയ ശിലോപരിതലങ്ങൾ പ്രത്യക്ഷപ്പെടുകയും, പിന്നീട് അവ വ്യത്യസ്ത അപക്ഷയ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് (അടുത്ത ഘട്ടമായ അപരദനത്തിനുള്ള തയാറെടുപ്പ് നടത്തുക) ഇരയാവുകയും ചെയ്യുന്നു. വ്യത്യസ്ത ചരിവുതല പ്രക്രിയകൾ തുടർച്ചയായി നദീതാഴ്‌വരയുടെ ഇരുവശങ്ങളിൽ നിന്നും ശിലാപദാർഥങ്ങളെ എത്തിക്കുകയും ഇവ നദിയുടെ താഴ്ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് സംവഹനം ചെയ്യപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. നിങ്ങൾ ഊഹിക്കുന്നതുപോലെ തന്നെ നദികളുടെ താഴ്‌വരകൾ ഇപ്രകാരം വികസിച്ചു കൊണ്ടേയിരിക്കും.

പാർശ്വസമതലീകരണം (Lateral Planation):

നദികൾക്കിടയിലെ ഭൂഭാഗം പാർശ്വാപരദനത്തിന്റെ ഫലമായി ഒരു സമതലമായി മാറുന്ന പ്രക്രിയയെ പാർശ്വ സമതലീകരണം എന്നു വിളിക്കുന്നു. നദീചാലുകൾ തിരശ്ചീന തലത്തിലോ, പാർശ്വതലത്തിലോ ഛേദിക്കപ്പെടുന്നതു വഴിയാണ് ഇത് സാധ്യമാകുന്നത്. ഒരു നദി അതിന്റെ സമീകൃതാവസ്ഥ (graded condition) എത്തുന്ന മുറയ്ക്കാണ് പാർശ്വപലായനം (lateral migration) ആരംഭിക്കുന്നത്. ഈ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായി നദിയിൽ മിയാൻഡറുകൾ രൂപപ്പെടുന്നതോടുകൂടി പാർശ്വതലത്തിൽ ലാറ്ററൽ പ്ലനേഷൻ പ്രക്രിയ ശക്തിപ്പെടുന്നു.

(സി) താഴ്‌വരയുടെ നീളംകൂട്ടൽ (Valley Lengthening)

പിന്നോട്ടുള്ള (headward erosion) അപരദനത്തിന്റെഫലമായാണ് സാധാരണയായി താഴ്‌വരയുടെ നീളം കൂടുന്നത്. ദൃഢശിലകളുടെ സാന്നിധ്യം നീളം കൂട്ടൽ പ്രക്രിയയെ സ്വാധീനിക്കുന്നു. ചുരുക്കിപ്പറഞ്ഞാൽ കാലക്രമത്തിൽ ആഴം കൂട്ടൽ, വീതി കൂട്ടൽ, നീളം കൂട്ടൽ തുടങ്ങിയ പ്രക്രിയകൾ വഴി നദീതാഴ്‌വരകൾ വളർന്നു കൊണ്ടേയിരിക്കും.

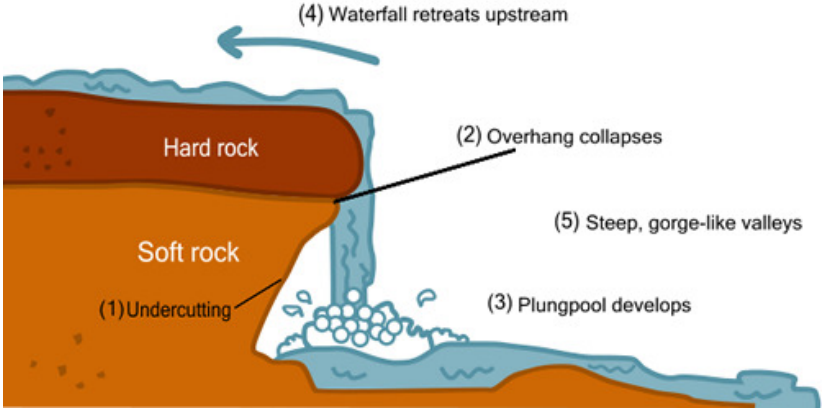
ചിത്രം 6.18 ഒരു നദീ ചാലിൽ രൂപപ്പെട്ടിട്ടുള്ള പോട്ട് ഹോളുകൾ

6.9.2 പോട്ടുഹോളുകൾ (Potholes)

ഏതെങ്കിലും എക്കൽ ആവരണം ഇല്ലാത്ത നദിചാലുകളിൽ രൂപപ്പെട്ടിട്ടുള്ള വൃത്താകൃതിയിലോ സിലിണ്ടർ ആകൃതിയിലോ ഉള്ള കുഴികളാണ് ഇവ. നദികളുടെ ഊർജം കൂടുതലുള്ള ഉന്നതതടപ്രദേശങ്ങളിലെ അടിത്തട്ടുകളിലാണ് പോട്ടുഹോളുകൾ/ ഉൾക്കുഴികൾ കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നത്. പോട്ടുഹോളുകളുടെ വ്യാസവും ആഴവും ഏതാനും സെ.മീ. മുതൽ നിരവധി മീറ്റർ വരെയാകാം (ചിത്രം 6.18).

6.9.3 വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങൾ (Waterfalls)

നദികളിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ജലം എല്ലായ്പ്പോഴും ശിലകളെ അപരദനത്തിന് വിധേയമാക്കുന്നു. എന്നാൽ ചില ശിലകൾ മറ്റുള്ളവയേക്കാൾ കൂടുതൽ പ്രതിരോധം സൃഷ്ടിക്കുന്നവയായിരിക്കും. അപരദനത്തിനു വിധേയമാകാനുള്ള ശിലകളുടെ ശേഷിയിൽ പെട്ടെന്ന് മാറ്റം വരികയോ നദീമാർഗത്തിന്റെ ചരിവ് കുത്തനെയാവുകയോ ചെയ്യുമ്പോഴാണ് വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നത്. വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങളുടെ ഉയരം ചുരുക്കം മീറ്ററുകൾ മുതൽ നിരവധി മീറ്ററുകൾ വരെ വലിയ തോതിൽ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കാം. കാലക്രമത്തിൽ ഒരു വെള്ളച്ചാട്ടം അനുക്രമമായി പുറകോട്ട് നീങ്ങികൊണ്ടിരിക്കും.



ചിത്രം 6.19 വെള്ളച്ചാട്ടം

നദീചാലിൽ വീഴുന്ന ജലം ഉണ്ടാക്കുന്ന അമിത അപരദനത്തിന്റെ ഫലമായി രൂപപ്പെട്ടിട്ടുള്ള ഗർത്തങ്ങളെ **ഉരക്കുഴികൾ (Plunge pools)** എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. നദീമാർഗങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന തുടർച്ചയായുള്ള ചെറിയ വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങളെ **റാപിഡുകൾ (rapids)** എന്നും **കാസ്കേഡുകൾ (cascades)** എന്നു സൂചിപ്പിക്കുന്നു.

455 മീ. ഉയരമുള്ള കർണ്ണാടകയിലെ വരാഹി നദിയിലെ കുഞ്ചിക്കൽ വെള്ളച്ചാട്ടമാണ് ഇന്ത്യയിലെ ഏറ്റവും ഉയരം കൂടിയ വെള്ളച്ചാട്ടം. മൂന്ന് തട്ടുകളുള്ള 300 മീ ഉയരമുള്ള വയനാട് ജില്ലയിലെ മീൻമുട്ടി വെള്ളച്ചാട്ടത്തെയാണ് കേരളത്തിലെ ഉയരം കൂടിയ വെള്ളച്ചാട്ടമായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നത്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. *ഒരു നദിയുടെ താഴ്വരയെ സജീവമാക്കി മാറ്റുന്ന അപരദനപ്രക്രിയകൾ ഏതെല്ലാം?*
2. *അടിത്തട്ട് ശിലകളെ വ്യത്യസ്ത തോതിൽ അപരദനം നടത്തുന്നതിന്റെ ഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന ഭൂരൂപത്തിന്റെ പേരെഴുതുക.*
3. *ഒരു നദീചാലിലെ ശിലാപാളികളിൽ രൂപപെട്ടിട്ടുള്ള സിലിണ്ടർ ആകൃതിയിലുള്ള ഗർത്തങ്ങൾക്ക് എന്ത് പദമാണ് ഉപയോഗിക്കുന്നത്?*

6.10 ഫ്ളൂവിയൽ നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങൾ (Fluvial Depositional Landforms)

ഫ്ളൂവിയൽ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായി നിരവധി നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങൾ രൂപപ്പെടാറുണ്ട്. ഇതിൽ പ്രധാനപ്പെട്ടവ ഈ ഭാഗത്ത് വിശദീകരിച്ചിട്ടുണ്ട്. വിവിധ രൂപത്തിലുള്ള നിക്ഷേപങ്ങൾ ഒരു നദിയുടെ പാതയിലുടനീളം രൂപപ്പെടാറുണ്ട്. എന്നാൽ ചെറിയ തോതിലുള്ള നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങൾ തുടർന്നുള്ള ചർച്ചയിൽ ഒഴിവാക്കിയിട്ടുണ്ട്.

ചിത്രം 6.20 എക്കൽ വിശറി

6.10.1 എക്കൽ വിശറികൾ (Alluvial fans)

കുത്തനെയുള്ള പർവത ഭാഗത്തു നിന്നും വരുന്ന ഒരു നദി നിരപ്പായ അടിവാരത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ, നദീചാലിന്റെ ചരിവിൽ പെട്ടെന്ന് ഗണ്യമായ കുറവ് അനുഭവപ്പെടും. അതായത് നദിയുടെ പ്രവേഗത്തിലും അതിനനുസരിച്ച് അതിന്റെ ഊർജത്തിലും കുറവ് ഉണ്ടാകുന്നു. ഇതിന്റെ പരിണിത ഫലമായി നദികൾ കൊണ്ടുവരുന്ന അവസാദത്തിന്റെ ബഹുഭൂരിഭാഗവും ഉടൻ തന്നെ അടിവാരത്ത് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. മുകളിൽ നിന്ന് വീക്ഷിക്കുമ്പോൾ ഈ നിക്ഷേപങ്ങൾ ഒരു ജാപ്പനീസ് ഫാനിന്റെ ആകൃതി കാണിക്കുന്നതിനാൽ ഇവയെ **എക്കൽ വിശറികൾ (alluvial fans)** എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത് (ചിത്രം 6.20). ഇപ്രകാരം ഗണ്യമായ ഉയരവും ചരിവും കാണിക്കുന്ന എക്കൽ ഫാൻ നിക്ഷേപങ്ങളെ **എക്കൽ കൂനകൾ (alluvial cones)** എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

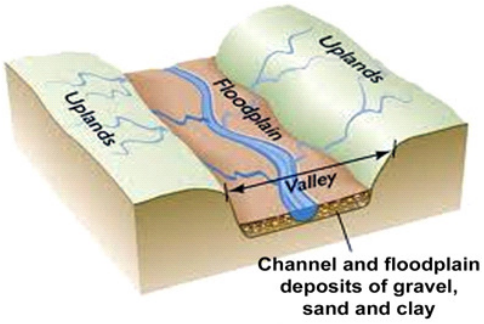
6.10.2 പീഡ്മോണ്ട് അലൂവിയൽ സമതലം (Piedmont Alluvial Plain)

സമതലം എന്നത് നിരപ്പായുള്ളതോ നേരിയ ചരിവ് കാണിക്കുന്നതോ ചെറിയ തോതിൽ നിമ്നോന്നതങ്ങൾ ഉള്ളതോ ആയ ഗണ്യമായ വിസ്തൃതിയുള്ള പ്രദേശങ്ങളാണ്. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ചില സമതലങ്ങൾ നിർമാണപ്രക്രിയകൾ വഴിയും മറ്റുള്ളവ നിമ്നീകരണപ്രക്രിയകൾ വഴിയുമാണ് രൂപപ്പെടുന്നത്. അടുത്തടുത്തുള്ള നിരവധി എക്കൽ വിശറികൾ കൂടിച്ചേർന്ന് ഒരു പർവ്വത ശൃംഖലയുടെ മുമ്പിൽ രൂപ

പ്പെട്ടുണ്ടാകുന്ന സമതലങ്ങളെ പീഡ്മോണ്ട് അലൂവിയൽ സമതലങ്ങൾ അഥവാ ഗിരിപാദ എക്കൽസമതലങ്ങൾ എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. ഇത്തരത്തിൽ അറിയപ്പെടുന്ന പ്രധാന എക്കൽസമതലങ്ങളാണ് വടക്കേ ഇന്ത്യയിലെ ഹിമാലയപർവ്വതങ്ങളുടെ അതിർത്തിയിലെ സിന്ധുഗംഗാ സമതലം.

6.10.3 നദീചാലുകളിലെ നിക്ഷേപങ്ങൾ (Stream Channel Deposits)

ഒരു അരുവിയിലെ ചാലുകളുടെ മധ്യഭാഗത്ത് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന മണൽ, ചരൽ മുതലായ നിക്ഷേപങ്ങൾക്ക് തിട്ടകൾ അഥവാ ബാർ നിക്ഷേപങ്ങൾ (bars) എന്ന് പറയുന്നു. നദികളുടെ വേഗതയോ അല്ലെങ്കിൽ ഡിസ്ചാർജോ കുറയുമ്പോൾ അതിന്റെ ബെഡ്‌ലോഡ് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. കെട്ടി പിണഞ്ഞ നദികളുമായി (braided stream) ബന്ധപ്പെട്ടാണ് ബാർ നിക്ഷേപങ്ങൾ സാധാരണയായി കണ്ടുവരാറുള്ളത്.



ചിത്രം 6.21 ഒരു നദിയുടെ പ്രളയ സമതലവും അതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട രൂപങ്ങളും

6.10.4 പ്രളയസമതല നിക്ഷേപങ്ങൾ (Floodplain Deposits)

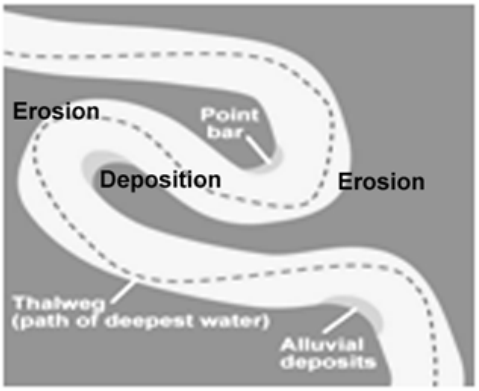
ഒരു നദിയുടെ തീരപ്രദേശങ്ങളിലായി കാണപ്പെടുന്ന, ദൃഢീകരിക്കാത്ത എക്കൽ നിറഞ്ഞ പരന്ന പ്രദേശങ്ങളാണ് പ്രളയസമതലങ്ങൾ. പ്രളയസമയത്ത് വെള്ളത്തിൽ മുങ്ങിപോകുന്ന പ്രദേശങ്ങളാണിവ. *ലാറ്ററൽ പ്ലനേഷന്റെ* ഫലമായും നദികൾ കരകവിഞ്ഞുള്ള നിക്ഷേപം നടത്തുന്നതിന്റെ ഫലമായുമാണ് പ്രളയ സമതലങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നത്. അതുകൊണ്ട് തന്നെ പ്രളയസമതലങ്ങൾ ഒരു നദിയുടെ മറ്റിടങ്ങളിൽ രൂപപ്പെടാറില്ല (ചിത്രം 6.21). ഓരോ ഋതുക്കളിലും സിൽറ്റ് (silt), കളിമണ്ണ് എന്നിവയുടെ പുതിയ പാളികൾ വന്ന് ചേരുന്നതിനാൽ പ്രളയസമതലങ്ങൾ വളരെയധികം ഫലഭൂയിഷ്ഠമായ പ്രദേശങ്ങളായിരിക്കും.

ചിത്രം 6.22 മിയാൻഡറുകൾ

6.10.5 നദികളുടെ മിയാൻഡറിങ്ങുമായി ബന്ധപ്പെട്ട നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങൾ (Depositional Features Associated with Stream Meandering)

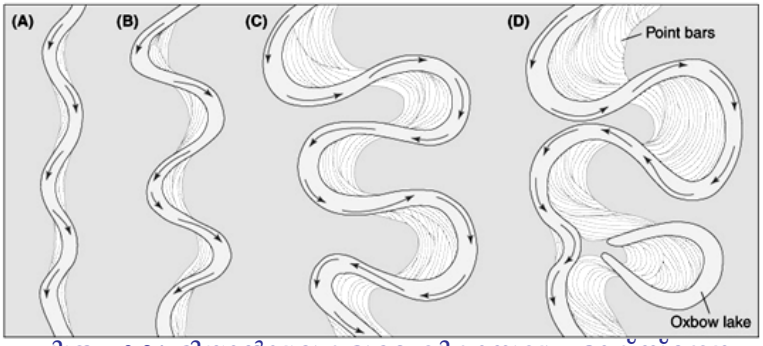
ഒരു നദിയുടെ മാർഗത്തിൽ കാണുന്ന വളഞ്ഞു പുളഞ്ഞ ഭാഗങ്ങളെയാണ് **മിയാൻഡറുകൾ** എന്നു പറയുന്നത്. (ചിത്രം 6.22)

ഇത്തരത്തിലുള്ള വളവുകൾ രൂപപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയെ **മിയാൻഡറിങ്** എന്നു പറയുന്നു.



ചിത്രം 6.23 അപരദനവും നിക്ഷേപണവും ഉൾപ്പെടുന്ന മിയാൻഡറുകളുടെ രൂപീകരണം

വലിയ നദികളുടെ മധ്യതടപ്രദേശങ്ങളിലും നിമ്നതടപ്രദേശങ്ങളിലുമാണ് മിയാൻഡറുകൾ അധികവും രൂപപ്പെടുന്നത്. (അതായത് എക്കൽതാഴ്‌വരകളിൽ). മിയാൻഡറുകളുടെ രൂപീകരണത്തിൽ അപരദന പ്രക്രിയകളും നിക്ഷേപണവും നടക്കുന്നുണ്ട് (ചിത്രം 6.23) നദികളുടെ വളവുകളിലെ അവതല ഭാഗങ്ങളിൽ (ഉൾവക്ക്) എക്കലുകളുടെ നിക്ഷേപണവും ഉത്തലഭാഗങ്ങളിൽ (പുറംവക്ക്) അപരദനവും നടക്കുന്നു. നദിയുടെ രണ്ട്



ചിത്രം 6.24 മിയാൻഡറുകളുടെ വികാസവും ഓക്സ്ബോ തടാകങ്ങളുടെ രൂപീകരണവും.

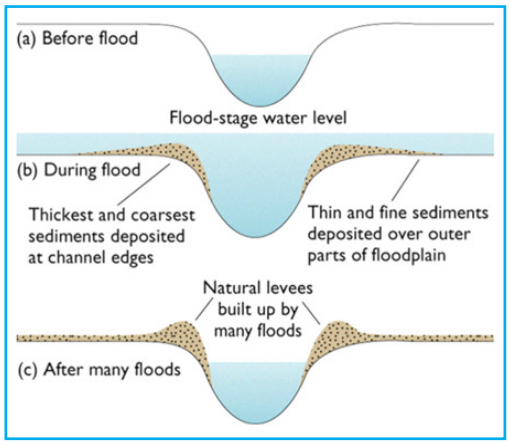
വശങ്ങളിലേയും വളവുകളിലെ വേഗതയിലുണ്ടാകുന്ന വ്യത്യാസമാണ് ഇതിനു കാരണം. ഇതിന്റെ ആകെ ഫലം എന്തെന്നാൽ കാലക്രമത്തിൽ നദിയുടെ പുറമേക്കുള്ള വളവുകൾ ക്രമമായ അപരദനത്തിനും ആന്തരിക വളവുകൾ ക്രമേണയുള്ള നിക്ഷേപണത്തിനും ഇടയായി കൊണ്ടേയിരിക്കും. (ചിത്രം 6.24 എ മുതൽ ഡി വരെ വ്യത്യസ്ത ഘട്ടങ്ങൾ കാണിച്ചിരിക്കുന്നതുപോലെ). നദികളുടെ ഉൾഭാഗത്തുള്ള വളവുകളിൽ ശേഖരിക്കുന്ന മണൽ, ചരൽ നിക്ഷേപങ്ങൾ അവസാദ തിട്ടകൾ അഥവാ **പോയിന്റ് ബാറുകൾ (point bars)** എന്നാണ് അറിയപ്പെടുന്നത്.

(എ) ഓക്സ്ബോ തടാകം (Oxbow Lake)

പ്രളയസമയത്ത് നദികൾ മിയാൻഡറുകളിലെത്തുമ്പോൾ കൂടുതൽ ജലം ഒഴുക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി അവ മിയാൻഡർ വളവുകളുടെ നേർത്ത കഴുത്തുഭാഗം ഛേദിക്കുകയും അതിന്റെ പാത ചുരുക്കുകയും നേരെയാക്കുകയും ചെയ്യും. ഈ പ്രക്രിയ നദീചാലിന്റെ വളവിൽ ഒരു ഒറ്റപ്പെട്ട ഭൂപ്രദേശത്തെ വേർപ്പെടുത്തുന്നു. (സ്വതന്ത്രജലാശയം അല്ലെങ്കിൽ നദിയുടെ ഭാഗം).

ഇപ്രകാരം ഒറ്റപെട്ടു കിടക്കുന്ന, കുതിര ലാടത്തിന്റെ അല്ലെങ്കിൽ ചന്ദ്രക്കലയുടെ ആകൃതിയിൽ പ്രളയസമതലങ്ങളിൽ മാത്രം രൂപപ്പെട്ട് കാണുന്ന ജലാശയങ്ങളെ

ഓക്സ്ബോ തടാകങ്ങൾ എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്.

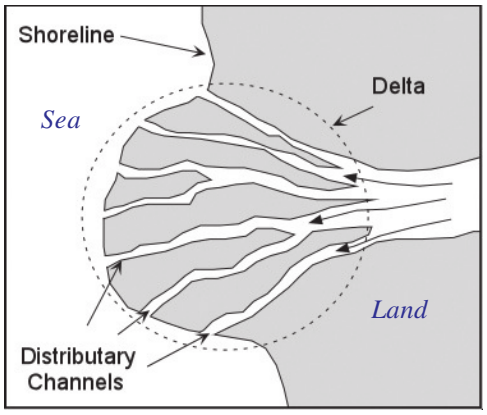


ചിത്രം 6.25 നൈസർഗ്ഗിക തടകളുടെ വികാസം

(ബി)നദീതീര തിട്ടകൾ (Natural Levees)

താരതമ്യേന വിശാലമായി കാണപ്പെടുന്ന നദീചാലുകളുടെ ഇരുവശങ്ങളിലും രൂപപ്പെട്ടിട്ടുള്ള എക്കൽ കൊണ്ടുള്ള കുടുസ്സായ വരമ്പുകളാണ് നൈസർഗിക തിട്ടകൾ. പ്രളയസമയത്ത് ഒരു നദി അതിന്റെ കരകവിഞ്ഞൊഴുകുമ്പോൾ കേന്ദ്ര ചാലിലൂടെ വേഗത്തിൽ ഒഴുകുന്ന ആഴത്തിലുള്ള ജലവും അടുത്തുള്ള പ്രളയ സമതലത്തിലൂടെ താരതമ്യേന മന്ദഗതിയിൽ ഒഴുകുന്ന ആഴം കുറഞ്ഞ ജലവും തമ്മിലുള്ള ഇടപെടലിന്റെ ഫലമായി പരസ്പരം ഇടനാഴികളിൽ നദീ അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കുന്നതിന് ഇടയാക്കുന്നു. വർഷങ്ങളായി തുടർച്ചയായുണ്ടാകുന്ന പ്രളയങ്ങൾ ഇത്തരത്തിൽ നദീചാലിന്റെ ഇരുവശവും വരമ്പുകൾ അല്ലെങ്കിൽ തടകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു (ചിത്രം 6.25) ലോകത്തിന്റെ പല ഭാഗത്തും വെള്ളപ്പൊക്കസമയത്ത് ഇത് മനുഷ്യർക്കും മൃഗങ്ങൾക്കും സംരക്ഷണം നൽകുന്നു.

വെള്ളപ്പൊക്കത്തിൽ നിന്നും സമീപ പ്രദേശങ്ങളിലെ നഗരപാർപ്പിടങ്ങളെ സംരക്ഷിക്കുന്നതിനായി നിർമിക്കുന്ന കൃത്രിമബണ്ടുകളിൽ നിന്നും ഇവയെ വേർത്തിരിച്ചറിയുന്നതിനു വേണ്ടിയാണ് ഈ തരത്തിലുള്ള ഫ്ളൂവിയൽ നിക്ഷേപണഭൂരൂപങ്ങളെ "നൈസർഗിക തിട്ടകൾ " എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്.



ചിത്രം 6.26 ഡെൽറ്റ

(സി) ഡെൽറ്റ (Delta)

ഒരു നദി കടലിലേക്ക് ചെന്ന് ചേരുമ്പോൾ നദീമുഖത്ത് രൂപപ്പെടുന്ന ഏകദേശം ത്രികോണാകൃതിയിലുള്ള ഫ്ളൂവിയൽ ഭൂരൂപമാണ് ഡെൽറ്റ (ചിത്രം 6.26). ഒരു നിശ്ചലമായ തടാകത്തിൽ അല്ലെങ്കിൽ നദീ സമുദ്രത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ വേഗതയിൽ സാവധാനം കുറവ് വരികയും തൽഫലമായി അതിലെ ലോഡ് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. അലിഞ്ഞു ചേർന്നിട്ടുള്ള ലോഡ് ഒഴികെയുള്ളവയിൽ ഭൂരിഭാഗവും വേഗതയുടെ കുറവിന് ആനുപാതികമായി നിക്ഷേപിച്ചുകൊണ്ടേയിരിക്കും. വളരെ വലുതും ഭാരമുള്ളതുമായ ലോഡുകൾ ആദ്യമാദ്യവും ചെറുതും ഭാരം കുറഞ്ഞവയും പിന്നീടും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു.

ഒരു നദി ഡെൽറ്റയിലേക്ക് പ്രവേശിക്കുമ്പോൾ പ്രധാനനദി നിരവധി ചെറിയ കൈവഴികളായി വിഭജിച്ചുകൊണ്ടേയിരിക്കും (distributary). പ്രധാന നദിയിലേക്ക് ജലം എത്തിക്കുന്ന പോഷകനദികളിൽ നിന്നും വിഭിന്നമായി കൈവഴികൾ പ്രധാന നദിയിൽ നിന്നും ജല വിതരണമാണ് ചെയ്യാറുള്ളത്. ഗ്രീക്ക് ഭാഷയിലെ ഡെൽറ്റ അക്ഷരം (Δ) ത്രികോണാകൃതി പോലെ തോന്നുന്നതിനാലാണ് ഇത്തരം നദീ ഭൂരൂപങ്ങൾക്ക് **ഡെൽറ്റ** എന്ന പേര് നിൽകിയിട്ടുള്ളത്. എന്നാൽ നൈൽ നദിയുടെ ഡെൽറ്റയ്ക്ക് ഒഴികെ മറ്റ് നദികൾക്കൊന്നും കൃത്യമായ ഡെൽറ്റ ആകൃതിയല്ല ഉള്ളത്. കടൽതീരങ്ങളുടെ ആകൃതിയിലെ വ്യത്യാസവും തിരമാലകളുടെയും സമുദ്രജല പ്രവാഹങ്ങളുടെയും ശക്തിയിലെ ഏറ്റകുറച്ചിലുമാണ് കൃത്യമായ ഡെൽറ്റ ആകൃതിയിൽ നിന്നും വ്യതിയാനമുള്ള ഡെൽറ്റാരൂപം ഉണ്ടാകുന്നതിന് കാരണമാകുന്നത്. ഡെൽറ്റകൾ രൂപപ്പെടാത്ത നദീമുഖങ്ങളെ **അഴിമുഖങ്ങൾ (Estuaries)** എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. നമ്മുടെ സംസ്ഥാനമായ കേരളത്തിലെ നദികളുടെ നദീമുഖങ്ങളെല്ലാം ഈ വിഭാഗത്തിൽപ്പെടുന്നവയാണ്. ലോകത്തിലെ പ്രധാന ഡെൽറ്റകളാണ് നൈൽ ഡെൽറ്റ, സിന്ധു ഡെൽറ്റ, മിസ്സിസ്സിപ്പി ഡെൽറ്റ, ഗംഗ ബ്രഹ്മപുത്ര ഡെൽറ്റ (സുന്ദർബൻസ്) മുതലായവ.

നമുക്ക് പ്രവർത്തിക്കാം

1. *ഫ്ളൂവിയൽ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായി രൂപപ്പെടുന്ന അപരദന ഭൂരൂപങ്ങളുടേയും നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങളുടേയും ഒരു ആൽബം തയാറാക്കുക.*
2. *ഗൂഗിൾ എർത്ത് മാപ്പ് ഉപയോഗിച്ച് ഒരു നദിയുടെ ഉത്ഭവം മുതൽ അവസാനം വരെയുള്ള ഗതി പിന്തുടർന്ന് നദിയുടെ ജിയോളജിക്കൽ പ്രവർത്തനം മൂലം രൂപപെട്ടിട്ടുള്ള ഭൂരൂപങ്ങൾ കണ്ടെത്തുക.*

പഠന പുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. *കൈവഴികൾ രൂപപ്പെടുന്നത് ഒരു നദീചാലിൽ എവിടെയായിരിക്കും?*
2. *മിയാൻഡറുകൾ രൂപപ്പെടുന്നത് എങ്ങനെയാണ്?*
3. *നൈസർഗികതടകൾ എന്നാൽ എന്ത്?*

6.11 ബേസ്ലെവൽ എന്ന ആശയം (The Concept of Base Level)

നദികൾക്ക് ഭൗമോപരിതലത്തിൽ അപരദനം നടത്താമെന്നും താഴ്വരകൾ, കാന യോണുകൾ തുടങ്ങിയ വിവിധ തരം ഭൂരൂപങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കാനാകുമെന്നും നിങ്ങൾ മനസിലാക്കിയല്ലോ. എന്നാൽ ഒരു നദിക്ക് അപരദനം നടത്താൻ കഴിയുന്ന ഏറ്റവും താഴ്ന്ന വിതാനം ഏത് വരെയാണെന്ന് നിങ്ങൾക്ക് പറയാമോ? നദികളുടെ അപരദന ത്തെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുമ്പോൾ ഉപയോഗിക്കുന്ന ഒരു അടിസ്ഥാന സങ്കൽപ്പമാണ് ബേസ് ലെവൽ (പാദവിതാനം) എന്നത്. ഒരു നദിയുടെ അപരദനത്തിന്റെ 'ബേസ്ലെവൽ' എന്നത് *അതിന്റെ ചാലിൽ അപരദനം നടത്തുവാൻ കഴിയുന്ന ഏറ്റവും താഴ്ന്ന വിതാനമാണ്.* നദികൾ താഴേക്ക് ഒഴുകുമ്പോൾ അതിന്റെ ചാലുകളിൽ അപരദനം

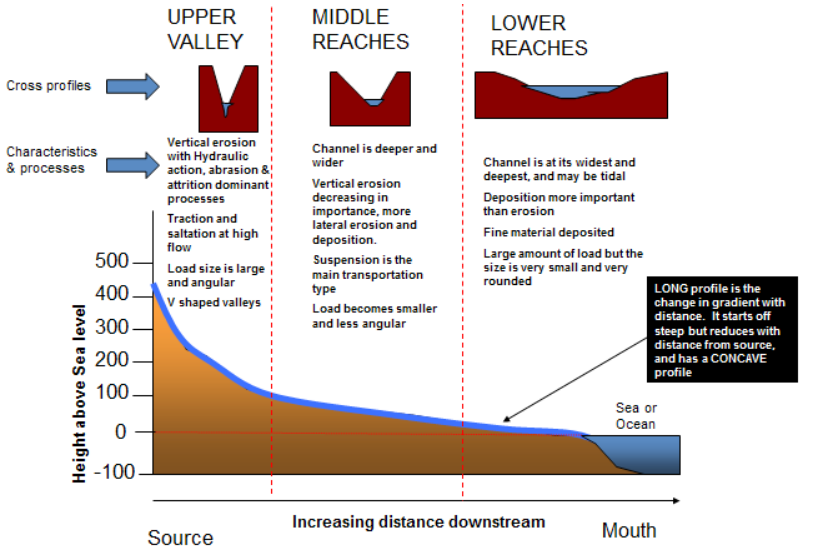
നടത്തുകയും അതിന്റെ അടിത്തട്ടിനെ ബേസ്‌ലെവലിലേയ്ക്ക് താഴ്ത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയുമാണ് ചെയ്യുന്നത്. സാധാരണയായി സമുദ്രനിരപ്പിനെയാണ് *ഫ്ളൂവിയൽ അപരദനത്തിന്റെ ആത്യന്തിക പാദവിതാനമായി (ultimate baselevel) കണക്കാക്കുന്നത്.*

പോഷകനദികളെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ആ നദികൾ അവ പ്രധാന നദിയിൽ ചേരുന്നിടത്തെ പ്രധാനനദിയിലെ ജലവിതാനമാണ് അതിന്റെ ബേസ്‌ലെവൽ. ഇത്തരത്തിലുള്ള ബേസ്‌ലെവലുകളെ *പ്രാദേശിക പാദവിതാനം (local base level)* എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. ഇതുപോലെ അണക്കെട്ടുകളുടേയും അനുബന്ധ ജലസംഭരണികളുടെയും നിർമാണം ആ പ്രദേശത്ത് ഒരു പ്രാദേശിക പാദവിതാനം സൃഷ്ടിക്കും. ഇപ്രകാരം ആ നദിയുടെ അടിയിലേക്കുള്ള ഛേദനം അണക്കെട്ടിലെ ജലനിരപ്പിനനുസരിച്ച് നിയന്ത്രിക്കാനാകുന്നു. ഇതു കൊണ്ടാണ് ഒരു നദിയുടെ ഉയർന്ന ഭാഗത്തുള്ള അണക്കെട്ടിനടുത്ത് വച്ച് നദി അതിന്റെ താഴേയ്ക്കുള്ള ഛേദനം താൽക്കാലികമായി നിറുത്തിവെയ്ക്കുന്നത്. ഇതുപോലെ ഒരു തടാകത്തിന്റെ ഉപരിതലം ഇപ്രകാരം അതിലേക്ക് ഒഴുകി ചേരുന്ന നദിയുടെ പ്രാദേശിക ബേസ് ലെവലായി മാറുന്നു. കാരണം, ഒരു നിശ്ചലമായ ജലാശയത്തിലേക്ക് എത്തുമ്പോൾ നദിയുടെ വേഗത പൂജ്യത്തിലെത്തുകയും നദീഊർജം അടിഭാഗം ഛേദിക്കുന്നതിന് മതിയാവാതെ വരികയും ചെയ്യുന്നു. ഒരു നീർത്തടത്തിൽ നിരവധി പ്രാദേശിക പാദവിതാനങ്ങൾ സാധ്യമാണ്. എന്നാൽ ഭൂവൈജ്ഞാനികത്തിന്റെ ഭാഷയിൽ ഇതെല്ലാം താൽക്കാലിക പാദവിതാനങ്ങളാണ്. ആത്യന്തിക പാദവിതാനം പോലും സ്ഥിരമല്ല കാരണം, ലോകത്തിന്റെ ശരാശരി സമുദ്രനിരപ്പിലുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ ഇതിനെ സ്വാധീനിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കും. എല്ലാ നദികളും അതിന്റെ ചാലുകളെ ശരാശരി സമുദ്രനിരപ്പ് വരെ അപരദനം നടത്തികൊണ്ടിരിക്കും **ആത്യന്തിക പാദവിതാനം (ultimate base level)** എന്നാണ് ഇത് അറിയപ്പെടുന്നത്. ഒരു നദിയിൽ അണക്കെട്ട് നിർമിക്കുമ്പോൾ അവിടത്തെ പ്രാദേശിക പാദവിതാനത്തിന് മാറ്റം സംഭവിച്ച് പുതിയ പ്രാദേശിക പാദവിതാനം (സംഭരണിയുടെ ജലവിതാനം) അവിടെ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. അതിന്റെ ഫലമായി നദിയുടെ വേഗതയിൽ കുറവ് വരികയും അവിടെ അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപണത്തിനു വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയും ചെയ്യും.

അണക്കെട്ട് നിർമാണത്തിന്റെ ഫലമായി പ്രാദേശിക പാദവിതാനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നതിനാൽ പർവത പ്രദേശങ്ങളിൽ നിർമിച്ചിട്ടുള്ള അണക്കെട്ടുകളിൽ എക്കൽ അടിയുന്നതിനും അണക്കെട്ടിന്റെ ആയുസ് കുറയുന്നതിനും കാരണമാകുന്ന ഗൗരവമായ പ്രശ്നമാണ് ഇവ സൃഷ്ടിക്കുന്നത്.

ലോങ്പ്രൊഫൈലും ഗ്രേഡഡ് പ്രൊഫൈലും പാർശ്വ ദൃശ്യവും (Long profile and graded profile)

ഒരു നദിയുടെ ലോങ്പ്രൈഫൈൽ (ദീർഘാകൃതിഛേദം) അതിന്റെ ഉത്ഭവസ്ഥാനത്ത് നിന്നും നദീമുഖത്തേയ്ക്ക് എത്തുമ്പോൾ അതിന്റെ ചരിവ്, തോത് എങ്ങനെ മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു എന്നതാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഒരു നദിയുടെ ഉൽഭവം മുതൽ നദീമുഖം



ചിത്രം 6.27 ഒരു നദിയുടെ അനുരേഖാംശീയ ഛേദത്തിന്റെ രേഖാചിത്രം

വരെയുള്ള മാർഗത്തെ അടയാളപ്പെടുത്തിയിട്ടുള്ള രൂപരേഖയാണ് ദീർഘാകൃതി ഛേദം. നദികളുടെ നീണ്ട പരിഛേദം പരിശോധിക്കുമ്പോൾ അതിന് മൊത്തത്തിൽ ഒരു അവതല രൂപമാണ് ഉള്ളതെന്ന് കാണാം - കുത്തനെയുള്ള ഒരു ഉയർന്ന തടവും സൗമ്യമായ അല്ലെങ്കിൽ നിരപ്പായ ഒരു താഴ്ന്നതടവും. ഒരു നദിയുടെ നീണ്ട ഛേദത്തിന്റെ രേഖാ ചിത്രം ചിത്രം 6.27 ൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്.

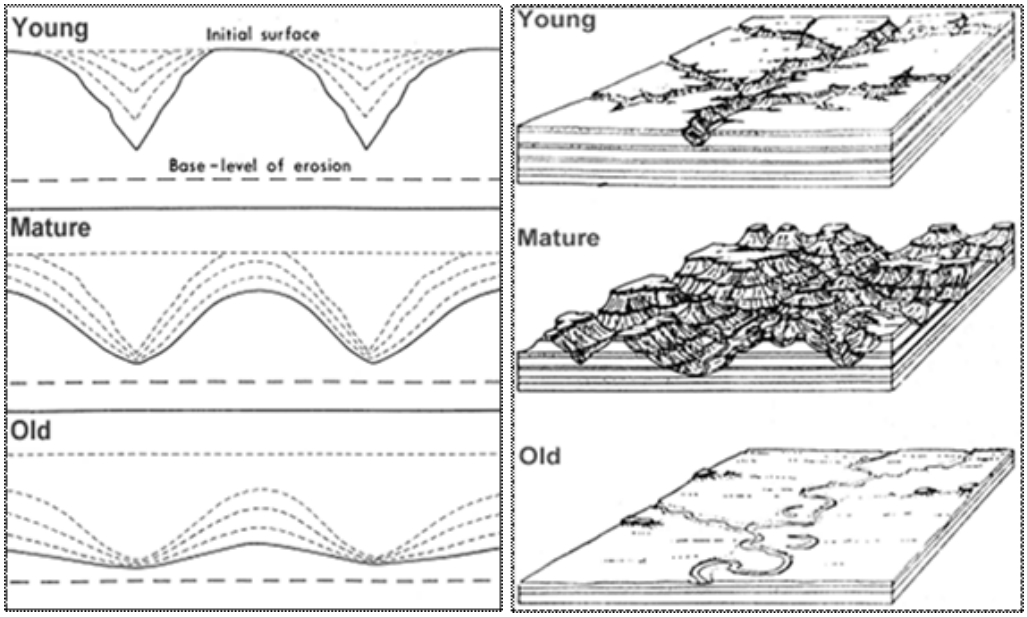
ഒരു നദിയുടെ ലോങ് പ്രൊഫൈൽ പെട്ടെന്നുള്ള അല്ലെങ്കിൽ ഗണ്യമായ മാറ്റം കാണുന്ന ബിന്ദുവിനെ **നിക്ക് പോയിന്റ് (Knick Point)** എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. നദിയുടെ മാർഗത്തിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന താരതമ്യേന കൂടുതൽ പ്രതിരോധശേഷിയുള്ള പാറകളുടെ സാന്നിധ്യത്തെ ഇത് അടയാളപ്പെടുത്തുന്നു. വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങളും ചെറു വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങളും ഇത്തരം സ്ഥലങ്ങളിൽ ഉണ്ടാകാറുണ്ട്.

മുകളിലത്തെ രൂപരേഖയിൽ ഒരു നദിയുടെ ക്രോസ് പ്രൊഫൈലിലെ (തിരശ്ചീന ഛേദം) താഴ്വരയുടെ ഉയർന്ന-മധ്യ ഇടങ്ങളിലെ മാറ്റങ്ങൾ പ്രത്യേകം ശ്രദ്ധിക്കുക.

ഒരു നദിയിലെ അപരദനവും നിക്ഷേപണവും സമതുലിതമാകുമ്പോൾ അതായത് നദിയിലേക്ക് വരുന്ന വസ്തുക്കളുടെ അളവും നദിയിൽ നിന്നും നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന വസ്തുക്കളുടെ അളവും സമതുലിതാവസ്ഥ നേടുമ്പോൾ നദിയുടെ നീണ്ടഛേദം ഉയർച്ച-താഴ്ച എന്നീ ക്രമരാഹിത്യ രഹിതവും മുകൾഭാഗം ഉത്തലമായതുമായിരിക്കും. ഈ ഘട്ടത്തിൽ നദീചാലിലെ എല്ലാ ക്രമരാഹിത്യങ്ങളും ഇല്ലാതാക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടാകും. ഇത്തരം ഘട്ടത്തിൽ എത്തിനിൽക്കുന്ന നദി സംതുലിത സാഹചര്യം എത്തി എന്നും അതിനനുസരിച്ചുള്ള പരിഛേദത്തെ ഗ്രേഡഡ് പ്രൊഫൈൽ (graded profile) എന്നും പറയുന്നു. ഗ്രേഡഡ് പ്രൊഫൈൽ എന്ന ആശയം പ്രകൃതിയിൽ യഥാർഥത്തിൽ സംഭവിക്കാത്തതിനാൽ ഇത് സൈദ്ധാന്തികമായ ഒരു ആശയം മാത്രമാണ്.

6.12 നദീ താഴ്‌വരകളുടെ പരിണാമത്തിലെ വിവിധ ഘട്ടങ്ങൾ (Stages in the Evolution of Stream Valleys)

നദീ താഴ്‌വരകളുടെ പരിണാമത്തിൽ നമുക്ക് മൂന്ന് ഘട്ടങ്ങൾ തിരിച്ചറിയാനാവും, (1) യൗവ്വനഘട്ടം, (2) മധ്യമഘട്ടം, (3) വാർധക്യഘട്ടം എന്നിങ്ങനെയാണ് അവ



ചിത്രം 6.28 നദീ താഴ്‌വരകളുടെ രൂപീകരണത്തിലെ യൗവ്വന, മധ്യമ, വാർദ്ധക്യ ഘട്ടങ്ങൾ

6.12.1 യൗവ്വനഘട്ടം (The Youthful Stage)

ഈ ഘട്ടത്തിൽ നദികൾ കുത്തനെയുള്ളതോ അതിനോട് സമാനമായതോ ആയ വശങ്ങളോട് കൂടിയ (കാനിയോണുകൾ അല്ലെങ്കിൽ ഗോർജുകൾ) താഴ്‌വരകളിലൂടെയായിരിക്കും ഒഴുകുന്നത്. ഉയർന്ന വേഗതയോടെ പ്രക്ഷുബ്ധമായും വലിയ ശബ്ദത്തോടും കൂടിയുമായിരിക്കും നദീ ജലത്തിന്റെ സഞ്ചാരം. നദിയുടെ ഊർജം മുഴുവൻ ചാലുകളുടെ അടിഭാഗം ഛേദിക്കുന്നതിന് ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നതിനാൽ തന്നെ ഇത്തരം താഴ്‌വരകളിൽ നിക്ഷേപണത്തിന്റെ യാതൊരു സൂചനകളോ നിക്ഷേപഭൂരൂപങ്ങളോ കാണപ്പെടുകയില്ല. ഇതിനോട് ചേർന്നിട്ടുള്ള മുഴുവൻ ചാലുകളിലും ധാരാളം പോട്ട് ഹോളുകൾ, വലിയ ശിലാകഷ്ണങ്ങളായ ബോൾഡറുകൾ, കോബിളുകൾ എന്നിവ കാണപ്പെടുന്നു. നദികളുടെ യൗവ്വന ഘട്ടത്തിൽ വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങൾ, റാപിഡുകൾ, കാസ്കേഡുകൾ എന്നിവയാൽ നദീതടം വളരെയധികം ക്രമരഹിതവുമായിരിക്കും. പശ്ചിമഘട്ടം പോലെയുള്ള പർവ്വതങ്ങളുടെ ഉയർന്ന തടങ്ങൾ ഇത്തരത്തിൽ യൗവ്വന ഘട്ടത്തിലുള്ള താഴ്‌വരകളുടെ പ്രത്യേകതകൾ നിറഞ്ഞതാണ്.

6.12.2 മധ്യമഘട്ടം (The Mature Stage)

യൗവ്വനഘട്ടം കഴിഞ്ഞാൽ ഉടൻ തന്നെ നദീതാഴ്‌വരകൾ ക്രമാനുഗതമായി വികസിക്കുവാൻ തുടങ്ങുന്നു. നമ്മൾ മുമ്പ് മനസ്സിലാക്കിയത് പോലെ വ്യത്യസ്ത

ചരിവുപ്രക്രിയകൾ വഴിയും ചാലുകളുടെ അപരദനം വഴിയുമാണ് ഇത് സാധ്യമാകുന്നത്. അങ്ങനെ തുടക്കത്തിൽ ലംബതലത്തിലുണ്ടായിരുന്ന നദിയുടെ ഛേദം 'V' ആകൃതി കൈവരിക്കുന്നു. സമീകൃതസാഹചര്യം പിന്നിടുന്ന ഈ ഘട്ടത്തിൽ നദീതടം മുതിർന്ന ഘട്ടം എത്തി എന്ന് അനുമാനിക്കുന്നു. മുതിർന്ന ഘട്ടത്തിലെത്തിയ നദീതാഴ്‌വരകളിൽ മിയാൻഡറിംങ്ങും അതുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ലാറ്ററൽ പ്ലനേഷനും ആരംഭിക്കുന്നതിനാൽ വിശാലമായ താഴ്‌വരകൾ സൃഷ്ടിക്കുന്ന പ്രക്രിയകൾ നടക്കുന്നു. മുതിർന്ന ഘട്ടം പിന്നിട്ട നദികളിൽ മിയാൻഡറുകൾ, ഓക്സ്ബോ തടാകങ്ങൾ, നൈസർഗിക തടകൾ എന്നിങ്ങനെയുള്ള പ്രത്യേക ഭൂരൂപങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു.

6.12.3 വാർധക്യ ഘട്ടം (The Old Stage)

വാർധക്യഘട്ടത്തിൽ ഒരു നദി ഇരുഭാഗത്തും വിശാലമായ പ്രളയസമതലങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഇടയിലുള്ള ഉയർന്ന പ്രദേശങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത ചരിവുപ്രക്രിയകൾ വഴി സാവധാനം ചെറുതാവുകയും നദീ ചാലുകൾ പ്രാദേശിക ബേസ്‌ലെവലിനടുത്ത് എത്തി നിൽക്കുകയുമായിരിക്കും. എണ്ണമറ്റ ഓക്സ്ബോ തടാകങ്ങളും മിയാൻഡർ വളവുകളും ഈ ഘട്ടത്തിലെ പ്രധാന ഭൂരൂപങ്ങളായിരിക്കും.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. *ഒരു നദിക്ക് അതിന്റെ ചാലിനെ അപരദനത്തിന് വിധേയമാക്കാവുന്ന ഏറ്റവും താഴ്ന്ന പരിധി ഏതാണ്?*
2. *നദീചാലുകളിലെ വ്യത്യസ്ത പാദവിതാനങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണം നൽകുക?*
3. *ഒരു നദിയുടെ താഴ്‌വരയുടെ രൂപീകരണത്തിലെ യൗവ്വന, മധ്യമ, വാർധക്യ ഘട്ടങ്ങളിലെ വിവിധ ഭൂരൂപങ്ങളുടെ പ്രത്യേകതകൾ എന്തെല്ലാം?*

ഫ്ളൂവിയൽ ഡെന്യൂഡേഷൻ മേഖലകളിലെ പരിണാമഘട്ടങ്ങൾ (Stages of evolution of regions of fluvial denudation)

മറ്റേതൊരു കാരകങ്ങളുമായി (കാറ്റ്, ഹിമാനി മുതലായവ) ബന്ധപ്പെട്ട പ്രക്രിയകളേക്കാൾ കൂടുതൽ കരഭാഗങ്ങൾ നദികളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് വിധേയമായിട്ടുണ്ട്. നദികളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഭൂപ്രകൃതികളെ കുറിച്ചുള്ള ശ്രദ്ധാപൂർവമായ പഠനങ്ങൾ അത്തരം പ്രദേശങ്ങൾ ഒരു പ്രാരംഭഘട്ടത്തിൽ നിന്നും പരിണമിച്ച് തുടർച്ചയായ ഘട്ടങ്ങളിലൂടെ കടന്നുപോകുകയും ഒടുവിൽ അന്തിമഘട്ടത്തിൽ എത്തിച്ചേരുകയും ചെയ്യുന്നു എന്ന് വ്യക്തമായി.

പ്രാരംഭഘട്ടമെന്ന ആശയം ലളിതമായ ഒന്നല്ല. ഇത് മിക്കവാറും സാങ്കൽപ്പികമാണ്. എന്നിരുന്നാലും നദികളുടെ പ്രവർത്തനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഛായാപടങ്ങൾ ശേഖരിച്ചാൽ ഇവയെ യുക്തിസഹമായി ഒരു ശ്രേണിയിൽ ക്രമീകരിക്കുന്നതിനും അത്തരം ഒരു ശ്രേണി ഒരു പ്രദേശത്തിന്റെ പരിണാമത്തിന്റെ ഒരു പൊതുഗതിയെക്കുറിച്ച് വിശദമാക്കുന്നതിന്

സഹായകമാകുന്നു.. ഈ പാഠഭാഗത്ത് നമ്മൾ പഠിച്ചതുപോലെ ഒരു നദിയുടെ പാർശ്വ ഛേദം തുടക്കത്തിൽ കുത്തനെയുള്ളതും ലംബമായതും (കാനിയോൺ അല്ലെങ്കിൽ ഗോർജ് പോലെ) ആയിരുന്നെന്നും എന്നാൽ അവയുടെ പരിണാമ കാലത്ത് അത് "V" ആകൃതിയിൽ രൂപാന്തരപ്പെടുകയും പിന്നീട് "U" ആകൃതിയും ആയിമാറും എന്നാണ്. അതുപോലെ ഒരു നദീതാഴ്‌വരയുടെ പരിണാമ കാലത്ത് അതിന്റെ അനുരേഖീയ ഛേദം ക്രമേണ രൂപാന്തരപ്പെടുകയും എല്ലാ ക്രമരാഹിത്യങ്ങളും (വെള്ളച്ചാട്ടം, ചെറുവെള്ളച്ചാട്ടം) തുടങ്ങിയവ ഉറവിടത്തിലെ അവതല വക്രതയിൽ നിന്നും ചെങ്കുത്തായതിൽ നിന്നും മാറി മൃദുവായതായി അവസാനഘട്ടത്തിൽ മാറുകയും ചെയ്യുന്നു.

നദീതാഴ്‌വരകളിൽ നടക്കുന്ന പരിവർത്തനങ്ങളോടൊപ്പം അനുബന്ധ ഭൂപ്രകൃതികളും വലിയ മാറ്റങ്ങൾക്ക് വിധേയമാകും. നദികളുടെ നിമ്നീകരണത്തിനു വിധേയമാകുന്ന മേഖലകളെ ഭൂവൈജ്ഞാനികർ മൂന്നായി വിഭജിക്കുന്നു.

(1) യൗവ്വനഘട്ടം (2) മധ്യമഘട്ടം (3) വാർദ്ധക്യഘട്ടം

ഒരു നദി പക്വത കൈവരിക്കുന്ന ഘട്ടത്തിൽ ആ പ്രദദേശത്തെ ഭൂപ്രകൃതിയുടെ ഉന്നതി (relief) പരമാവധി ആയിരിക്കും. അനേക ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾ എടുക്കുന്ന ഭൂപ്രകൃതിയുടെ പരിണാമ പ്രക്രിയയിൽ തടസങ്ങളൊന്നും ഉണ്ടാകുന്നില്ലെങ്കിൽ അവസാനത്തേത് നേരത്തെ സൂചിപ്പിച്ച അവസാനഘട്ടത്തിൽ എത്തിയിരിക്കും. സാധാരണ തടസങ്ങളായിട്ടുള്ളവ അടിസ്ഥാന നിരപ്പിലെ വ്യത്യാസം, പ്രാദേശിക ഋതുമാറ്റം (ഇത് മഴയുടെ അളവിനെ ബാധിക്കുന്നു) ഈ മേഖലയെ ബാധിക്കുന്ന ടെക്റ്റോണിക് അസ്വാസ്ഥ്യങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയാണ്. അന്തിമഘട്ടമെന്നത് ഒരു സൈദ്ധാന്തിക ആശയം മാത്രമാണെങ്കിലും ഭൂപ്രദേശത്തെ പ്രാദേശിക അടിസ്ഥാന വിതാനത്തിലേക്ക് നിമ്നീകരിക്കപ്പെട്ട അവസ്ഥയിലേക്ക് മാറ്റപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടാകും. ഇത്തരം ഉപരിതലങ്ങളെ **പെനിപ്ലെയ്ൻ (Peneplain)** എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്. പെനിപ്ലെയ്ൻ എന്നത് മൃദുവായ ഉയർച്ച താഴ്ചകളുള്ള മിക്കവാറും ഭൂരൂപങ്ങളൊന്നുമില്ലാത്ത (തത്ത്വത്തിൽ) നദിയുടെ അപരദനഫലമായുണ്ടായിട്ടുള്ള തീരെ ചരിവില്ലാത്തതും തുടർന്നും ഒരു അപരദനം സാധ്യമല്ലാത്തതുമായ സമതലമാണ്. 1889 ൽ വില്യം എം. ഡേവിസ് ആണ് പെനിപ്ലെയ്ൻ എന്ന നാമകരണം നൽകിയത്. പെനിപ്ലെയ്നിന്റെ പൊതുവായ ഉപരിതലത്തിനു മുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഒറ്റപ്പെട്ടു നിൽക്കുന്ന ഉറപ്പുള്ള ശിലാവശിഷ്ടങ്ങളെ **മൊണാഡ്നോക്ക് (Monadnock)** എന്നാണ് വിളിക്കുന്നത്.

ഒരു നദിയുടെ പരിണാമ പ്രവർത്തനങ്ങൾക്ക് തടസമാവാതെ നിൽക്കുന്ന പ്രത്യേകതരം ഭൂപ്രകൃതിയെ **(Monocyclic)** എന്നാണ് വിവരിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഇത്തരത്തിലുള്ള ഭൂപ്രകൃതി വളരെ അപൂർവ്വവും മിക്കവാറും പ്രദേശങ്ങളെല്ലാം തന്നെ **(Poly cyclic)** അഥവാ ഒന്നിൽ കൂടുതൽ തവണ പരിണാമവിധേയമായവയുമാണ്; പൂർണഘട്ടങ്ങൾ പിന്നിടാത്ത പ്രദേശങ്ങളിൽ പുതുതായി ആരംഭിക്കുന്ന നദീപ്രവർത്തനങ്ങൾ വീണ്ടും പ്രാരംഭഘട്ടത്തിൽ നിന്നു തന്നെ തുടങ്ങുന്നു. ഇത്തരത്തിലുള്ള ഭൂപ്രകൃതികളെ സൂക്ഷ്മമായ പഠനങ്ങളിലൂടെ തിരിച്ചറിയുന്നതിന് പ്രഗൽഭരായ ഭൂവൈജ്ഞാനികർക്ക് സാധ്യമാണ്.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ഭൂമിയിൽ പതിക്കുന്ന ജലത്തിന്റെ അളവ് മണ്ണിലൂടെ കിനിഞ്ഞിറങ്ങുന്ന ജലത്തിനേക്കാൾ കൂടുതലാകുമ്പോഴാണ് ഉപരിതലപ്രവാഹം അഥവാ മേലൊഴുക്ക് സംഭവിക്കുന്നത്. ഉപരിതലപ്രവാഹം എന്നത് കൃത്യമായി പറഞ്ഞാൽ ഒരു നീർത്തട പ്രദേശത്ത് നിന്ന് താഴ്ന്ന വിതാനങ്ങളിലേക്ക് ഉപരിതലത്തിലൂടെ ജലം ഒഴുകുന്നതിനെയാണ്. ഉപരിതലത്തിൽ സംഭരിക്കപ്പെടുന്ന ജലമാണ് ചെറിയ പാളികളായി ഒഴുകുന്നതിന് കാരണമാകുന്നത്. ഈ ജലപാളികൾ ഭൂഗുരുത്വം മൂലമാണ് ചെരിവുകളിലൂടെ താഴേക്ക് ഒഴുകുന്നത്. ഇങ്ങനെ ഒഴുകുന്ന ജലം ഭൗമോപരിതലത്തിലെ വലിയ കുഴികളിൽ ശേഖരിക്കപ്പെടുന്നു. കുഴികൾ നിറയുമ്പോൾ മേലൊഴുക്ക് ചെറിയ റില്ലുകൾക്ക് രൂപം കൊടുക്കുന്നു. റില്ലുകൾ കൂടിച്ചേർന്ന് വലിയ അരുവികളായും പിന്നീട് നദികളുമായി മാറുന്നു.

സ്വന്തമായി ചാലുകൾ സൃഷ്ടിച്ച് ഒഴുകുന്ന ഉപരിതലപ്രവാഹങ്ങളാണ് അരുവികൾ എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. അരുവികളും നദികളും ഒടുവിൽ തടാകങ്ങളിലോ സമുദ്രങ്ങളിലോ എത്തുന്നതുവരെ ഒഴുകിക്കൊണ്ടേയിരിക്കും. അരുവികൾ ഭൗമോപരിതലത്തിലെ ഏറ്റവും പ്രധാന സവിശേഷതകളാണ്. ഒരുനദി ജലം ശേഖരിക്കുന്ന മുഴുവൻ പ്രദേശത്തേയും കൂടി നീർത്തട പ്രദേശം (drainage basin) എന്നു പറയുന്നു.

അപരദനം, സംവഹനം, നിക്ഷേപണം എന്നീ മൂന്ന് പ്രധാന പ്രവർത്തനങ്ങൾ വഴിയാണ് നദിയുടെ ഭൗമ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നടക്കുന്നത്. ഒരു നദിയുടെ ജീവതായുസ്സിനിടയ്ക്ക് നിരവധി അപരദന ഭൂരൂപങ്ങളും നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങളും (ഫ്ളൂവിയൽ ഭൂരൂപങ്ങൾ) സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. ഭൗമോപരിതലം മാറ്റി മറിക്കുന്നതിൽ നദികൾക്ക് പ്രധാനമായ പങ്കുണ്ട്. ഹൈഡ്രോളിക് പ്രവർത്തനം, അപഘർഷണം, ഘർഷണം, ലയനം എന്നീ പ്രവർത്തനങ്ങളാണ് നദികളുടെ അപരദനത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ടിട്ടുള്ളത്. താഴ്‌വരകൾ, ഗോർജുകൾ, കാനയോണുകൾ, പോട്ട് ഹോളുകൾ, വെള്ളച്ചാട്ടങ്ങൾ തുടങ്ങി നിരവധി ഭൂരൂപങ്ങൾ നദിയുടെ അപരദന ഫലമായി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. മൂന്ന് രീതികളിലാണ് നദികൾ അതിലെ അവസാദങ്ങളെ സംവഹനം നടത്തുന്നത്. സസ്പെൻഡഡ് ലോഡ്, ബെഡ് ലോഡ്, ഡിസോൾവ്ഡ് ലോഡ് എന്നിവയാണ് അവ.

നദിയുടെ നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങളെ ഫ്ളൂവിയൽ നിക്ഷേപങ്ങൾ എന്നാണ് പറയുന്നത്. ഡെൽറ്റകളാണ് പ്രധാന നദീ നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങൾ. മറ്റ് ഭൂരൂപങ്ങൾ മിയാൻഡറുകൾ, ഓക്സ് ബോ തടാകങ്ങൾ മുതലായവയാണ്.

നദിയുടെ പരിണാമത്തിൽ മൂന്ന് ഘട്ടങ്ങളുണ്ട് - യൗവ്വനം, മധ്യമം, വാർധക്യം എന്നിവ. ഒരു നദിയിക്ക് അപരദനം നടത്തുവാൻ കഴിയുന്ന ഏറ്റവും താഴ്ന്ന പരിധിയെ അപരദനത്തിന്റെ ആത്യന്തിക പാദവിതാനം എന്നു പറയുന്നു.

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ രൂപം മാറ്റുന്ന ഏറ്റവും പ്രധാനപ്പെട്ട ഏജന്റാണ് നദികൾ എന്ന് തിരിച്ചറിയുന്നു.

- അരുവികളും നദികളും സൃഷ്ടിക്കുന്ന വ്യത്യസ്ത ഭൂരൂപങ്ങളെ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- നദികൾ നടത്തുന്ന ഭൗമ പ്രക്രിയകൾ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- അരുവികളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി ഉണ്ടാകുന്ന അപരദന ഭൂരൂപങ്ങളേയും നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങളേയും തിരിച്ചറിയുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം.

1. ഫ്ളൂവിയൽ പ്രക്രിയകളെ സംബന്ധിച്ച പട്ടിക പൂർത്തീകരിക്കുക.
2. താഴെപ്പറയുന്നവയുടെ പേരെഴുതുക.
   - എ) ഒരു നദീമുഖത്ത് കാണപ്പെടുന്ന ത്രികോണാകൃതിയിലുള്ള നിക്ഷേപങ്ങൾ
   - ബി) ഒരു നദിയുടെ അടിത്തട്ടിൽ കാണപ്പെടുന്ന വൃത്താകൃതിയിലോ, സിലിണ്ടർ ആകൃതിയിലോ ഉള്ള ഗർത്തങ്ങൾ
   - സി) മഴക്കാലങ്ങളിൽ മാത്രം ജലം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന തരം നദികൾ.
   - ഡി) ഒഴുകുന്ന ജലത്തിൽ അന്തർലീനമായ കരുത്തിന്റെ ഫലമായി ഇളക്കി കിടക്കുന്ന വസ്തുക്കളെ ഉയർത്തുകയും നീക്കുകയും ചെയ്യുന്ന പ്രക്രിയ.
3. കേരളത്തിലെ നദീമുഖങ്ങളിലൊന്നും ഡെൽറ്റ കാണപ്പെടുന്നില്ല. കാരണമെന്ത്?
4. ഒരു പ്രദേശത്തെ നിലവിലുള്ള സ്ഥലാകൃതിയെ ഒരു നദി പരിഷ്കരിക്കുന്നതെങ്ങനെ?
5. പർവ്വത പ്രദേശങ്ങളിലെ നദീ താഴ്വരകൾ അവയുടെ താഴ്ന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നവയേക്കാൾ ആഴത്തിലുള്ളവയാണ്. എന്തുകൊണ്ട്?
6. ഫ്ളൂവിയൽ അപരദനത്തിന്റെയും നിക്ഷേപണത്തിന്റെയും ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ഭൂരൂപങ്ങളുടെ പട്ടിക തയാറാക്കുക.
7. ചേരുംപടി ചേർക്കുക.

എ	ബി	സി
ഗോർജ്	വൃത്താകൃതി	ആഴമുള്ളതും കുടുസ്സായതുമായ താഴ്വരകൾ
ഡെൽറ്റ	'V' ആകൃതി	ചാലുകളിലെ ഗർത്തങ്ങൾ
പോട്ട് ഹോളുകൾ	ത്രികോണാകൃതി	നദീമുഖത്തുള്ള ഫ്ളൂവിയൽ നിക്ഷേപങ്ങൾ

8. നദികൾ അവസാദങ്ങൾ കൊണ്ട് പോകുന്ന മൂന്ന് രീതികൾ ഏതെല്ലാമെന്ന് ചുരുക്കി വിവരിക്കുക.

7 കാറ്റ്
(WIND)

E3F9Y1

7.1. ആമുഖം

കാറ്റിനെക്കുറിച്ച് നിങ്ങൾ ചിലതെല്ലാം താഴ്ന്ന ക്ലാസിൽ പഠിച്ചിട്ടുണ്ട്. വായുവിന്റെ തിരശ്ചീനതലത്തിലുള്ള ചലനമാണ് കാറ്റ്. ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ അസന്തുലിതമായ ചൂടാകൽ മൂലം അന്തരീക്ഷ മർദ്ദത്തിൽ പ്രാദേശികമായി വ്യത്യാസമുണ്ടാകുന്നു. ഇക്കാരണത്താൽ മർദ്ദം കൂടിയ ഭാഗത്തു നിന്നും കുറഞ്ഞഭാഗത്തേക്കുള്ള വായുവിന്റെ ചലനമാണ് കാറ്റിന് നിദാനമാകുന്നത്. നദികൾ, ഹിമാനികൾ, സമുദ്രങ്ങൾ എന്നിവയെപ്പോലെ കാറ്റും ഒരു ജിയോളജിക്കൽ ഏജന്റ് (കാരകം) ആകുന്നു. അപരദനം, സംവഹനം, നിക്ഷേപണം എന്നിവയാണ് മറ്റ് ജിയോളജിക്കൽ കാരകങ്ങളുടേതെന്നപോലെ കാറ്റിന്റെയും പ്രധാനപ്പെട്ട പ്രവർത്തനങ്ങൾ. ഭൂമുഖത്ത് ചില പ്രദേശങ്ങളിൽ തീവ്രമായ അപരദന പ്രക്രിയ നടത്തുന്ന ഒരു മാധ്യമമാണ് കാറ്റ് എന്ന് മൂന്നാമത്തെ അധ്യായത്തിൽ നിങ്ങൾ മനസിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഉഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശങ്ങൾ, മരുഭൂമികൾ, വരണ്ടപ്രദേശങ്ങൾ, തീരപ്രദേശങ്ങൾ എന്നിവിടങ്ങളിലാണ് കാറ്റിന്റെ ജിയോളജിക്കൽ പ്രവർത്തനങ്ങൾ താരതമ്യേന കൂടുതൽ പ്രകടമായി കണ്ടുവരുന്നത്. സസ്യങ്ങൾ കുറവായി കാണുന്ന ഊഷരപ്രദേശങ്ങളിലും കാറ്റിന്റെ അപരദന പ്രക്രിയ സജീവമാണ്. ഇത്തരം പ്രവർത്തനങ്ങൾ ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ ഭൂപ്രകൃതിക്ക് ശ്രദ്ധേയമായ മാറ്റങ്ങളുണ്ടാവുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു. കാറ്റിന്റെ ജിയോളജിക്കൽ പ്രവർത്തനങ്ങളെയും അതുവഴി രൂപം കൊള്ളുന്ന ഭൂരൂപങ്ങളെയും പൊതുവെ 'എയോലിയൻ' (aeolian) ഭൂരൂപങ്ങൾ എന്നാണ് പറയുന്നത്. ഗ്രീക്ക് ഭാഷയിൽ കാറ്റിന്റെ ദേവനായ ഇയോലസിന്റെ നാമവുമായി ബന്ധപെട്ടാണ് ഈ നാമവിശേഷണം വന്നത്.

7.2 കാറ്റിന്റെ ജിയോളജിക്കൽ പ്രവർത്തനങ്ങൾ

നദികൾ, ഹിമാനികൾ തുടങ്ങിയ ഇതര ഭൗമമാധ്യമങ്ങളിലെന്നപോലെ കാറ്റും ഭൗമോപരിതല ശിലാമണ്ഡലത്തിൽ അപരദനം, സംവഹനം, നിക്ഷേപണം എന്നീ പ്രക്രിയകളാണ് നടത്തുന്നത്. ഈ പ്രവർത്തനങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത ഭൂരൂപങ്ങളുടെ ആവിർഭാവത്തിന് കാരണമാവുന്നു. ഇത്തരം ഭൂരൂപങ്ങളുടെ സവിശേഷതകൾ മറ്റു മാധ്യമങ്ങളാൽ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ഭൂരൂപങ്ങളിൽ നിന്നും തികച്ചും വ്യത്യസ്തമാണ്.

7.2.1. കാറ്റിന്റെ അപരദന പ്രവർത്തനങ്ങൾ (Wind Erosion)

സസ്യാവരണം തീരെയില്ലാത്ത പ്രദേശങ്ങളിൽ ശക്തമായി കാറ്റ് വീശുമ്പോൾ ശിലാജന്യമായ പൊടിപടലങ്ങൾ മുകളിലോട്ടുയരുന്നത് നമുക്ക് സുപരിചിതമാണല്ലോ. സസ്യങ്ങൾ കുറഞ്ഞ തരിശു നിലങ്ങളിലും വരണ്ട് ഇളകിയ മണ്ണും ചെറിയ കല്ലുകളും കാണപ്പെടുന്ന സ്ഥലങ്ങളിലും മരുപ്രദേശങ്ങളിലും മറ്റും കാറ്റിന്റെ ശക്തിമൂലം തരി

കൾ ഇങ്ങനെ ഒരിടത്തു നിന്നും മറ്റൊരിടത്തേക്ക് പുനഃസ്ഥാപിക്കപ്പെടുന്നു. മൂന്ന് വ്യത്യസ്ത രീതികളിലാണ് കാറ്റിന്റെ അപരദന പ്രക്രിയകൾ നടക്കുന്നത്.

1. ഡിഫ്ളേഷൻ (Deflation)
2. അബ്രേഷൻ (Abrasion)
3. അട്രീഷൻ (Attrition)

എന്നിവയാണ് കാറ്റിന്റെ പ്രധാനപ്പെട്ട അപരദനപ്രക്രിയകൾ. ഇവയെക്കുറിച്ച് കൂടുതൽ പഠിക്കാം.

എ) ഡിഫ്ളേഷൻ (Deflation)

ഇളകിയമണ്ണ് കാണപ്പെടുന്ന സ്ഥലങ്ങളിൽ ശക്തിയായി കാറ്റടിക്കുമ്പോൾ ഈർപ്പം കുറഞ്ഞതും വരണ്ടതും ഇളകിയതുമായ മണ്ണിലെ തരികൾ കാറ്റിന്റെ ശക്തിയിൽ ഒരിടത്തു നിന്നും മറ്റൊരിടത്തേക്ക് നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രവർത്തനത്തെയാണ് ഡിഫ്ളേഷൻ (കാറ്റെടുക്കൽ) എന്നു വിളിക്കുന്നത്. മണൽതരികൾ, ചെറിയ ചരൽക്കല്ലുകൾ എന്നിവ ധാരാളമായി ഡിഫ്ളേഷൻ മൂലം സ്ഥാനാന്തരപ്രക്രിയയ്ക്ക് വിധേയമാകുന്നു. മരുഭൂമിയിൽ കാറ്റിന്റെ അപരദനത്തിന് അപവഹനം പ്രമുഖമായൊരു പങ്ക് വഹിക്കുന്നു. വരണ്ടപ്രദേശങ്ങളിൽ ശിലാതരികളെ അവയ്ക്ക് ചുറ്റുമുള്ള തരികളുമായി ചേർത്തു നിർത്തുന്നതിനാവശ്യമായ ഈർപ്പം മണ്ണിൽ ഉണ്ടായിരിക്കില്ല. വാർഷിക വർഷപാതം 250 മില്ലിമീറ്ററിൽ കുറവുള്ള പ്രദേശങ്ങളെയാണ് വരണ്ടപ്രദേശം അഥവാ മരുഭൂമികൾ എന്നു വിളിക്കുന്നത്. 250 മി.മീ നും 500 മി.മീ. നും ഇടയിൽ വാർഷിക വർഷപാതമുള്ള പ്രദേശങ്ങളാണ് അർദ്ധമരുപ്രദേശങ്ങൾ. അതിശക്തവും തീവ്രവുമായ കൊടുങ്കാറ്റുകളുടേയും ചുഴലിക്കാറ്റിന്റേയും കാഴ്ചകളും അവയുണ്ടാക്കുന്ന നാശനഷ്ടങ്ങളെയും കുറിച്ച് നാം കേട്ടറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. ശക്തവും നിരന്തരവുമായി അപവഹനം നടക്കുന്ന മരുപ്രദേശങ്ങളിൽ വിസ്തൃതമായ ഭൗമോപരിതലം കാലക്രമേണ നിമ്നീകരണത്തിന് വിധേയമാകുന്നു. ഇങ്ങനെ ഉപരിതലം താഴുന്നതിന്റെ ഫലമായി അപവഹന ഗർത്തങ്ങൾ (deflation hollows), വിസ്തൃത അപവഹന ബേസിനുകൾ - പ്രദേശങ്ങൾ (deflation basins), ബ്ലോഔട്ട് (blow out) തുടങ്ങിയ ഭൂരൂപങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നു.

ബി) അബ്രേഷൻ (Abrasion)

കാറ്റിനാൽ വഹിക്കപ്പെടുന്ന ശിലാകണങ്ങളുമായുള്ള ഉരസൽ മൂലം ശിലോപരിതലങ്ങൾക്ക് നിരന്തരം തേയ്മാനം സംഭവിക്കുന്ന പ്രക്രിയയാണ് അബ്രേഷൻ. വിവിധ വലിപ്പത്തിലുള്ള മണൽത്തരികളാൽ സമ്പന്നമാകുമ്പോൾ കാറ്റ് ശക്തമായ അബ്രേഷൻ മാധ്യമമായിമാറുന്നു. ഡിഫ്ളേഷനും അബ്രേഷനും തമ്മിലുള്ള പ്രധാനവ്യത്യാസമെന്നത്, ആദ്യത്തേതിൽ അപരദനം സംഭവിക്കുന്നത് മുഖ്യമായും കാറ്റിൽ അന്തർഭവിച്ചിരിക്കുന്ന ഊർജം കൊണ്ടാണ്. അവിടെ അപരദനോപകരണങ്ങളായി മണൽത്തരികളൊന്നും തന്നെയില്ല. എന്നാൽ അബ്രേഷൻ പ്രക്രിയയിൽ കാറ്റ് വഹിച്ചുകൊണ്ടു പോകുന്ന മണൽത്തരികൾ അപരദനോപകരണങ്ങളായി മാറുന്നതു വഴിയാണ് അപരദനം നിർവഹിക്കപ്പെടുന്നത്.

പൊതുവിൽ, മരുഭൂമിയിൽ കാറ്റു വീശുന്ന വേളയിൽ അബ്രേഷനുള്ള ഉപകരണങ്ങളായ ശിലാകണങ്ങൾ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും 50 സെന്റീമീറ്ററിനുള്ളിലായി

മാത്രമാണ് മിക്കപ്പോഴും ചലനവിധേയമാകുന്നത്. ഒരു സാൻഡ് പേപ്പറിലെന്നപോലെ, കാറ്റിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന മണൽത്തരികൾ കാറ്റിനെതിരെ നിലക്കൊള്ളുന്ന മരുഭൂമിയിലെ ശിലകളിലുരസി അവയ്ക്ക് നിരന്തരം തേയ്മാനം വരുത്തുന്നു. അപഘർഷണ പ്രക്രിയയുടെ ക്ഷമത അഥവാ ശേഷി കാറ്റിന്റെ വേഗത, അപരദന വിധേയമായ ശിലകളുടെ ദൃഢത, അബ്രേഷനോപകരണങ്ങളായി വർത്തിക്കുന്ന ശിലാതരികളുടെ പ്രകൃതം, കണികകൾ തമ്മിലുള്ള കൂട്ടിമുട്ടലുകളുടെ ആവൃത്തി എന്നീ ഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു.

സി) അട്രിഷൻ (Attrition)

കാറ്റ് വീശുമ്പോൾ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ നിന്നും ഉയർത്തപ്പെടുന്ന മൺതരികളും ശിലാകണങ്ങളും ഉൽഭവസ്ഥാനത്തു നിന്നും ദൂരപ്രദേശങ്ങളിലേക്ക് വായുവിലൂടെ വഹിച്ചു മാറ്റപ്പെടുന്നു. ശിലാകണികകളുടെ ഈ യാത്രയിൽ അവ ഘർഷണത്തിന് വിധേയമായി പരസ്പരം ഉരസി താരതമ്യേന ചെറിയ കണികകളായി അനുക്രമം ശോഷിച്ച് രൂപാന്തരപ്പെടുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയെ അട്രിഷൻ എന്നു പറയുന്നു. പരസ്പരമുള്ള ഉരസൽ പ്രക്രിയ മൂലം ശിലാകണങ്ങളുടെ വലിപ്പം കുറയുന്നതോടുകൂടിത്തന്നെ അവയിലെ മുഴകളും മറ്റും ഇല്ലാതാവുകയും അവ ക്രമേണ ഗോളാകൃതിയിലുള്ള കണങ്ങളായി പരിവർത്തനം ചെയ്യപ്പെടുന്നു.

7.2.2 കാറ്റിന്റെ വഹനം (Aeolian Transportaion)

കാറ്റിനാലുള്ള ശിലാകണങ്ങളുടെ വഹനം സസ്പെൻഷൻ, സാൾട്ടേഷൻ, ട്രാക്ഷൻ എന്നീ പ്രക്രിയകളിലൂടെയാണ് നടക്കുന്നത്.

എ) സസ്പെൻഷൻ (Suspension)

താരതമ്യേന ഭാരക്കുറവുള്ള കളിമൺ തരികൾ, അവയേക്കാൾ വലിപ്പമേറിയ സിൽട്ട് കണികകൾ എന്നിവ കാറ്റിന്റെ ചുഴികളിൽപ്പെട്ട് ഭൂമിയിൽ നിന്നും ഉയർത്തപ്പെടുകയും അവ താൽക്കാലികമായി വായു മണ്ഡലത്തിൽ തങ്ങി നിൽക്കുകയോ അന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ ദീർഘദൂര സ്ഥാനാന്തര ചലനത്തിന് വിധേയമാകുകയോ ചെയ്യുന്നു. ചെറിയ കണങ്ങൾ ഒരിക്കൽ ഉയർന്ന് പൊങ്ങികഴിഞ്ഞാൽ വളരെ പെട്ടെന്നൊന്നും തിരിച്ചു ഭൂതലത്തിലേക്കു വന്നെത്തുകയില്ല. ഉയരം കൂടുന്തോറും കാറ്റിന്റെ ചുഴി രൂപത്തിലുള്ള ഗമനം വർധിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതുകൊണ്ട് ചെറിയ ശിലാകണികകൾ അൽപ്പകാലത്തേക്കു വായുമണ്ഡലത്തിന്റെ ഉയർന്ന മേഖലകളിലൂടെ ചരിക്കുന്നതിന് കാരണമാകുന്നു.

ചിത്രം 7.1 മണൽത്തരികളുടെ ഗമന പ്രക്രിയ വഴി അടിസ്ഥാനശിലയിൽ വിടവുകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു.

ബി) സാൾട്ടേഷൻ (Saltation)

ശിലാകണങ്ങളെ ഭൗമോപരിതലത്തിലൂടെയുള്ള തുടർച്ചയായ ചാട്ടങ്ങളിലൂടെ മുന്നോട്ട് നീക്കുന്നതിനെയാണ് സാൾട്ടേഷൻ എന്നു വിളിക്കുന്നത്. കാറ്റിന്റെ ശക്തിയിൽ ചാടിച്ചാടി നീങ്ങുന്ന മണൽത്തരികൾ ശിലോപരിതലങ്ങളുടെ സംവഹനത്തിന് വിധേയമാകുന്നതോടൊപ്പം അപരദനവും

നിർവഹിക്കുന്നു. മരുഭൂമികളിലും മറ്റു വരണ്ട പ്രദേശങ്ങളിലും കാണുന്ന കല്ലുകൊണ്ടുള്ള വേലിക്കെട്ടുകൾ, ടെലഫോൺത്തൂണുകൾ എന്നിവയുടെ കീഴ്ഭാഗം ഉരഞ്ഞ് നേർത്തിരിക്കുന്നത് അസംഖ്യം മണൽത്തരികളുടെ നിരന്തരമായ ചാടിച്ചാടിയുള്ള ഗമനത്തിന്റെ ഫലമായുള്ള അപഘർഷണം മൂലമാണ്. (ചിത്രം 7.1).

(c) ട്രാക്ഷൻ (Traction)

ശക്തമായ കാറ്റിന്റെ ഫലമായി മരുപ്രദേശങ്ങളിൽ മൺത്തരികളേക്കാൾ വലിപ്പം കൂടിയ ശിലാകണങ്ങൾ ഭൗമോപരിതലത്തിലൂടെ മുന്നോട്ട് ഉരുണ്ടും നിരങ്ങിയും സ്ഥാനചലനത്തിന് വിധേയമായിത്തീരാറുണ്ട്. ഈ രീതിയിൽ ശിലാകണികകളുടെ ഭൗമോപരിതലത്തിലൂടെയുള്ള ചലനത്തെ 'ട്രാക്ഷൻ' എന്ന് വിളിക്കുന്നു. ഒഴുകുന്ന ജലത്തിനടിയിലും ശിലാകണികകൾ ഉരുണ്ടും നിരങ്ങി നീങ്ങിയും സഞ്ചരിക്കുന്നുണ്ട്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം.

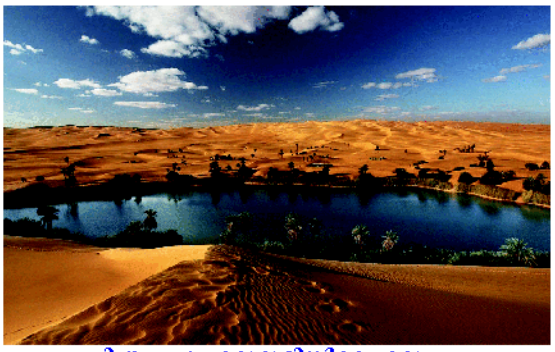
1. എയോലിയൻ പ്രക്രിയ എന്നതുകൊണ്ട് ഉദ്ദേശിക്കുന്നതെന്ത്?
2. ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ഏതൊക്കെ പ്രദേശങ്ങളിലാണ് കാറ്റ് ശിലാവസ്തുക്കളുടെ അപരദന, സംവഹന, നിക്ഷേപണ മാധ്യമമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നത്?
3. ഏതുതരത്തിലുള്ള സംവഹന പ്രക്രിയയിലാണ് മണൽത്തരികൾ ചെറിയചെറിയ ചാട്ടങ്ങളിലൂടെ മുന്നോട്ട് നീങ്ങുന്നത്?

7.2.3 കാറ്റിന്റെ അപരദന ഭൂരൂപങ്ങൾ

കാറ്റിന്റെ അപരദന ഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്ന ചില ഭൂരൂപങ്ങൾ താഴെ വിശദീകരിക്കുന്നു.

എ) ഡിഫ്ളേഷൻ ഹോളോ (Deflation hollow)

മരുഭൂമിയിലും ഉഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശങ്ങളിലും കാറ്റിന്റെ പ്രധാന അപരദന പ്രക്രിയ അപവഹനമാണെന്ന് നിങ്ങൾ ഇതിനകം മനസിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ദീർഘകാലത്തെ തുടർച്ചയായുള്ള ഡിഫ്ളേഷൻ മൂലം മരുഭൂമിയിലെ വിസ്തൃതമായ പ്രദേശം ക്രമേണ പ്രാന്തപ്രദേശങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് താഴ്ത്തപ്പെടുന്നു. തൽഫലമായി വ്യത്യസ്ത അളവിലും വലിപ്പത്തിലുമുള്ള കുഴികൾ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. ഇങ്ങനെ രൂപം കൊള്ളുന്ന താരതമ്യേന ചെറിയ കുഴികളെ ഡിഫ്ളേഷൻ ഗർത്തങ്ങൾ (deflation hollows) എന്നും വിസ്തൃത ഭൂപ്രദേശങ്ങളെ 'ഡിഫ്ളേഷൻ ബേസിനുകൾ' എന്നും വിളിക്കുന്നു. 'ബ്ലോഔട്ട്' എന്നത് ഇത്തരത്തിലുണ്ടാകുന്ന ഏറ്റവും ചെറിയ ഗർത്തങ്ങളാണ്. ഒരു



ചിത്രം 7.2 മരുഭൂമിയിലെ മരുപ്പച്ച

നിർദിഷ്ട മരുപ്രദേശത്ത് ആപ്രദേശത്തെ ഭൂജലവിതാനം ഡിഫ്ളേഷൻ പ്രക്രിയയുടെ അന്തിമതലമായി വർത്തിക്കുന്നു. ഡിഫ്ളേഷൻ ബേസിനുകൾ ഭൂജലവിതാനത്തിൽ സ്പർശിച്ചു കഴിഞ്ഞാൽ അവിടെ സസ്യങ്ങൾ വളരാൻ ആരംഭിക്കുന്നു. ഇങ്ങനെയാണ് മരുഭൂമികളിൽ മരുപ്പച്ചകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നത്. മരുഭൂമിയിൽ നീരുറവ, മറ്റു ജലസ്രോതസുകൾ എന്നിവയ്ക്കു ചുറ്റും സസ്യങ്ങൾ വളർന്നു നിൽക്കുന്ന ഒറ്റപ്പെട്ട പ്രദേശങ്ങളാണ് മരുപ്പച്ചകൾ (Oasis). (ചിത്രം 7.2).

ബി) കൂൺശിലകൾ/മഷ്റും ശിലകൾ (Mushroom Rocks)

കാറ്റ് വഹിച്ചുകൊണ്ടു പോകുന്ന മണൽത്തരികളുടെ അപ്രേഷൻ മൂലം ഉയരമുള്ള ശിലകളുടെ കീഴ്ഭാഗങ്ങൾക്ക് ഭാഗികമായി ഘർഷണം സംഭവിച്ച് കാലക്രമേണ കൂൺ ആകൃതി പ്രാപിച്ചു കാണപ്പെടുന്ന ശിലകളെയാണ് മഷ്റും ശിലകൾ അഥവാ കൂൺശിലകൾ എന്നു പറയുന്നത്. (ചിത്രം 7.3). മഷ്റും ശിലകളെ വ്യത്യസ്ത വലിപ്പത്തിലും രൂപങ്ങളിലും മരുപ്രദേശങ്ങളിൽ കാണുവാൻ കഴിയും. അവയെല്ലാം തന്നെ നേർത്ത കാലുകളും വിസ്തൃതമായ മേൽഭാഗവുമായി കൂണുകളുടെ ആകൃതിയിലാണ് കാണപ്പെടുന്നത്.

ചിത്രം 7.3 മാതൃകാ കൂൺശില

സി) വെന്റിഫാക്ട് (Ventifact)

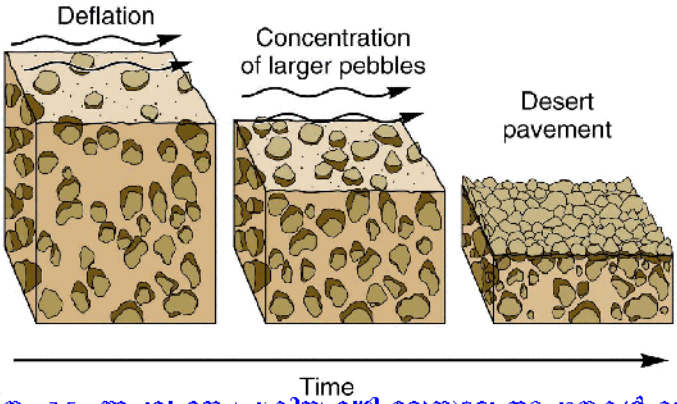
നിരന്തരമായ ഘർഷണം മൂലം അതിന് വിധേയമാകുന്ന ശിലാഖണ്ഡങ്ങളുടെ പ്രതലങ്ങൾ മിനുസപ്പെടുന്നു. മരുസ്ഥലങ്ങളിലെ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ശിലാഖണ്ഡങ്ങളുടെ സ്ഥാനം എക്കാലവും സ്ഥായിയായി വർത്തിക്കുന്നില്ല. ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ കാലാകാലങ്ങളിൽ ചരിഞ്ഞും മറിഞ്ഞുമിരിക്കും. ഇക്കാരണത്താൽ കാറ്റിനാൽ വഹിക്കപ്പെടുന്ന ശിലാതരികളുടെ ഘർഷണ ഫലമായി ഒന്നോ അതിലധികമൊ മിനുസപ്പെടുത്തപ്പെട്ട പ്രതലങ്ങളോടുകൂടിയ ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ രൂപമെടുക്കുന്നു. ഇവയെ വെന്റിഫാക്ട് എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഇവ ചെറുതോ വലുതോ ഏതു വലിപ്പത്തിലുമുള്ളതുമാകാം. കാറ്റിനാൽ ഉണ്ടായത് എന്നാണ് ലത്തീൻ ഭാഷയിൽ വെന്റിഫാക്ട് എന്ന പദത്തിന്റെ അർത്ഥം. (ചിത്രം 7.4).

ചിത്രം 7.4 വെന്റിഫാക്ട്

ഡി) മരുസ്ഥല നടപ്പാതകൾ (Desert pavements)

ഇംഗ്ലീഷിൽ pavement എന്ന പദം മുകളിൽ ഉരുളൻ കല്ലുകൾ പാകിയ നടപ്പാതകളെ കുറിക്കുവാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. പെബിൾസ്, ഗ്രാവൽസ്, ബോൾഡേഴ്സ് തുട

ങ്ങിയ വ്യത്യസ്ത വലിപ്പത്തിലുള്ള ഉരുളൻ ശിലാവസ്തുക്കൾ പരസ്പരം ചേർത്ത് വെക്കപ്പെട്ടു (interlock) സുദൃഢമായ പ്രതലത്തോടു കൂടിയ മരുഭൂപ്രദേശത്തെയാണ് 'ഡസർട്ട് പേവ്മെന്റ്' എന്ന് ഇംഗ്ലീഷിൽ വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. മലയാളത്തിൽ ഇതിനെ മരുസ്ഥല നടപ്പാതയെന്ന് പരിഭാഷപ്പെടുത്താം. (ചിത്രം 7.5).



ചിത്രം 7.5 അപവഹന പ്രക്രിയ വഴി മരുസ്ഥല നടപ്പാതകൾ രൂപപ്പെടുന്നതിന്റെ ചിത്രീകരണം

പഠന പുരോഗതി പരിശോധിക്കാം.

1. ചെറിയ ശിലാതരികൾ കാറ്റിനാൽ നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയാണ് അപവഹനം. ഇത്തരം അപവഹന പ്രക്രിയയിലൂടെ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ഭൂരൂപങ്ങൾ ഏവ?
2. കാറ്റിന്റെ പ്രവർത്തന ഫലമായി മരുപ്രദേശങ്ങളിൽ ചെറിയ ശിലാകണങ്ങളെ നീക്കം ചെയ്യുമ്പോൾ ബോൾഡേഴ്സ്, കോബിൾസ്, പെബിൾസ് തുടങ്ങിയ വലിയ ശിലാവസ്തുക്കൾ ആ പ്രദേശത്ത് അവശേഷിക്കുന്നു. ഇത്തരം ഭൂരൂപത്തിന് പറയുന്ന പേരെന്താണ്?
3. മരുപ്രദേശങ്ങളിൽ സാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്ന മിനുസമാക്കപ്പെട്ട പ്രതലങ്ങളോടുകൂടിയ കല്ലുകൾക്ക് പറയുന്ന പേരെന്താണ്?

7.2.4 കാറ്റിന്റെ നിക്ഷേപണ പ്രവർത്തനം (Aeolian Deposition)

കാറ്റിന്റെ വേഗത കുറയുമ്പോഴൊക്കെ അതിന്റെ സംവഹനശേഷി കുറയുന്നു. ഇതിന്റെ ഫലമായി വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകുന്ന വസ്തുക്കളെ നിക്ഷേപിക്കേണ്ടതായും വരുന്നു. കാറ്റ് വഹിക്കുന്ന ശിലാതരികളുടെ വലിപ്പം, വസ്തുക്കളുടെ അളവ്, കാറ്റിന്റെ ദിശ, പ്രദേശത്തെ സസ്യജാലങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം/അസാന്നിധ്യം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ച് പലതരത്തിലുള്ള ഭൂരൂപങ്ങൾ കാറ്റിന്റെ നിക്ഷേപണ ഫലമായുണ്ടാകുന്നു.

ലോവസ് (Loess), മണൽമേടുകൾ (Sand dunes) എന്നിവയാണ് കാറ്റിന്റെ പ്രവർത്തനം മൂലം രൂപമെടുക്കുന്ന പ്രധാന നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങൾ.

എ) ലോവസ് (Loess)

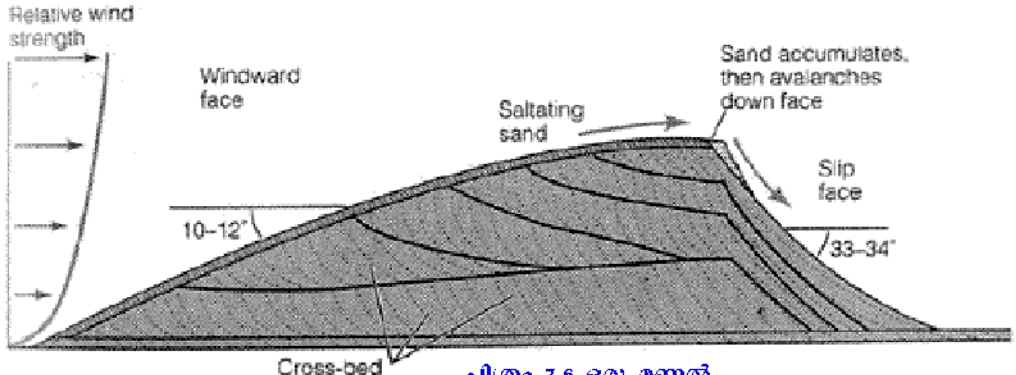
സസ്പെൻഷൻ രീതിയിൽ അഥവാ താൽക്കാലികമായി വായുവിൽ തങ്ങി നിൽക്കുന്നതോ ചലിക്കുന്നതോ ആയ ഏറ്റവും ചെറിയ ശിലാകണികകൾ അവയുടെ

ഉൽഭവസ്ഥാനത്തു നിന്നും അന്തരീക്ഷത്തിലൂടെ അനേകം കിലോമീറ്ററുകളോളം സഞ്ചരിക്കുകയും അന്തിമമായി കാറ്റിന്റെ ശക്തികുറയുന്നതോടെ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവ ഇങ്ങനെ നിക്ഷേപ്പിക്കപ്പെടുമ്പോൾ വിരി അഥവാ പുതപ്പിന്റെ രൂപത്തിലുള്ള ഭൂരൂപങ്ങൾ രൂപീകൃതമാവുന്നു. ഇവ വളരെ ചെറിയ സിൽട്ട്, കളിമൺ തരികൾ എന്നിവ കൊണ്ടാണ് നിർമിക്കപെടുന്നത്. ഇത്തരം നിക്ഷേപണ രൂപങ്ങൾ സരന്ധ്രകവും സ്തരിതരഹിതവും ആയിരിക്കും. ഇവയാണ് ലോവസ് എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. ഏതാനും സെന്റിമീറ്റർ മുതൽ നിരവധി മീറ്ററുകൾ വരെ കനമുള്ളതായിരിക്കും ലസ് നിക്ഷേപങ്ങൾ. പിൽക്കാലത്ത് ഇത്തരം നിക്ഷേപങ്ങളിന്മേൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന മണ്ണ് ഫലഭൂയിഷ്ടവും വിവിധ കൃഷികൾക്ക് അനുയോജ്യവുമാണ്.

വിസ്തൃതമായ ലോവസ് നിക്ഷേപങ്ങൾ ചൈന, യൂറോപ്പ്, അമേരിക്ക തുടങ്ങിയ സ്ഥലങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ചൈനയിലെ മഞ്ഞനദിക്ക് ആ പേർ ലഭിച്ചത് അവിടുത്തെ ലസ് നിക്ഷേപങ്ങളിൽ നിന്നും രൂപം കൊണ്ട അവസാദങ്ങൾ നദിയിൽ പതിച്ച് നദീജലത്തിന്റെ മഞ്ഞനിറത്തിന് കാരണമാകുന്നതിൽ നിന്നുമാണ്.

ബി) മണൽമേടുകൾ (Sand dunes)

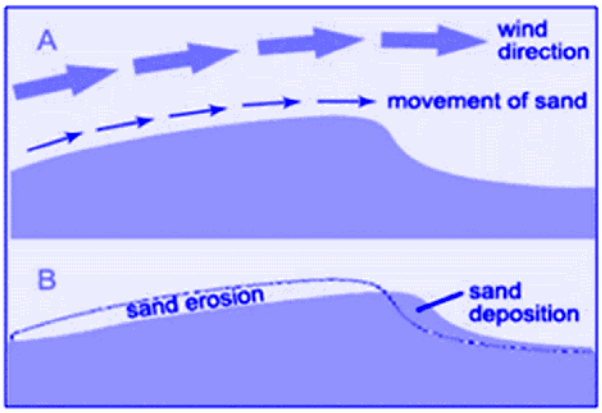
കാറ്റിന്റെ പ്രവർത്തനഫലമായി മണൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട് രൂപപ്പെടുന്ന കോണാകൃതിയുള്ള കൂനകളോ വരമ്പുകളോ ആണ് മണൽമേടുകൾ അഥവാ സാൻഡ് ഡ്യൂണുകൾ. മണൽമേടുകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നതിനു താഴെപ്പറയുന്ന സാഹചര്യങ്ങൾ ആവശ്യമാണ് (i) ധാരാളം മണൽ ലഭ്യമാവണം (ii) തുടർച്ചയായി കാറ്റ് നിലനിൽക്കണം (iii) സസ്യജാലങ്ങൾ, പാറക്കല്ലുകൾ, വേലിക്കെട്ടുകൾ, നേരത്തെയുള്ള മണൽകൂനകൾ തുടങ്ങി കാറ്റിന്റെ സ്വതന്ത്രമായ ഗതിക്കു വിഘാതം സൃഷ്ടിക്കുന്ന ഏതെങ്കിലും സ്വാഭാവിക തടസങ്ങളുണ്ടാവണം. മേൽപറഞ്ഞ തടസങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം കൊണ്ട് കാറ്റിന്റെ വേഗതകുറയുമ്പോൾ മണൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട് മണൽമേടുകൾ രൂപീകൃതമാവുന്നു. (ചിത്രം 7.6). ഒരു മണൽമേടിന്റെ ചരിവുകുറഞ്ഞ (5^0 മുതൽ 15^0 വരെ) മുഖം അവിടെ



ചിത്രം 7.6 ഒരു മണൽ മേടിന്റെ ബാഹ്യാകാരം

സ്ഥിരമായി ലഭിക്കുന്ന കാറ്റിന് അഭിമുഖമായിട്ടായിരിക്കും സ്ഥിതിചെയ്യുന്നത്. മണൽമേടുകളുടെ ചരിവ് കൂടിയ മുഖം നേരെ എതിർ ദിശയിലുമായിരിക്കും. ചില മണൽമേടുകൾ ഏതാനും മീറ്റർ മാത്രം ഉയരമുള്ളവയാണെങ്കിൽ മറ്റു ചിലത് വളരെയേറെ വലിപ്പമുള്ളവയാണ്. 500 മീറ്ററിലധികം ഉയരമുള്ള മണൽ മേടുകൾ വരെ ചില മരു

ഭൂമികളിൽ കാണാൻ സാധിക്കും. മണൽ മേടുകൾ സ്ഥാവരമായ ഭൂരൂപങ്ങളല്ല. മറിച്ച് അവ ഒരിടത്തുനിന്നും മറ്റൊരിടത്തേക്ക് ക്രമേണ സ്ഥാനചലനത്തിന് വിധേയമായിരിക്കും. മണൽമേടുകളുടെ ചരിവ് കുറഞ്ഞ മുഖത്ത് അപരദനവും ചരിവ് കൂടിയ മുഖത്ത് നിക്ഷേപണവും നടക്കുന്നു. ഇക്കാരണത്താൽ മണൽ മേടുകൾ ക്രമേണ ഒരിടത്തു നിന്നും മറ്റൊരിടത്തേക്ക് നീങ്ങുന്നതായി കാണാൻ കഴിയും. (ചിത്രം 7.7).



ചിത്രം 7.7
മണൽമേടുകളുടെ സ്ഥാനചലനം

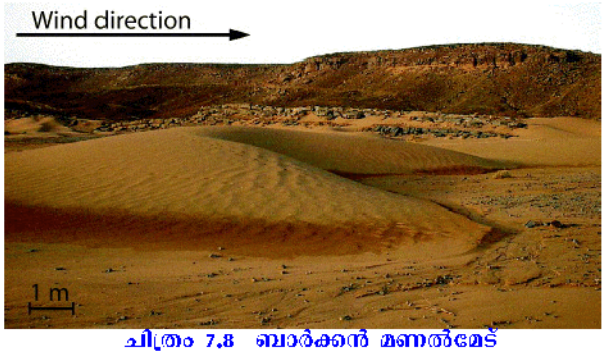
കടൽത്തീരപ്രദേശങ്ങളിലാണ് മണൽമേടുകൾ കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നത്. വൻകരകളിൽ പലയിടത്തും സമുദ്രതീരത്തെ സംരക്ഷിച്ച് നിർത്തുന്നതിന് മണൽമേടുകൾ വളരെയേറെ സഹായിക്കുന്നുണ്ടെന്ന് കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്.

വിവിധതരം മണൽമേടുകൾ

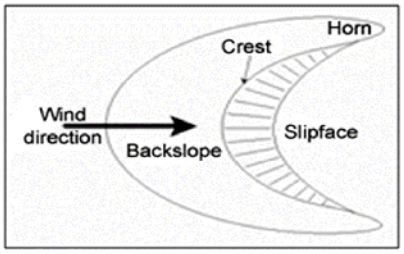
മണൽ മേടുകളുടെ ആകൃതിയനുസരിച്ച് പലതരത്തിലുള്ള മണൽമേടുകൾ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. ബാർക്കൻസ്, ലോൺജിട്യൂഡിനൽ ഡ്യൂൺസ്, ട്രാൻസ്‌വേഴ്സ് ഡ്യൂൺസ്, പരാബോളിക് ഡ്യൂൺസ് തുടങ്ങിയവ പ്രധാനപ്പെട്ട ഇനങ്ങളാണ്.

(i) ബാർക്കനുകൾ (Barchans)

മുകളിൽ നിന്നും വീക്ഷിച്ചാൽ ചന്ദ്രക്കലയുടെ ആകൃതിയോടുകൂടിയ മണൽ മേടുകളാണിവ. ചന്ദ്രക്കലയുടെ കൂർത്ത അഗ്രങ്ങൾ കാറ്റു വീശുന്ന ദിശയിൽ ആയിരിക്കും. ഇവയുടെ ഉത്തലഭാഗം (കോൺവെക്സ് ഭാഗം) കാറ്റ് വരുന്ന ദിശയിലേക്കാണ്. (ചിത്രം 7.8). ബാർക്കനുകൾ 30 മീറ്റർ വരെ ഉയരത്തിലും 350 മീറ്റർ വരെ വീതിയിലും വളരാറുണ്ട്. ഭൗമോപരിതലം ദൃഢമായിരിക്കുന്ന പ്രദേശത്ത് ധാരാളം മണൽ ലഭ്യമാകുന്നതും ഒരേദിശയിൽ തന്നെ കാറ്റ് വീശിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതുമായ പ്രദേശങ്ങളിലാണ് ബാർക്കനുകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നത്. (ചിത്രം 7.9).



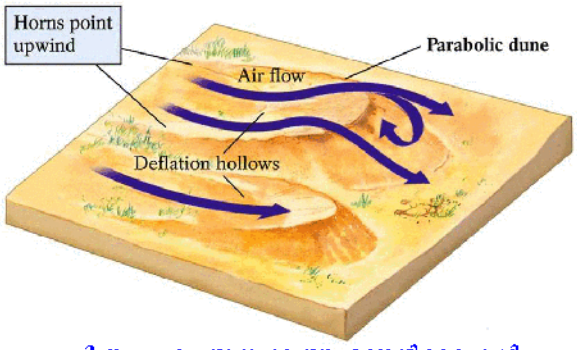
ചിത്രം 7.8 ബാർക്കൻ മണൽമേട്



ചിത്രം 7.9 ബാർക്കൻ മണൽമേടിന്റെ വിഹഗ വീക്ഷണം

(ii) അനുവൃത്ത മണൽമേടുകൾ (Parabolic Dunes)

ഇവ U ആകൃതിയിലോ V ആകൃതിയിലോ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയുടെ ഉത്തല (convex side) ഭാഗം കാറ്റിന് അനുകൂല ദിശയിലേക്കും കൊമ്പുകളുടെ കൂർത്ത ഭാഗം കാറ്റ് വരുന്ന ദിശയിലേക്കും നീണ്ടിരിക്കും. ധാരാളം മണൽ ലഭ്യമാകുന്നതും ഒരേ ദിശയിൽ തന്നെ കാറ്റു വീശുന്നതുമായ തീരപ്രദേശങ്ങളിലാണ് പരാബൊളിക് ഡ്യൂണുകൾ കാണപ്പെടുന്നത്. (ചിത്രം 7.10).



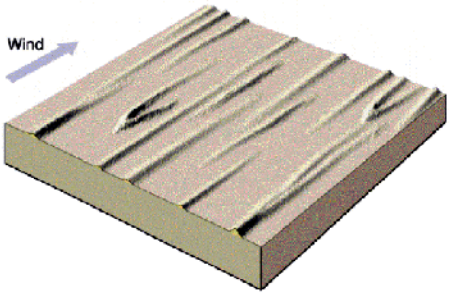
ചിത്രം 7.10 അനുവൃത്ത മണൽമേടുകൾ

(iii) അനുദൈർഘ്യ മണൽമേടുകൾ (Longitudinal dunes)

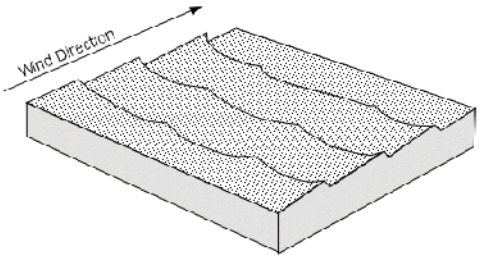
കാറ്റിന്റെ ദിശയ്ക്ക് സമാന്തരമായി നീളത്തിൽ നേർരേഖയിൽ കാണുന്ന മണൽമേടുകളാണിവ. (ചിത്രം 7.11)

(iv) പ്രതിബന്ധ മണൽമേടുകൾ (വിലങ്ങനെയുള്ള മണൽമേടുകൾ - Transverse Dunes)

കാറ്റിന്റെ ദിശയ്ക്ക് ലംബമായ ദിശയിൽ അഥവാ വിലങ്ങനെ രൂപീകൃതമാവുന്ന മണൽമേടുകളാണിവ. (ചിത്രം 7.12)



ചിത്രം 7.11
അനുദൈർഘ്യ മണൽമേടുകൾ



ചിത്രം 7.12
പ്രതിബന്ധ മണൽമേടുകൾ

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. അനുദൈർഘ്യ മണൽമേടുകളും പ്രതിബന്ധ മണൽമേടുകളും തമ്മിൽ എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു?
2. ഒരു മണൽമേട് രൂപപ്പെടുന്നതിനാവശ്യമായ മണൽ എവിടെ നിന്നാണ് വരുന്നത്?
3. എത്ര വേഗതയിലാണ് ഒരു മണൽമേട് സ്ഥാനചലനത്തിന് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നത്?

നമുക്ക് ചെയ്ത്നോക്കാം

1. ഭൂമുഖത്ത് കാറ്റ് ഒരു ശക്തമായ ജിയോളജിക്കൽ മാധ്യമമായി പ്രവർത്തിക്കുന്ന സ്ഥലങ്ങളുടെ പട്ടിക തയാറാക്കുക.
2. കാറ്റിന്റെ വിവിധതരം അപരദന, നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന ഒരു ചാർട്ട് തയാറാക്കുക.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ചലിക്കുന്ന വായുവാണ് കാറ്റ്. അതൊരു പ്രധാന ജിയോളജിക്കൽ മാധ്യമമാണ്. സസ്യങ്ങളില്ലാത്ത വരണ്ട മരുഭൂമികളിലും തീരപ്രദേശങ്ങളിലുമാണ് കാറ്റിന്റെ പ്രവർത്തനം സജീവം. മറ്റു ജിയോളജിക്കൽ ഏജന്റുകളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായ ഭൂരൂപങ്ങളാണ് കാറ്റ് സൃഷ്ടിക്കുന്നത്.

അപരദനം, വഹനം, നിക്ഷേപണം എന്നീ പ്രക്രിയകളിലൂടെയാണ് കാറ്റിന്റെ ജിയോളജിക്കൽ പ്രവർത്തനം. ഡിഫ്ളേഷൻ, അബ്രേഷൻ, അട്രിഷൻ എന്നിവയാണ് വിവിധ അപരദന രീതികൾ. സസ്പെൻഷൻ, സാൾട്ടേഷൻ, ട്രാക്ഷൻ എന്നീ 3 രീതികളിലാണ് കാറ്റ് അവസാദങ്ങളെ വഹിക്കുന്നത്.

മഷ്റൂം ശിലകൾ, ഡിഫ്ളേഷൻ ഗർത്തങ്ങൾ, ഡിഫ്ളേഷൻ ഹോളാസ്, ബ്ലോഔട്ട്, വെന്റിഫാക്ട് തുടങ്ങിയവയാണ് അപരദന ഭൂരൂപങ്ങൾ. സാൻഡ് ഡ്യൂണുകൾ, ലോവസ് തുടങ്ങിയവയാണ് പ്രധാന നിക്ഷേപ ഭൂരൂപങ്ങൾ. പല തരം മണൽമേടുകളുണ്ട്. ബാർക്കൻസ്, അനുദൈർഘ്യ മണൽമേടുകൾ (ലോൻജിറ്റ്യൂഡിനൽ ഡ്യൂൺസ്), പ്രതിബന്ധ മണൽമേടുകൾ (ട്രാൻസ്‌വേഴ്സ് ഡ്യൂൺസ്) അനുവൃത്ത മണൽ മേടുകൾ (പരാബൊളിക് ഡ്യൂൺസ്) എന്നിവയാണവ.

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- കാറ്റിന്റെ അപരദന, വഹന, നിക്ഷേപണ പ്രക്രിയകൾ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- വിവിധതരം എയോലിയൻ ഭൂരൂപങ്ങൾ തിരിച്ചറിയുന്നു. അവയുടെ രൂപീകരണം വിശദമാക്കുന്നു.
- അപരദന ഭൂരൂപങ്ങളും നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസങ്ങൾ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- കാറ്റ് ഭൗമോപരിതലത്തിൽ മാറ്റങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നു എന്ന് മനസിലാക്കുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

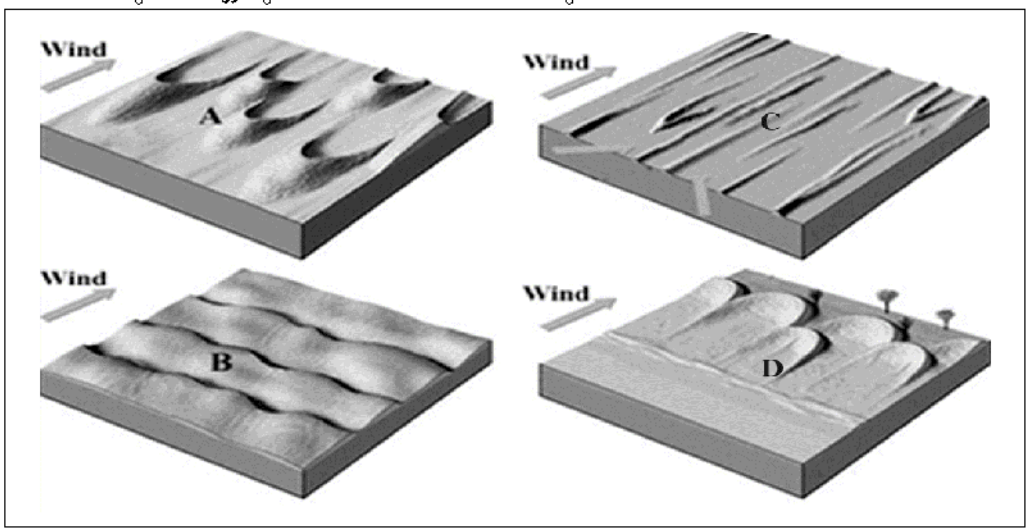
1. വിവിധതരം ഇയോലിയൻ നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങളെക്കുറിച്ച് വിവരിക്കുക.
2. ഒരു മണൽ മേടിന്റെ ആകൃതി നിശ്ചയിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ ഏതൊക്കെ?
3. പട്ടിക പൂർത്തിയാക്കുക.

മണൽമേട് - ഇനം	ആകൃതി	ദിശ
.....	ചന്ദ്രക്കല	.....
പ്രതിബന്ധ മണൽമേട്	.....	.....
.....	ദീർഘാകൃതിയുള്ള വരമ്പുകൾ	.....
.....	.....	കാറ്റിന്റെ ദിശയിലേക്ക് കൂർത്തിരിക്കുന്നു.

4. താഴെ പറയുന്നവ എങ്ങനെ വ്യത്യാസപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു.
1. ബ്ലോഔട്ട്, മരുപ്പച്ച
2. മഷ്റൂം ശിലകൾ, വെന്റിഫാക്ട്
3. ലോവസ്, മണൽമേട്
5. മരുഭൂമിയിൽ സംഭവിക്കുന്ന പ്രധാന അപക്ഷയരീതി ഏതാണ്?

   എ) രാസികാപക്ഷയം ബി) ഓർഗാനിക് ആസിഡുകൾ മൂലമുള്ള അപക്ഷയം

   സി) ഭൗതികാപക്ഷയം ഡി) ജലത്താലുള്ള അപക്ഷയം.
6. തന്നിരിക്കുന്ന ചിത്രങ്ങൾ പരിശോധിച്ച് 'എ' മുതൽ 'ഡി' വരെയുള്ള മണൽ മേടുകൾ ഏതുതരമാണെന്ന് കണ്ടെത്തുക.



8 ഹിമാനികൾ
(GLACIERS)

B4A2S2

8.1 ആമുഖം

നിങ്ങൾക്കറിയാവുന്നതുപോലെ ഭൂമിയിലെ ചില ഭാഗങ്ങൾ അതിശൈത്യ മേഖലകളായതുകൊണ്ട് അവിടെ ജലം മഞ്ഞായും ഖരമഞ്ഞായും കാണപ്പെടുന്നു. ഭൂമിയിലെ ഇത്തരം പ്രദേശങ്ങളെ ഒന്നാകെ ശാസ്ത്രജ്ഞർ അതിശൈത്യമണ്ഡലം അല്ലെങ്കിൽ 'ക്രയോസ്ഫിയർ' എന്നു വിളിക്കുന്നു. 'ക്രയോസ്' എന്ന ഗ്രീക്ക് പദത്തിന്റെ അർഥം തണുപ്പ് എന്നാണ്. ക്രയോസ്ഫിയറിലെ ഒരു പ്രധാന ഘടകമാണ് ഹിമാനികൾ. സഞ്ചരിക്കുന്നതായോ സഞ്ചരിച്ചതായോ തെളിവുകളുള്ള വളരെ വലിയ ഖരമഞ്ഞാണ് ഹിമാനി. മഞ്ഞ് വീണ് ദൃഢപ്പെടുത്തലും പുനർക്രിസ്റ്റലീകരണവും നടന്നതിനുശേഷം കട്ടയായി ഉറച്ച് ഏറെക്കാലം നിലനിൽക്കുന്നവയാണ് ഹിമാനികൾ. ഗുരുത്വാകർഷണത്തിന്റെ സ്വാധീനത്താൽ നീങ്ങാൻ ശേഷിയുള്ള ഖരമഞ്ഞുകട്ടകളാണ് അവ. ഭൂമിയിലെ 11% പ്രദേശങ്ങളും മഞ്ഞുമൂടി കിടക്കുകയാണ്. ഭൂമിയുടെ ഉദ്ഭവം മുതൽ ഇന്നുവരെയുള്ള കാലഘട്ടങ്ങളിൽ ചിലപ്പോഴൊക്കെ ഹിമാനികൾ വിസ്തൃതമായ പ്രദേശങ്ങളായി കാണപ്പെട്ടിരുന്നു. അത്തരം കാലഘട്ടങ്ങൾ 'ഹിമയുഗം' അല്ലെങ്കിൽ 'ഗ്ലേഷ്യൽ കാലഘട്ടം' എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ഭൂമിയുടെ ചരിത്രത്തിൽ ഹിമയുഗങ്ങൾക്ക് വ്യക്തമായ തെളിവുകൾ ലഭ്യമാണ്. ഭൂമിയുടെ ഉത്തരധ്രുവപ്രദേശം മുതൽ ദക്ഷിണ ധ്രുവപ്രദേശം വരെ മഞ്ഞിനാൽ മൂടപ്പെട്ട അവസ്ഥയെയാണ് "സ്നോബോൾ എർത്ത്" (Snow ball Earth) എന്നതുകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നത്. ഭൂമിയുടെ അതിശൈത്യമേഖലകളെല്ലാം ഇതിൽ ഉൾപ്പെടുന്നു. ഭൂമിയുടെ ചരിത്രത്തിൽ കുറഞ്ഞത് രണ്ടു പ്രാവശ്യമെങ്കിലും ഇത്തരത്തിൽ വ്യാപകമായി ഹിമാനികൾ രൂപപ്പെട്ട ഹിമയുഗങ്ങൾ ഉണ്ടായിട്ടുണ്ട് എന്നാണ് തെളിവുകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ശാസ്ത്രജ്ഞർ കരുതുന്നത്. ഹിമാനികളെക്കുറിച്ച് പഠിക്കുന്ന ജിയോളജിയുടെ ശാഖയാണ് ഗ്ലേഷ്യോളജി (glaciology).

8.2 ഹിമാനികളുടെ വിതരണം

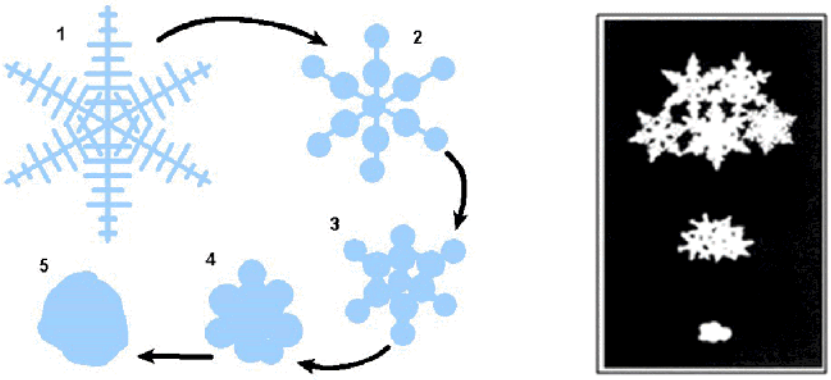
ഹിമാനികൾ പ്രധാനമായും കാണപ്പെടുന്നത് (1) ധ്രുവ -ഉപധ്രുവ ഭാഗങ്ങൾ (2) ഹിമാലയം, ആൽപ്സ് പോലുള്ള ഉയർന്ന പർവ്വതങ്ങൾ എന്നിവിടങ്ങളിലാണ്. ഉത്തരദക്ഷിണ അമേരിക്കകൾ, യൂറോപ്പ്, ഏഷ്യ, ആഫ്രിക്ക, ആസ്ത്രേലിയ എന്നീ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിലെ ഉയർന്നപർവ്വത നിരകളിലും ഹിമാനികൾ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്.

ഹിമാലയ പർവ്വതത്തിന്റെ ഉയർന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ ഹിമാനികൾ ധാരാളം ഉണ്ട്. ധ്രുവപ്രദേശങ്ങൾ കഴിഞ്ഞാൽ കൂടുതൽ മഞ്ഞ് മൂടപ്പെട്ട പ്രദേശം ഹിമാലയസാനുക്കൾ തന്നെയാണ്. ഹിമാലയത്തിന്റെ 33,200 ചതുരശ്ര കിലോ മീറ്റർ പ്രദേശം മഞ്ഞ് മൂടപ്പെട്ടതാണെന്ന് കണക്കാക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ഇത് ഹിമാലയ പർവ്വതം സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ആകെ പ്രദേശത്തിന്റെ ഏകദേശം 18% വരും. ഇവിടുത്തെ ഹിമാനികൾ ഉരുകിവരുന്ന ശുദ്ധജലമാണ് വടക്കെ ഇന്ത്യയിലെ നദികളുടെ പ്രധാന ജലസ്രോതസ്.

8.3 ഹിമാനികളുടെ രൂപീകരണം

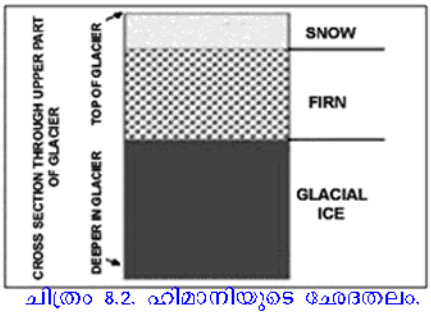
ഹിമാനി ഉണ്ടാകുന്നത് മഞ്ഞിൽ നിന്നാണ്. ഐസ് ക്രിസ്റ്റലുകൾ വർഷിച്ചുണ്ടാകുന്നതാണ് മഞ്ഞ്. താഴ്ന്ന ഊഷ്മാവും, ഉയർന്ന ആർദ്രതയും അന്തരീക്ഷത്തിൽ ഒന്നിക്കുമ്പോൾ മഞ്ഞ് പരലുകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നു. അന്തരീക്ഷ ഊഷ്മാവ് ഖരാങ്കത്തേക്കാൾ കുറയുമ്പോൾ മഞ്ഞ് പരലുകൾ ഭൂമിയിൽ പെയ്തിറങ്ങും. പുതുതായി വീഴുന്ന മഞ്ഞ് തൂവലുകൾ പോലെയും ഷഡ്ഭുജാകൃതിയിലുമായിരിക്കും. ഇവ ഭൂമിയിൽ പെയ്തടിഞ്ഞു കൂടുമ്പോൾ ഇവയുടെ ഇടയിൽ 90 ശതമാനവും വായുവായിരിക്കുന്നതുകൊണ്ട് ഉയർന്ന സരന്ധ്രതയുണ്ടാകും. മഞ്ഞിന്റെ സാന്ദ്രത 0.05 ഗ്രാം/സി.സി. മുതൽ 0.30 ഗ്രാം/സി.സി. വരെയാകാം. ഹിമാനി പ്രദേശങ്ങളിൽ പെയ്യുന്ന മഞ്ഞിന് ക്രമേണ കാഠിന്യം കൂടിവരികയും ഓരോ മഞ്ഞ് പരലുകളും ഭാഗികമായി ഉരുകി തരികളായി മാറുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം. 8.1). മഞ്ഞ് ക്രിസ്റ്റലുകൾ ഉരുകി പുനർക്രിസ്റ്റലൈസേഷന് ശേഷം അവയിലെ മഞ്ഞ് തരി രൂപത്തിലാകുന്നു. തുടർന്ന് മഞ്ഞ് ക്രിസ്റ്റലുകൾ ഗോളാകൃതി പ്രാപിക്കുന്നു. ഈ പ്രക്രിയയ്ക്ക് ശേഷം സരന്ധ്രത കുറയുകയും സാന്ദ്രതകൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. മഞ്ഞ് ഖരമഞ്ഞായി മാറുന്ന പ്രക്രിയയ്ക്ക് തൊട്ടുമുമ്പുള്ള മഞ്ഞിന്റെ അവസ്ഥയാണ് "ഫേൺ" (Firn) അല്ലെങ്കിൽ "നെവെ" (Neve). ഘനീഭവിക്കുന്നതിന് മുമ്പ് മഞ്ഞ് ഭാഗികമായി ഉരുകി വീണ്ടും തണുത്ത അവസ്ഥയിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇതാണ് നെവെ. ഭാഗികമായി ഘനീഭവിച്ച നെവെയാണ് ഫേൺ. ഫേണിന് നെവെയേക്കാൾ സാന്ദ്രത കൂടുതലാണ്. നനഞ്ഞ പഞ്ചസാരപോലെ കാണപ്പെടുന്ന ഒന്നാണ് ഫേൺ. ഇതിന് താരതമ്യേന കാഠിന്യം കൂടുതലാണ്. ഈ ഘട്ടത്തിൽ ദൃഢപ്പെടുത്തലും പുനർക്രിസ്റ്റലീകരണവും നെവെയേയും ഫേണിനേയും ഗ്ലേഷ്യൽ ഐസാക്കി മാറ്റുന്നു. ഗ്ലേഷ്യൽ ഐസിന്റെ സാന്ദ്രത 0.85 ഗ്രാം/സി.സി. യാണ്. നെവെ ഗ്ലേഷ്യൽ ഐസായി മാറാൻ രണ്ടു മുതൽ പത്ത് ദശകം വരെ സമയമെടുക്കും.

ഐസ് പരലുകൾ മാത്രമടങ്ങിയ ഒരു ശിലയായി ഗ്ലേഷ്യൽ ഐസിനെ നിർവചിക്കാവുന്നതാണ്. ഹിമാനിയിലെ ഖരമഞ്ഞ് ഏകാരമസ്വഭാവമുള്ളതും നൈസർഗികമായി



ചിത്രം 8.1 മഞ്ഞ് പരലുകൾ ഉരുകി മഞ്ഞ് തരികളായി മാറുന്ന ഘട്ടങ്ങൾ

രൂപപ്പെട്ടതും നിയതമായ രാസഘടനയുള്ളതുമായതുകൊണ്ട് ഇതിനെ ധാതു കുടുംബത്തിലെ അംഗമായി പരിഗണിക്കാവുന്നതാണ്. മഞ്ഞു പാളിയും ഫേണും ഒരു അവസാദശിലയായി പരിഗണിക്കാവുന്നതാണ്. പുനർ ക്രിസ്റ്റലീകരണത്തിലൂടെ ഇവ ഗ്ലേഷ്യൽ ഐസായി മാറുന്നു. ചിത്രം 8.2 ൽ ഒരു ഹിമാനിയുടെ പരിച്ഛേദം കാണാം. ഇതിൽ മഞ്ഞ്, നെവെ, ഗ്ലേഷ്യൽ ഐസ് എന്നിവയുടെ സ്ഥാനം ശ്രദ്ധിക്കുക.



ചിത്രം 8.2. ഹിമാനിയുടെ ഛേദതലം. മഞ്ഞ്, ഫേൺ അല്ലെങ്കിൽ നെവെ, ഗ്ലേഷ്യൽ ഐസ് എന്നിവയുടെ സ്ഥാനം കാണാം

ഹിമാനികൾക്ക് ഹിമരേഖയ്ക്ക് മുകളിലുള്ള ഉയർന്ന മലകളിലോ ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിലോ മാത്രമേ രൂപപ്പെടാൻ സാധിക്കൂ. വർഷം മുഴുവൻ സ്ഥിരമായി മഞ്ഞു മൂടപ്പെട്ടു കാണുന്ന പ്രദേശങ്ങൾ ഏത് തലം മുതൽ മുകളിലേയ്ക്ക് എന്നതാണ് ഹിമരേഖ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. സ്ഥിരമായി മഞ്ഞുമൂടിക്കിടക്കുന്ന താഴ്വാരത്തെയാണ് ഹിമപാടം എന്നതുകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നത്. ഹിമരേഖയ്ക്ക് താഴെ വർഷം മുഴുവൻ സ്ഥിരമായി മഞ്ഞ് കാണാറില്ല എന്നർഥം. ഇതിന് മുകളിലുള്ള പ്രദേശങ്ങളെ മഞ്ഞുപാടം (സ്നോഫീൽഡ്) എന്ന് അറിയപ്പെടും. ധ്രുവ പ്രദേശങ്ങളിൽ ഹിമരേഖ സമുദ്രനിരപ്പിലും ഉഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശങ്ങളിൽ ഇത് 6000 മീറ്റർ വരെ ഉയരത്തിലും ആകാം.

8.4 നിക്ഷേപണമേഖലയും ക്ഷയീകരണ മേഖലയും (Zone of Accumulation and Zone of Ablation)

ഹിമാനികൾ ചലനാത്മക സ്വഭാവമുള്ളവയാണ്. ഹിമാനിയുടെ രൂപീകരണത്തിനും വളർച്ചയ്ക്കും പല ഘടകങ്ങളും സഹായിക്കുന്നുണ്ട്. മഞ്ഞ് പെയ്യുന്നത് ഹിമരേഖയ്ക്ക് മുകളിലുള്ള ഉയർന്ന മലകളിലെ നിക്ഷേപമേഖലകളിലാണ്. മഞ്ഞിന്റെ നിക്ഷേപം വർധിക്കുന്തോറും അവ ഗ്ലേഷ്യൽ ഐസായി മാറുകയും ഹിമാനിയുടെ കനം വർധിക്കുകയും ക്രമേണ മലകളിൽ നിന്ന് താഴോട്ട് നിരങ്ങി ഇറങ്ങുകയും ചെയ്യും. അടിവാരമെത്തിയാൽ ക്ഷയീകരണ മേഖലയായി. ഇവിടെ ദ്രവീകരണവും ബാഷ്പീകരണവും സംഭവിക്കുന്നു. ഈ രണ്ടു മേഖലകൾക്കിടയിൽ ഏറെക്കുറെ മഞ്ഞുവീഴ്ചയും മഞ്ഞുരുകലും സന്തുലിതാവസ്ഥയിൽ ആയിരിക്കും. കൂടിയ മഞ്ഞുവീഴ്ച കൊണ്ടോ അമിതമായ ദ്രവീകരണം കൊണ്ടോ ഈ സന്തുലിതാവസ്ഥ അസ്ഥിരപ്പെട്ടാൽ ഹിമാനിയുടെ കീഴഗ്രം സാധാരണയെക്കാൾ വേഗത്തിൽ മുന്നോട്ടോ പുറകോട്ടോ സ്ഥാന വ്യത്യാസത്തിന് വിധേയമാകും.

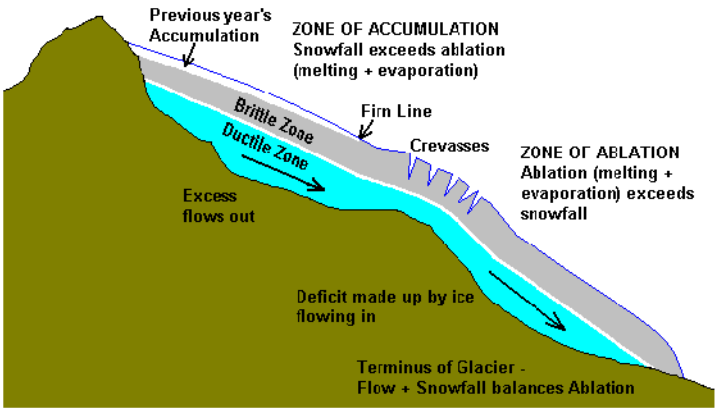
ക്ഷയീകരണത്തെ നിക്ഷേപണത്തിന്റെ വിപരീതമായാണ് ഗ്ലേഷ്യൽ ജിയോളജിയിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നത്. ഹിമാനിയിലെ മഞ്ഞ്, ഐസ് അല്ലെങ്കിൽ ജലം എന്നിവയെ നീക്കം ചെയ്യുന്ന എല്ലാ പ്രക്രിയകളെയും ഒരുമിച്ച് ക്ഷയീകരണമെന്ന് നിർവചിക്കുന്നു. ദ്രവീകരണം, ബാഷ്പീകരണം, ഉൽപാതനം ഖണ്ഡരൂപീകരണം, കാറ്റ് മൂലമുള്ള മഞ്ഞിന്റെ ശോഷണം (ഡിഫ്ളേഷൻ) എന്നിവ ക്ഷയീകരണ നഷ്ടത്തിൽ ഉൾപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയകളാണ്. ഉത്പാതനം (sublimation) എന്നാൽ ഒരു വസ്തു ദ്രവാവസ്ഥയിൽ കടക്കാതെ ഖരാവസ്ഥയിൽ നിന്നും വാതകാവസ്ഥയിലേയ്ക്ക് നേരിട്ട് മാറുന്ന

തിനെയാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. ഒരു ഹിമാനി കടലിലോ വലിയ ജലാശയത്തിലൊ എത്തിച്ചേരുമ്പോൾ അതിന്റെ അഗ്രഭാഗത്തു നിന്ന് മഞ്ഞുഖണ്ഡങ്ങൾ വേർപ്പെടുന്ന തിനെയാണ് ഖണ്ഡരൂപീകരണം (calving) എന്നു പറയുന്നത്. ഇപ്രകാരം കടലി നോട് ചേർന്ന് കിടക്കുന്ന ഒരു ഹിമാനിയുടെ അഗ്രഭാഗത്തു നിന്ന് വേർപെട്ടു കട ലിൽ ഒഴുകി നടക്കുന്ന ഗ്ലേഷ്യൽ ഐസാണ് ഐസ്ബർഗ് (ഒഴുകി നടക്കുന്ന ഹിമാനിഖണ്ഡം). ആയിരക്കണക്കിന് വ്യത്യസ്ത വലുപ്പത്തിലുള്ള ഹിമാനി ഖണ്ഡ ങ്ങൾ അമേരിക്കയുടെയും ആർട്ടിക്കിന്റെയും ചുറ്റുമുള്ള സമുദ്രങ്ങളിലും ഗ്ലേഷ്യൽ തടാകങ്ങളിലും മഞ്ഞുമലകളായി ഒഴുകി നടക്കുന്നുണ്ട്. ഒഴുകി നടക്കുന്ന ഇത്തരം മഞ്ഞുമലകൾ കപ്പലുകൾക്ക് അപായകരമാണ്. 1912 ൽ ടൈറ്റാനിക്ക് എന്ന ആഡം ബരകപ്പൽ മുങ്ങിയത് ഇത്തരത്തിലൊരു മഞ്ഞുമലയിൽ ഇടിച്ചാണ്.

8.5. ഹിമാനികളുടെ ചലനം (Movement of Glaciers)

ദൃഢീകരിക്കപ്പെട്ട ഖരമഞ്ഞ് ഹിമാനിയാകണമെങ്കിൽ അവ ചലിക്കണം. സാധാരണ യായി ഖരമഞ്ഞ് ഇരുപത് മീറ്ററിൽ കൂടുതൽ കനം വർധിക്കുമ്പോൾ ഹിമാനി നിരങ്ങി താഴേയ്ക്ക് ഇറങ്ങാൻ തുടങ്ങുന്നു. ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്തിന്റെ സ്വാധീനത്താൽ ഹിമാനികൾ താഴോട്ട് നീങ്ങുന്നത് രണ്ട് പ്രക്രിയകളുടെ സഹായത്താലാണ്. (1) ഇന്റേണൽ ഫ്ളോ അല്ലെങ്കിൽ ക്രീപ്പ് (creep) (ചീട്ടുകളുടെ അടുക്കിൽ നിന്ന് ചീട്ടു കൾ ഊർന്നുവീഴുന്നതുപോലെ ഐസ്ക്രിസ്റ്റലുകൾ ഊർന്നിറങ്ങുന്ന പ്രക്രിയ). (2) താഴ്ഭാഗതെന്നൽ (basal sliding) (ഹിമാനിയുടെ താഴ്ഭാഗത്ത് രൂപപ്പെടുന്ന ഉരുകിയ ജലത്തിന്റെ സ്നിഗ്ധത മൂലം അത് തെന്നിനീങ്ങുന്ന പ്രക്രിയ). ഹിമാനിയുടെ താഴോ ട്ടുള്ള ഒഴുക്കിന്റെ തോത് അതിന്റെ മധ്യഭാഗത്തും മുകൾഭാഗത്തും താരതമ്യേന കൂടുതൽ വേഗത്തിലായിരിക്കും.

നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഒരു ഹിമാനിയിൽ ലംബമായ രണ്ട് പാളികൾ കാണാം. ഭംഗു രവും ദുർബലവുമായ മുകൾ ഭാഗം വിള്ളലുകളോടെ ഉടയുമ്പോൾ, പൊട്ടിപോകാതെ വഴങ്ങുന്ന താഴ്ഭാഗം ഇന്റേണൽ ഫ്ളോയിലൂടെ ഉരുകിയ മെഴുകുപോലെ രൂപം മാറു ന്നു. ഇതുമൂലം ഹിമാനിയുടെ മുകളിൽ കാണുന്ന വിള്ളലുകൾ (crevasses) 20 മീറ്റർ ആഴമുള്ള മെഴുകുപോലുള്ള ആന്തരിക പാളി വരെ മാത്രമേ ചെന്നെത്താറുള്ളൂ. ചിത്രം 8.3 ൽ ഒരു ഹിമാനിയുടെ നിക്ഷേപ മേഖലയും ക്ഷയീകരണമേഖലയും മറ്റ് ബന്ധ പ്പെട്ട പ്രവർത്തനങ്ങളും ചിത്രീകരിക്കുന്ന നെടുകെയുള്ള ഛേദം കാണാം.



ചിത്രം 8.3 ഒരു ഹിമാനിയിലെ നിക്ഷേപണ ക്ഷയീകരണ മേഖലകൾ.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ഹിമപാളികളുടെ ചലനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ ഏവ?
2. ഹിമാനിയിൽ നിന്ന് ഐസും മഞ്ഞും നഷ്ടപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയകളാണ് _____.
3. ജലാശയത്തിൽ ചെന്നെത്തുന്ന ഹിമാനിയിൽ നിന്ന് ഖണ്ഡങ്ങൾ വേർപെടുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്നവയാണ് _____.
4. താഴേയ്ക്ക് ഒഴുകിയിറങ്ങുന്ന ഹിമാനിയുടെ ചലനത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന രണ്ടു പ്രക്രിയകൾ ഏവ?

8.6. വിവിധതരം ഹിമാനികൾ (Types of Glaciers)

ഹിമാനികളുടെ വർഗീകരണം പല രീതിയിലുണ്ടെങ്കിലും അടിസ്ഥാനപരമായി മൂന്ന് തരം ഹിമാനികളെ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. (1) പർവ്വത ഹിമാനി അഥവാ ആൽപൈൻ ഹിമാനി (2) വൻകര ഹിമാനി അഥവാ ഖരമഞ്ഞ് പാളികൾ (3) ഖരമഞ്ഞു തിട്ടകൾ.

8.6.1. പർവ്വത ഹിമാനി (Mountain Glacier)

ഉയർന്ന പർവ്വതങ്ങളിലെ താഴ്‌വരകളിൽ കാണുന്നവയാണ് പർവ്വത ഹിമാനി. ആൽപ്സ് പോലുള്ള ഉയർന്ന മലനിരകളിൽ കാണുന്ന ഇവയെ 'ആൽപൈൻ ഹിമാനി' എന്നും 'താഴ്‌വാര ഹിമാനി' എന്നും പറയും. ഇവയുടെ വീതി നൂറുകണക്കിന് മീറ്ററാണെങ്കിലും കനം നൂറു മീറ്ററിലും കുറവായിരിക്കും. ഹിമാലയ പർവ്വതത്തിന് ആ പേര് കൈവന്നത് മഞ്ഞും ഹിമാനികളും മൂടിയ കൊടുമുടികളും താഴ്‌വരകളും ധാരാളമുള്ളതുകൊണ്ടാണ്.

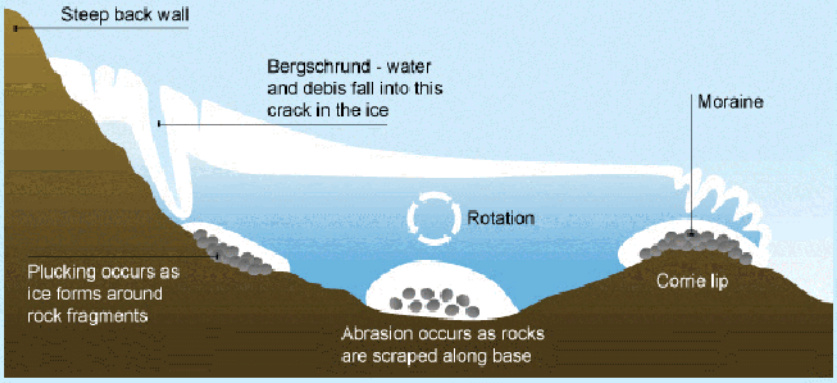
8.6.2 വൻകര ഹിമാനി (Continental Glacier)

ഭൂമിയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഏറ്റവും വലിയ ഹിമാനികളാണിവ. വിസ്തീർണത്തിൽ വൻകരകളോളം വരുന്നതുകൊണ്ടാണ് ഇവയ്ക്ക് ഈ പേര് ലഭിച്ചത്. ഉയർന്ന അക്ഷാംശങ്ങളിൽ കാണുകയും വീതിയിലും കനത്തിലും താഴ്‌വാര ഹിമാനിയേക്കാൾ വലുതും താഴ്‌വരകളിൽ ഒതുങ്ങികാണാത്തവയുമാണിവ. ദശലക്ഷക്കണക്കിന് ചതുരശ്ര കിലോമീറ്റർ വിസ്തീർണവും കിലോമീറ്ററുകളോളം കനവും ഇവയ്ക്കുണ്ട്. വൻകര ഹിമാനികൾ ഒരു പ്രദേശം മുഴുവനായും മൂടുന്നതുകൊണ്ട് ഇവയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ താഴ്‌വാര ഹിമാനികളിൽ കാണുന്നതുപോലെ മറ്റുപദാർഥങ്ങൾ കാണപ്പെടാറില്ല. അവയുടെ കൂടിയ വലിപ്പവും കനവും മൂലം അടിത്തട്ടിലെ അപരദനം വളരെ കൂടുതലാണ്. ഉയർന്ന മലനിരകളെപോലും പുറമെ കാണാത്തവിധം മൂടിക്കളയാൻ ഇവയ്ക്ക് സാധിച്ചേക്കാം. ഭൂമിയിലാകമാനമുള്ളതിൽ 95 ശതമാനം ഗ്ലേഷ്യൽ ഐസും ഗ്രീൻലാന്റിലും അന്റാർട്ടിക്കയിലുമായി വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്നു. ഈ ഐസ്പാളികൾ ഉരുകിയാൽ കടൽ നിരപ്പ് ഇപ്പോഴത്തെക്കാൾ 66 മീറ്റർ ഉയരും എന്നാണ് കണ്ടെത്തൽ. ഗ്രീൻലാന്റ് ഖരമഞ്ഞുപാളിയുടെ കനം ചില സ്ഥലങ്ങളിൽ 3 കി.മീറ്ററിലും കൂടുതലാണ്. അന്റാർട്ടിക്കയിലെ ഐസ്ഷീറ്റ് ധ്രുവ ഐസ്ഷീറ്റാണ്. ഇത് ദക്ഷിണ ധ്രുവദേശത്ത് സ്ഥിതിചെയ്യുന്നു. താഴ്‌വാര ഹിമാനികൾ ഒരു ദിശയിൽ മാത്രം നീങ്ങുമ്പോൾ വൻകര

ഗ്ലേഷ്യൽ ക്രിവാസുകൾ (Glacial Crevasses)

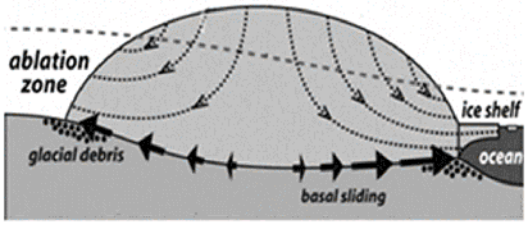
മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകുന്നതും കുത്തനെ ആഴത്തിലുമുള്ളതും വലിപ്പം കൂടിയതുമായ തുറന്ന വിള്ളലുകളാണ് ഗ്ലേഷ്യൽ ക്രിവാസുകൾ. ഹിമാനിയുടെ പ്രവേഗത്തിലും ചെരിവിലുമുള്ള മാറ്റങ്ങൾ മൂലമാണ് ഇവ രൂപപ്പെടുന്നത്. ഒരു ഹിമാനിയുടെ മധ്യത്തിലോ വശങ്ങളിലോ നേരെയും ചരിഞ്ഞും കുറുകെയും ഇവ കാണപ്പെടുന്നു. നിക്ഷേപണ മേഖലയിൽ ഹിമാനിയുടെ ചെരിഞ്ഞ പ്രതലത്തിൽ ക്രമരഹിതമായി കാണുന്ന വിള്ളലുകളാണ് ബെർക്ക് ഷ്രുണ്ട് (ചിത്രം 8.4). ഒരു താഴ്‌വാര ഹിമാനിയിൽ കാണാവുന്ന ഏറ്റവും വലിയ വിള്ളലുകളാണ് ഇവ.

ക്രിവാസുകളുടെ സാന്നിധ്യം ഖണ്ഡരൂപീകരണത്തെ (calving) സഹായിക്കുന്നു. സാധാരണയായി ഹിമാനികളിലെ ക്രിവാസുകൾ 50 മീറ്ററിൽ കൂടുതൽ ആഴത്തിൽ കാണാറില്ല (അതായത് ഭംഗുര മേഖലയുടെ താഴത്തെ പരിധി). ഇതിന് കാരണം പൊട്ടാത്ത വഴങ്ങുന്ന മേഖല ഈ വിള്ളലുകളെ അടച്ചുകളയുന്നതു കൊണ്ടാണ്.



ചിത്രം 8.4 ബെർക്ക് ഷ്രുണ്ട്

ഹിമാനികൾ നിക്ഷേപ മേഖലകളിൽ നിന്ന് എല്ലാ വശങ്ങളിലേക്കും നീങ്ങുന്നു. ഒരു വൻകര ഹിമാനിയുടെ സമാന്യ നിരപ്പിൽ നിന്നും മുകളിലേയ്ക്ക് ഉയർന്ന് നിൽക്കുന്ന കൊടുമുടികളാണ് നുനാടക്കുകൾ (Nunataks). വൻകര ഹിമാനിയുടെ ചലനം അവയ്ക്ക് താഴെയുള്ള ഭൂപ്രതലത്തിന്റെ ചെരിവിന്റെ ദിശയിലേക്കായിരിക്കണമെന്നില്ല. അവയുടെ നീക്കം



(ചിത്രം 8.6) വൻകര ഹിമാനികൾ നീങ്ങുന്ന ദിശകൾ

പർവ്വത ഹിമാനിയുടെ വിവിധതരങ്ങൾ (Types of Mountain Glaciers)

വിവിധതരം പർവ്വത ഹിമാനികളെ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്.

എ) സിർക്ക് ഹിമാനികൾ (Cirque glaciers) : മലകളുടെ വശങ്ങളിലെ പാത്രാകൃതിയിലുള്ള കുഴികളിൽ നിന്ന് ഉൽഭവിക്കുന്ന ഏറ്റവും ചെറിയ തരം ഹിമാനികളാണിവ.

ബി) താഴ്‌വാര ഹിമാനികൾ (Valley glaciers): സിർക്ക് ഹിമാനികൾ വളർന്ന് സമീപത്തുള്ള താഴ്‌വരകളിലേക്കൊഴുകി രൂപപ്പെടുന്നവയാണ് താഴ്‌വാര ഹിമാനികൾ. ഇവയുടെ തുടർന്നുള്ള നീക്കത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് ആ പ്രദേശത്തിന്റെ ആകൃതിയാണ്. താഴ്‌വാര ഹിമാനികൾ സ്വയം നിർമിച്ച താഴ്‌വരകളിലല്ല കാണപ്പെടുന്നത്, മറിച്ച് മുൻപുണ്ടായിരുന്ന നദീതാഴ്‌വരകളെ അവ ചെറിയ തോതിൽ മാറ്റം വരുത്തി ഉപയോഗിക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. കുറേ സിർക്ക് ഹിമാനികൾ ചേർന്നാണ് താഴ്‌വാര ഹിമാനികൾക്ക് രൂപം നല്കുന്നത്. ഇവയുടെ നീളം ഇവയുടെ വീതിയേക്കാൾ പതിൻമടങ്ങാണ്. (ചില വർഗീകരണങ്ങളിൽ താഴ്‌വര ഹിമാനികളെ പർവ്വത ഹിമാനികളെന്നും ആൽപ്സൈൻ ഹിമാനികളെന്നും വിളിച്ചു വരുന്നതായി കാണാം.)

സി) ഫിയോഡ് ഹിമാനികൾ (Fjord glaciers) : തീരപ്രദേശത്ത് കടലിലേക്ക് നീണ്ടുകിടക്കുന്ന വീതികുറഞ്ഞ, കുത്തനെയുള്ള, ആഴം കൂടിയ താഴ്‌വരകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന താഴ്‌വാര ഹിമാനികളാണ് ഫിയോഡ് ഹിമാനികൾ. ഇത്തരം ഹിമാനികൾ പിൻവാങ്ങുമ്പോൾ അവയുടെ താഴ്‌വരകളിൽ കടൽജലം കടന്നുകയറും. ഈ താഴ്‌വരകൾ ഫിയോഡുകൾ (ഹിമാനി ജന്യ ദീർഘ താഴ്‌വരകൾ) എന്നറിയപ്പെടുന്നു. (ചിത്രം 8.5). കപ്പലുകൾക്ക് കരയുടെ ഉൾഭാഗങ്ങളിലേക്ക് പ്രവേശിക്കാൻ ആഴക്കൂടുതലുള്ള ഇത്തരം തീരദേശ താഴ്‌വരകൾ വഴിയൊരുക്കുന്നു. തീരപ്രദേശങ്ങളിൽ കഴിഞ്ഞ ഹിമകാലഘട്ടത്തിൽ ഹിമാനികളാൽ രൂപപ്പെട്ട താഴ്‌വരകളിലാണ് ഫിയോഡുകൾ കാണപ്പെടുന്നത്. ഉദാ: സ്കോട്ട്‌ലാന്റ്, നോർവെ, അലാസ്ക്ക എന്നീ പ്രദേശങ്ങൾ.

ചിത്രം 8.5 ഫിയോഡ്

ഡി) ഗിരിപാദ ഹിമാനി (Piedmont glacier) : ഒരു മലയുടെ അടിവാരത്തുള്ള ചെറിയ ചെരിവോടുകൂടിയ വിശാലമായ പ്രദേശത്തേക്ക് വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്ന ഹിമാനിയാണ് ഗിരിപാദ ഹിമാനി അല്ലെങ്കിൽ പീഡ്മണ്ട് ഹിമാനി (പീഡ്മണ്ട് എന്നാൽ മലയുടെ അടിവാരത്തുള്ള സമതലം).

ഇ) ഖരമഞ്ഞ് മകുടം (Ice caps): മലമ്പ്രദേശങ്ങളിൽ താഴ്‌വാര ഹിമാനികൾ പരിസര പ്രദേശങ്ങളിലേക്ക് വ്യാപിച്ച് വിസ്തീർണം വർധിക്കുമ്പോൾ മഞ്ഞു മകുടങ്ങളാകുന്നു. അടുത്തടുത്തുള്ള താഴ്‌വരകളുടെ അതിരുകൾ മൂടത്തക്ക അളവിൽ മഞ്ഞ് വർഷിച്ച് മലനിരയാകെ മഞ്ഞ് മൂടപ്പെട്ട അവസ്ഥയെ ഖരമഞ്ഞ് മകുടം എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

എപ്പോഴും കട്ടികൂടിയ അരികുകളിൽ നിന്നും കനം കുറഞ്ഞ അരികുകളിലേക്കായിരിക്കും. ചിലപ്പോൾ ഈ നീക്കം സമാന്യ ഭൂനിരപ്പിന്റെ ചരിവിന് എതിർവശത്തേക്കായിരിക്കാം. കനം കൂടിയ ഭാഗങ്ങൾ നിക്ഷേപണ മേഖലകളും കനം കുറഞ്ഞ ഭാഗങ്ങൾ ക്ഷയീകരണ മേഖലകളുമാണ്.

8.6.3 ഖരമഞ്ഞു തിട്ടകൾ (Ice Shelves)

കരയിലെ ഹിമാനികളുടെ തുടർച്ചയായി കടലിൽ നൂറുകണക്കിന് കി. മീറ്ററുകളോളം വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്ന ഖരമഞ്ഞു പാളിയാണ് ഖരമഞ്ഞു തിട്ടകൾ. ഇവയുടെ കനം ഒരു കി. മീറ്ററിൽ കൂടുതലും വിസ്തീർണം നൂറുകണക്കിന് ചതുരശ്ര കി.മീറ്ററുകളും വരും.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ഇന്നത്തെ കാലഘട്ടത്തിൽ ഭൂമുഖത്ത് ഏതെല്ലാം പ്രദേശങ്ങളിലാണ് ഹിമാനികൾ കാണപ്പെടുന്നത്?
2. വൻകരഹിമാനികൾക്ക് മറ്റൊരു നാമം എഴുതുക.

8.7. ഹിമാനികളുടെ ജിയോളജിക്കൽ പ്രവർത്തനം

മറ്റ് ജിയോളജിക്കൽ ഏജന്റുകളെപോലെ ഹിമാനികളും അപരദനം, സംവഹനം, നിക്ഷേപണം എന്നീ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നടത്തുന്നുണ്ട്. ഇതുവഴി ഹിമാനികൾ സവിശേഷമായ ഭൂരൂപങ്ങൾ നിർമിക്കുന്നു. പുതിയ ഭൂരൂപങ്ങൾ നിർമിക്കുക മാത്രമല്ല മുൻപുണ്ടായിരുന്നവയ്ക്ക് മാറ്റം വരുത്തുകയും ചെയ്യും.

8.7.1. ഹിമാനീയ അപരദനം (Glacial Erosion)

ഒരു ഹിമാനി അപരദന പ്രക്രിയ നടത്തുന്നത് അടർത്തിയെടുക്കലിലൂടെയും (glacial plucking) അബ്രേഷനിലൂടെയുമാണ് (abrasion).

എ) ഹിമാനീയ അടർത്തിയെടുക്കൽ (Glacial Plucking)

ഹിമാനി നീങ്ങുന്ന അടിപ്പാറയുടെ വിള്ളലുകളിൽ ജലം ഇറങ്ങി തണുത്ത് ഖരീകരണം നടക്കും. വലിയ ഭാരമുള്ള ഹിമാനി നിരങ്ങി ഇറങ്ങുമ്പോൾ ഈ ഖരജലം ശിലാശകലങ്ങളെ അടർത്തി പറിച്ചെടുക്കും. ഒരു ബലകൃത (ഭൗതിക) അപക്ഷയ രീതിയാണിത്. വിവിധ അളവിൽ കാണുന്ന വേർപെട്ട ശിലാശകലങ്ങൾ വിവിധ ആകൃതിയിലും വലുപ്പത്തിലും കൂർത്ത് മൂലകളോടു കൂടിയുമായിരിക്കും. ഇത്തരം ശിലാകഷണങ്ങൾ ഹിമാനിയുടെ കീഴ്ഭാഗത്ത് ഒട്ടിനിന്ന് ഹിമാനീയ അപഘർഷണത്തിന് ഉപകരണമായി മാറുന്നു.

ബി) ഹിമാനീയ അബ്രേഷൻ (Glacial abrasion)

മലയിൽ നിന്നും താഴോട്ടുള്ള ഹിമാനിയുടെ പ്രയാണത്തിൽ അതിന് പലരീതിയിൽ ലഭിച്ച ശിലാശകലങ്ങൾ അതിൽ ഉൾചേർന്നിട്ടുണ്ടാകും. ഇത്തരം ശിലാശകലങ്ങൾ ഹിമാനിയുടെ അടിഭാഗത്തും വശങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്ന പാറകളിൽ മുട്ടിയും ഉരസിയും തട്ടിയും ചെത്തിയും നീങ്ങുമ്പോൾ വൻതോതിൽ അപരദനം സംഭവിക്കും. ഈ പ്രക്രിയയാണ് അബ്രേഷൻ. ഹിമാനിയുടെ കനം, പ്രവേഗം, അടിപ്പാറയുടെ കാഠിന്യം, സ്വഭാവം എന്നിവയെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കും അപരദനത്തിന്റെ തീവ്രത.

അബ്രേഷനിന്റെ ഫലമായി ശിലകളിൽ പൊഴികളും ചാലുകളും പോറലുകളും വരകളും കാണപ്പെടുന്നു. ഹിമാനിയുടെ അപഘർഷണ പ്രവർത്തനം മൂലം ശിലകളിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന നീളത്തിലുള്ള ചാലുകളെ വിളിക്കുന്ന പേരാണ് ഹിമാനീ ചാലുകൾ (glacial grooves). സെന്റിമീറ്ററുകളോളമൊ കിലോമീറ്ററുകളോളമൊ നീളത്തിൽ ശിലാകഷണങ്ങളെ വേർപെടുത്തിയെടുക്കുമ്പോൾ ഹിമാനീയ ചാലുകൾ ദൃശ്യമാകും. എന്നാൽ അത്ര ആഴത്തിലല്ല ചാലുകളെങ്കിൽ അവ നീളത്തിലുള്ള വരകളായി കാണപ്പെടും. ഇതാണ് ഹിമാനീ പോറലുകൾ (glacial striations) (ചിത്രം 8.7). ചന്ദ്രക്കലാകൃതിയിൽ വക്രമായി കാണുന്ന വിള്ളലുകളാണ് ഷാറ്റർ അടയാളങ്ങൾ (Chatter marks). ഇവ 1 മുതൽ 5 സെന്റീമീറ്റർ വരെ വലിപ്പമുള്ള പൂളിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള വിള്ളലുകളായും കാണപ്പെടാറുണ്ട്.

ഹിമാനിയുടെ അടിവശത്തുള്ള പാറക്കല്ലുകൾ ശക്തിയായി ഇടിച്ച് നിരങ്ങിയും ഉരസിയും ക്രമരഹിതമായി ഉരുണ്ടും ഇഴുകിയും നീങ്ങുമ്പോൾ ഗ്രാനൈറ്റ് പോലുള്ള കടുത്ത, ഭംഗുര പാറകളിൽ ഷാറ്റർ അടയാളങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നു. (മരപ്പണിക്കാരന്റെ ഉളി മരത്തിന് മേൽ ക്രമരഹിതമായി വഴുതി ചാടി നീങ്ങുമ്പോൾ രൂപപ്പെടുന്ന അടയാളങ്ങളോട് സാദൃശ്യപ്പെടുത്താം). ഷാറ്റർ അടയാളങ്ങൾ ഒന്നിനുപിറകെ ഒന്നായി ശ്രേണികളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ ഹിമാനി നീങ്ങുന്ന ദിശയ്ക്ക് ലംബമായാണ് രൂപപ്പെടുന്നത്.

ഹിമാനിയുടെ അഗ്രഭാഗത്ത് നിന്ന് പുറപ്പെടുന്ന അരുവിയിലെ ജലം കലങ്ങി വെള്ള നിറമായിരിക്കും. അബ്രേഷൻ മൂലം ഹിമാനിയിൽ പറ്റിപിടിച്ച കളിമണ്ണിന്റെയും പാറപ്പൊടിയുടെയും സാന്നിധ്യം മൂലമാണിത്. ഈ ജലത്തെ ഹിമാനീയ ക്ഷീരം (glacial milk) എന്ന് പറയുന്നു. ഹിമാനികൾ പിൻവാങ്ങിയ പ്രദേശങ്ങളിൽ ശിലകളിൽ കാണുന്ന ഹിമാനീയ അടയാളങ്ങൾ ഹിമാനി മുൻപ് നീങ്ങിയ ദിശയെ സൂചിപ്പിക്കുന്ന പ്രധാന തെളിവുകളാണ്.

ചിത്രം 8.7 ഹിമാനീയ പോറലുകൾ

ചിത്രം 8.8 ഷാറ്റു അടയാളങ്ങൾ

8.7.2. ഹിമാനീയ അപരദന ഭൂരൂപങ്ങൾ (Landforms formed by glacial erosion)

ഇനി നമുക്ക് ഹിമാനീയ അപരദനം വഴി രൂപംകൊണ്ട ചില ഭൂരൂപങ്ങളെ പരിചയപ്പെടാം.

എ) സിർക്ക്/കോറികൾ (Cirque /Corries)

ഒരു പർവ്വത ഹിമാനിയുടെ അല്ലെങ്കിൽ താഴ്‌വാര ഹിമാനിയുടെ ഉൽഭവ സ്ഥാനമാണ് സിർക്കുകൾ. ഇവ "കോറി" എന്ന പേരിലും അറിയപ്പെടും. ഹിമാനീ താഴ്‌വരയുടെ തുടക്കത്തിൽ അർധവൃത്താകൃതിയിലുള്ള ഒരു കുഴിഞ്ഞ പാത്രം പോലുള്ള ഗർത്തമാണ് സിർക്ക്. (ചിത്രം 8.9). സിർക്കുകളുടെ മൂന്നുവശവും ചെങ്കുത്തായ ചുമരുകളായിരിക്കും. ഇവയുടെ വ്യാസം ഏതാനും മീറ്ററുകളോ ഏതാനും കിലോമീറ്ററുകളോ ആകാം.

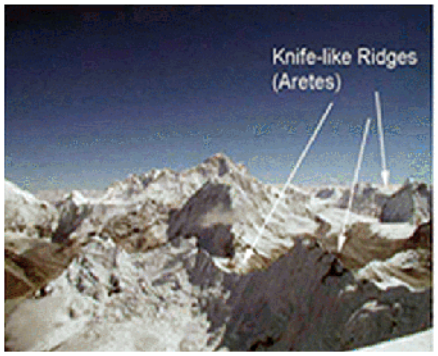
ഹിമാനീയ അപഘർഷണം, അടർത്തിയെടുക്കൽ, ഹിമകീലനം എന്നിവയുടെ സംയുക്ത പ്രവർത്തനം സിർക്കുകളുടെ രൂപീകരണത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ഹിമാനികൾ അപ്രത്യക്ഷമായതിന് ശേഷം ഇത്തരം താഴ്ചകളിൽ തടാകങ്ങൾ രൂപപ്പെട്ടേക്കാം. ഇത്തരം തടാകങ്ങളാണ് ടാണുകൾ (Tarns) (ചിത്രം 8.10).

ചിത്രം 8.9 സിർക്ക് ഹിമാനി

ചിത്രം 8.10 ടാണുകൾ അല്ലെങ്കിൽ സിർക്ക് തടാകങ്ങൾ

ബി) എറേറ്റെ (Arete)

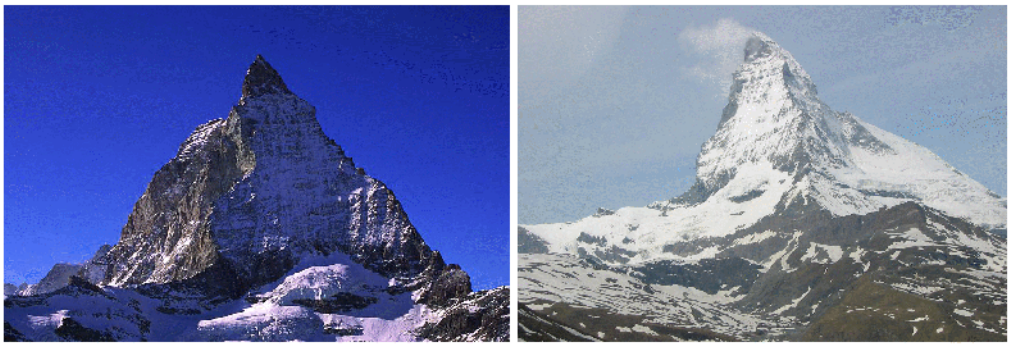
അടുത്തടുത്തുള്ള രണ്ട് സിർക്കുകൾ ഒന്നിനോടൊന്ന് പുറകോട്ട് അപരദനം നടത്തി തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടുമ്പോൾ രൂപപ്പെടുന്ന കത്തിയുടെ വായ്ത്തലപോലുള്ള വരമ്പാണ് എറേറ്റെ (ചിത്രം 8.11). രണ്ടു ഹിമാനികളും അവയുടെ വശങ്ങളിൽ അപരദനം നടത്തുമ്പോൾ വരമ്പ് വീതികുറഞ്ഞ് ചെങ്കുത്തായതായി മാറും.



ചിത്രം 8.11 എറേറ്റെ

സി) ഹോൺ അല്ലെങ്കിൽ സ്തൂപികാ കൊടുമുടി (Horn or Pyramidal Peak)

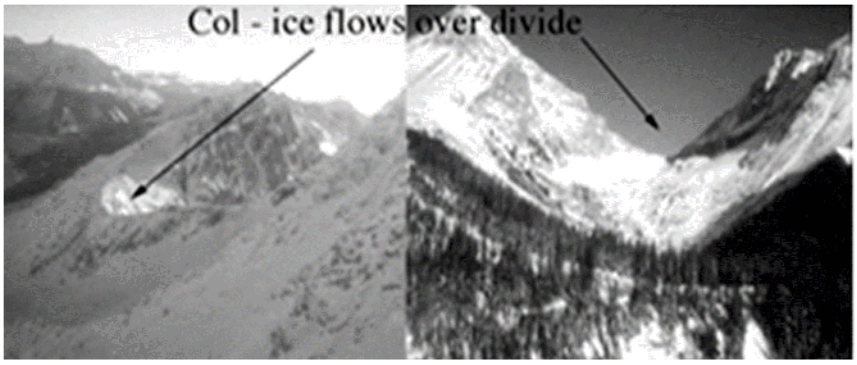
മൂന്നോ അതിലധികമോ ഹിമാനീയ സിർക്കുകളുടെ അപരദനത്താൽ നിർമിക്കപ്പെടുന്നവയാണ് ഹോണുകൾ. സ്തൂപികാ കൊടുമുടി എന്നും ഇവ അറിയപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഇവയുടെ മുകൾ അറ്റം കൂർത്തതായിരിക്കും. ഉദാ: ആൽപ്സിലെ മാറ്റർ ഹോൺ.



ചിത്രം 8.12 ഹോൺ അല്ലെങ്കിൽ പിരമിഡൽ കൊടുമുടി

ഡി) കോൾ (col)

ഒരു മലയുടെ ഇരുവശങ്ങളിൽ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന രണ്ടു സിർക്കുകളുടെ അപരദനഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്നവയാണ് കോൾ (ചിത്രം. 8.13). ഉന്നത പർവതപ്രദേശങ്ങളിലെ ചുരങ്ങളെപ്പോലെ സഞ്ചാര യോഗ്യമായവയാണ് കോളുകൾ. ഹിമാനികളാൽ രൂപപ്പെട്ട ചുരങ്ങളെ മാത്രമേ കോൾ എന്ന് വിളിക്കാറുള്ളൂ.

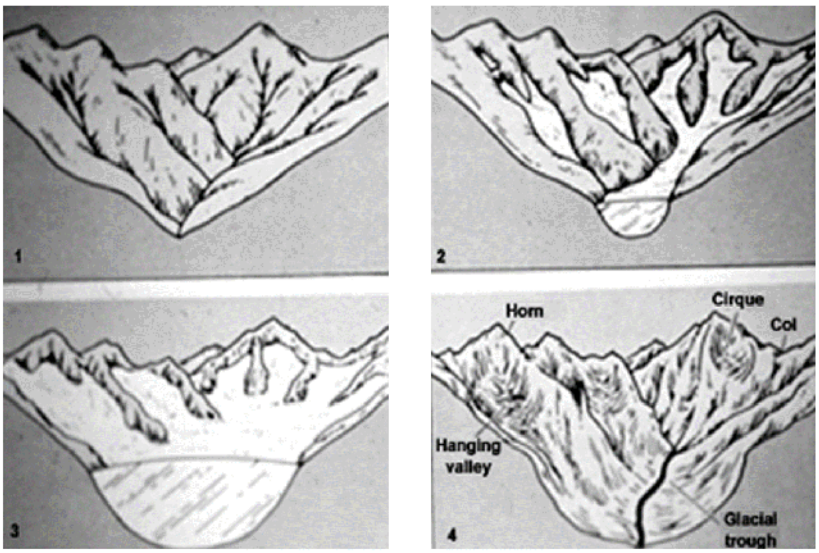


ചിത്രം 8.13 കോൾ അല്ലെങ്കിൽ ചുരം

ഇ) ഹിമാനീയ താഴ്‌വര (Glacial Trough)

ഹിമാനികൾ സ്വയം താഴ്‌വരകൾ നിർമിക്കാറില്ലെന്ന് നിങ്ങൾ പഠിച്ചു കഴിഞ്ഞല്ലോ. അവ പ്രാചീന കാലത്ത് നദികൾ മലകളിൽ നിർമിച്ച താഴ്‌വരകളിലൂടെയാണ് ഒഴുകുക. കാലക്രമേണ നദീചാനലുകൾക്ക് ഹിമാനീയ അപരദനത്താൽ രൂപമാറ്റം സംഭവിക്കുകയും ചെയ്യും. മലനിരകളിലെ നദീചാനലുകൾ V ആകൃതിയിൽ മാത്രമാണ് കാണപ്പെടുന്നത്.

നദികൾ നിർമിച്ച V ആകൃതിയിലുള്ള താഴ്‌വര ഹിമാനീയ അപരദനത്തിന്റെ ഫലമായി രൂപമാറ്റം സംഭവിച്ച് പരന്ന അടിത്തട്ടും കുത്തനെയുള്ള വശങ്ങളുമായി മാറുന്നു (ചിത്രം. 8.14). ഇപ്രകാരം U ആകൃതിയിലുള്ള ഹിമാനീയ താഴ്‌വരകളെയാണ് ഹിമാനീയ ട്രഫുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നത് (ചിത്രം 8.15).



ചിത്രം 8.14 ഹിമാനീയ ട്രഫിന്റെ വളർച്ചാഘട്ടങ്ങൾ

ചിത്രം 8.15 ഹിമാനീയട്രഫ്

എഫ്) തൂക്ക് താഴ്‌വര (Hanging Valley)

ഒരു ചെറിയ പോഷകഹിമാനി വലിയ ഹിമാനിയിൽ ചെന്ന് ചേരുമ്പോൾ ചെറിയ ഹിമാനിക്ക് അപരദനശേഷി കുറവായതുകൊണ്ട് അതിന്റെ താഴ്‌വര പ്രധാന താഴ്‌വരയെക്കാൾ ഉയർന്ന് നിൽക്കും. ഹിമാനി ഉരുകി പിൻവാങ്ങുമ്പോൾ ഒരു പോഷകനദി വെള്ളച്ചാട്ടമായി പ്രധാനതാഴ്‌വരയിലെ നദിയുമായി കൂടിച്ചേരും. ഇത്തരം ഉയരത്തിൽ സരിതി ചെയ്യുന്ന പോഷക താഴ്‌വരയാണ് തൂക്ക് താഴ്‌വര.

ചിത്രം 8.16
തൂക്ക് താഴ്‌വര

ഗ്ലേഷ്യൽ ക്രിവാസുകൾ (Glacial Crevasses)

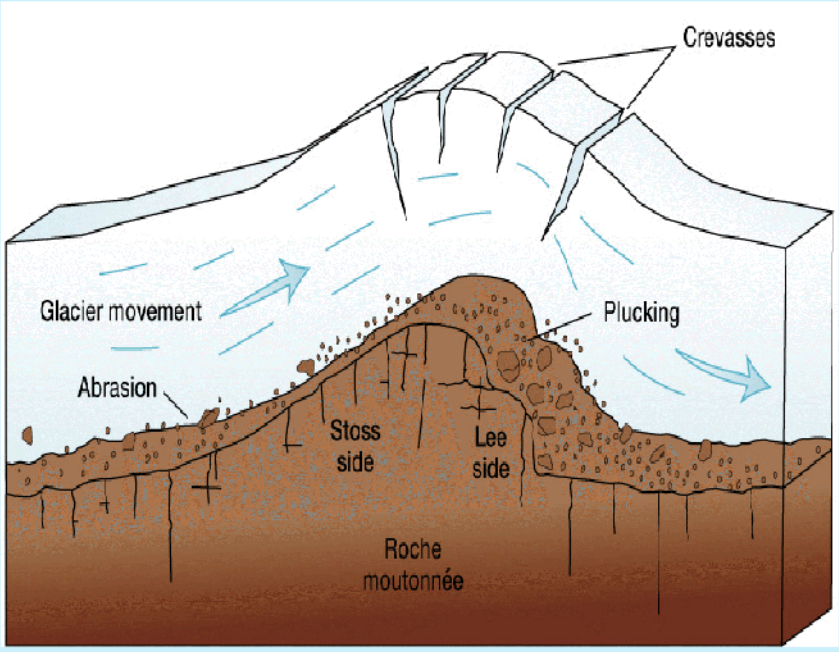
മറ്റ് ഹിമാനീയ അപരദനഭൂരൂപങ്ങൾ (Other Glacial Erosional Landforms)

എ) ഫിയോഡ് (Fjord)

തീരപ്രദേശത്ത് കടലിലേക്ക് നീണ്ടുകിടിക്കുന്ന വീതികുറഞ്ഞ, കുത്തനെയുള്ള, ആഴം കൂടിയ താഴ്‌വരകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന താഴ്‌വര ഹിമാനികളാണ് ഫിയോഡ് ഹിമാനികൾ. ഈ താഴ്‌വരകളെയാണ് ഫിയോഡുകൾ എന്ന് പറയുന്നത്.

ബി) റോഹ്ഷ് മൂട്ട്ണെ (അജാകാരശില) (Roche Moutonnee) (sheep rock)

അടിപ്പാറയുടെ മുകളിലൂടെ ഹിമാനി നീങ്ങുമ്പോൾ സംഭവിക്കുന്ന അപരദനഫലമായി അജാകാരശില രൂപപ്പെടുന്നു. (ചിത്രം 8.17). ഹിമാനി ഒഴുകി വരുന്ന ദിശയുടെ ഭാഗത്ത് (സ്റ്റോസ് വശം) മിനുസത്തോടെയും എതിർവശത്ത് പരുപരുത്തതായും (ലീവശം) കാണപ്പെടുന്നു. ഇതിന് കാരണം സ്റ്റോസ് വശത്ത് അപഘർഷണവും ലീവശത്ത് അടർത്തിയെടുക്കലും നടക്കുന്നത് കൊണ്ടാണ്. ഇത്തരം പാറകൾ ചിലപ്പോൾ ഒരു മീറ്ററിനേക്കാൾ ചെറുതും ചിലപ്പോൾ നൂറുകണക്കിന് മീറ്ററോളം വലുതുമാകാം.



ചിത്രം 8.17 റോഹ്ഷ് മൂട്ട്ണെ (അജാകാര ശില)

8.7.3. ഹിമാനീയ വഹനം (Glacial Transport)

ഹിമാനി വഹിച്ചു കൊണ്ടുപോകുന്ന ശിലാവസ്തുക്കൾ പല സ്രോതസുകളിൽ നിന്നും ലഭിച്ചതാണ്. ഹിമാനീയ അപരദനത്തിൽ നിന്നും (അപഘർഷണത്തിൽ നിന്നും അടർത്തിയെടുക്കലിൽ നിന്നും) ലഭിക്കുന്നതു കൂടാതെ മലയിടിച്ചിലിൽ നിന്നും അവയുടെ മേൽ വസ്തുക്കൾ വന്ന് പതിക്കും. ഒരു താഴ്‌വാര ഹിമാനിയുടെ കാര്യത്തിൽ അതിന് ഏറ്റവും കൂടുതൽ അവസാദങ്ങൾ ലഭിക്കുന്നത് അതിന്റെ പാർശ്വങ്ങളിലുള്ള ഭിത്തിയിൽ നിന്നായിരിക്കും. ഹിമാനി നിറഞ്ഞ മലനിരകളുടെ പ്രത്യേകതയാണ് ഹിമപാതങ്ങൾ (avalanches). ഇവയിൽ നിന്നും ഹിമാനികൾക്ക് വ്യത്യസ്ത വലുപ്പത്തിലും തരത്തിലുമുള്ള ശിലാവസ്തുക്കൾ വലിയ അളവിൽ ലഭിക്കും. വിവിധതരം മലയിടിച്ചിൽ പ്രക്രിയകളെക്കുറിച്ച് നാലാം പാഠത്തിൽ പഠിച്ചതാണല്ലോ കൂടുതൽ ഉദാഹരണങ്ങൾ അതിൽനിന്നും കണ്ടെത്തുക. ഹിമാനികൾ അടിവാരത്തിലേക്ക് വഹിച്ചു കൊണ്ടുപോകുന്ന വസ്തുക്കളുടെ അളവും വ്യത്യസ്തതയും മനസിലാക്കാൻ അതു നിങ്ങളെ സഹായിക്കും.

നദികളിൽ നിന്നും വിഭിന്നമായി ഹിമാനികൾക്ക് അവയുടെ അടിവശത്ത് കൂടി മാത്രമല്ല ശിലാവസ്തുക്കൾ വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോകാൻ സാധിക്കുക ഉപരിതലത്തിലും, അതിന്റെ മുഴുവൻ ഭാഗങ്ങളിലൂടെയും ഇതു സാധ്യമാണ്. നദികളെ അപേക്ഷിച്ച് ഹിമാനികൾ വഹിക്കുന്ന അവസാദങ്ങൾ അളവിൽ വളരെ കൂടുതലും വ്യത്യസ്തത നിറഞ്ഞതുമാണ്. ഹിമാനീയ സംവഹനത്തിൽ ശിലാവസ്തുക്കൾക്കും ഹിമാനി നിക്ഷേപങ്ങൾക്കും പൊതുവായി ഉപയോഗിക്കുന്ന പദമാണ് മൊറൈൻ (moraine). ഹിമാനിയിൽ ഇവ കാണപ്പെടുന്ന സ്ഥാനത്തിനനുസരിച്ച് പലപേരുകൾ നല്കിയിട്ടുണ്ട്.

1. സൂപ്പർ ഗ്ലേഷ്യൽ മൊറൈൻ (Superglacial Moraine) (ഹിമാനിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നവ)
2. എൻഗ്ലേഷ്യൽ മൊറൈൻ (Englacial Moraine) (ഹിമാനിയുടെ ഉൾഭാഗത്ത് കാണുന്നവ)
3. സബ് ഗ്ലേഷ്യൽ മൊറൈൻ (Subglacial Moraine) (ഹിമാനിയുടെ അടിഭാഗത്ത് കാണുന്നവ)

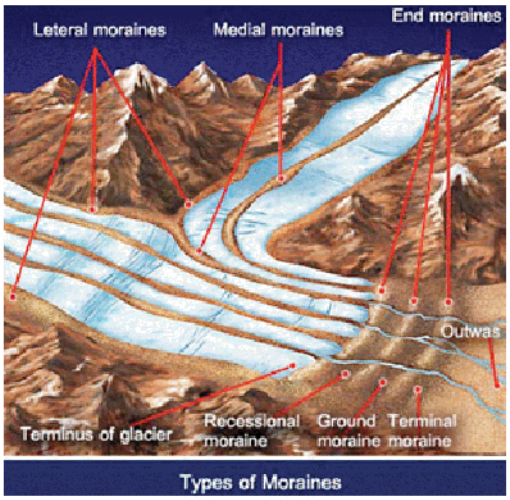
ഹിമാനി പ്രതലക്ഷയീകരണ മേഖലയിൽ എത്തിയാൽ ഉരുകൽ മൂലം ചില എൻഗ്ലേഷ്യൽ മൊറൈനുകൾ സൂപ്പർ ഗ്ലേഷ്യൽ മൊറൈനുകളുടെ ഭാഗമായി മാറാം. ഇപ്രകാരം കനത്ത മഞ്ഞുവീഴ്ചയുടെ സമയത്ത് സൂപ്പർ ഗ്ലേഷ്യൽ മൊറൈനുകൾ മഞ്ഞിനാൽ മൂടപ്പെട്ട് എൻഗ്ലേഷ്യൽ മൊറൈനുകളായും കാണപ്പെടാം. സൂപ്പർ ഗ്ലേഷ്യൽ മൊറൈനുകൾ തന്നെ പലവിധമുണ്ട്.

എ) ലാറ്ററൽ മൊറൈനുകൾ (Lateral Moraines)

ഹിമാനിയുടെ വശങ്ങളിൽ കാണുന്ന ഇവയുടെ യഥാർഥ സ്ഥാനം ഹിമാനി താഴ്‌വര ഭിത്തികളെ ഉരസി നീങ്ങുന്നിടത്താണ്. കനം കുറഞ്ഞതോ കനം കൂടിയതോ ആയ ശിലാവശിഷ്ട വരമ്പുകളാണ് ലാറ്ററൽ മൊറൈനുകൾ.

ബി) മീഡിയൽ മൊറൈനുകൾ (Medial Moraines)

രണ്ടു പർവ്വത ഹിമാനികൾ കൂടിച്ചേരുന്നിടത്ത് അവയുടെ വശങ്ങളിലെ മൊറൈനുകൾ കൂടിച്ചേർന്ന് ഒന്നായി മുന്നോട്ട് നീങ്ങും. കൈവഴി ഹിമാനികളുടെ വശങ്ങളിലുണ്ടായിരുന്ന മൊറൈനുകൾ പുതിയ ഹിമാനിയുടെ മധ്യത്തിലായി കാണപ്പെടുന്നു. ഹിമാനികളുടെ മധ്യത്തിലായി കാണുന്ന ശിലാവശിഷ്ടങ്ങളെ മീഡിയൽ മൊറൈനുകൾ എന്ന് പറയുന്നു.



ചിത്രം 8.18 വിവിധതരം മൊറൈനുകൾ

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. അടിപ്പാറയുടെ മേൽ ഉരകടലാസിനെപ്പോലെ ഉരസി നീങ്ങുന്ന ഹിമാനിയുടെ ഘർഷണബലത്തിന്റെ ഫലമായി സംഭവിക്കുന്ന അപരദന പ്രക്രിയ ഏത്?
2. ഹിമാനികളുടെ അപരദനത്തിന് മുമ്പ് താഴ്‌വരയുടെ ആകൃതി എന്താണ്? അപരദനത്തിന് ശേഷം രൂപപ്പെടുന്ന താഴ്‌വരകൾ ഏത് തരത്തിലുള്ളതാണ്?
3. ഹിമാനികളുടെ അപരദനം മൂലം താഴ്‌വാര ഹിമാനിയുടെ തുടക്കത്തിൽ മലഞ്ചെരുവുകളിൽ കാണപ്പെടുന്ന കുഴിഞ്ഞ പാത്രത്തിന്റെ ആകൃതിയിലുള്ള ഗർത്തങ്ങളാണ് _____.
4. ഒരു സിർക്ക് ഹിമാനി ഉരുകിത്തീർന്നതിന് ശേഷം അവ സ്ഥിതി ചെയ്തിരുന്ന ഗർത്തങ്ങളിൽ കാണുന്ന തടാകങ്ങളാണ് _____.
5. അടുത്തടുത്തുള്ള രണ്ട് സിർക്കുകളെ തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്ന വീതി കുറഞ്ഞ വരമ്പാണ് _____.

8.7.4. ഹിമാനീയ നിക്ഷേപണം (Glacial Deposition)

ഹിമാനികൾ വ്യത്യസ്ത തരത്തിലുള്ള നിരവധി ശിലാവസ്തുക്കൾ വഹിച്ചുകൊണ്ടാണ് മലയിറങ്ങുന്നത്. അവ ഉരുകുമ്പോൾ അവ വഹിച്ചുകൊണ്ടു വന്ന അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. നദീ നിക്ഷേപങ്ങളിൽ നിന്നും വിഭിന്നമായി ഹിമാനികളുടെ നിക്ഷേപങ്ങൾ ശിലാദ്രവ്യങ്ങളുടെ വലിപ്പ ചെറുപ്പമനുസരിച്ച് തരം തിരിക്കപ്പെടുന്നില്ല. നദികളിൽ അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നത് ഒഴുക്കിന്റെ പ്രവേഗ

ത്തിനനുസരിച്ചാണ്. പ്രവേഗം കുറയുന്നതനുസരിച്ച് വലിപ്പം കൂടിയവ ആദ്യം നിക്ഷേപിക്കപ്പെടും തുടർന്ന് ചെറിയവ. ഇത്തരം തരംതിരിക്കൽ ഹിമാനീ നിക്ഷേപങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നില്ല. നേർത്ത കളിമൺ തരികൾ മുതൽ സിൽറ്റ്, ചരൽ (gravel), പെബിൾ, കോബിൾ, ബോൾഡറുകൾ വരെയുള്ള ഭീമൻ പാറകളടങ്ങുന്ന അവസാദങ്ങൾ ഒന്നിച്ച് നിക്ഷേപിക്കുന്നത് ഹിമാനികളുടെ ഒരു പ്രത്യേകതയാണ്.

ഹിമാനീയ ഡ്രിഫ്റ്റ് (Glacial Drift)

ഹിമാനി വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോയി നിക്ഷേപിക്കുന്നവയും ഹിമാനിയിലെ മഞ്ഞ് ഉരുകി ഉൽഭവിക്കുന്ന നദികളിൽ നിന്നും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നവയും ഹിമാനീയ ഡ്രിഫ്റ്റിന്റെ നിർവ്വചനത്തിൽപ്പെടുന്നു. അതുകൊണ്ട് തന്നെ രണ്ട് തരം ഹിമാനീയ ഡ്രഫ്റ്റുകളുണ്ട്.

എ) ടിൽ (Till - ഹിമാനീകൃത ശിലാഖണ്ഡ നിക്ഷേപം)

അൺസ്ട്രാറ്റിഫൈഡ് ഡ്രിഫ്റ്റ്, ബോൾഡർ ക്ലേ എന്നെല്ലാം അറിയപ്പെടുന്ന ടിൽ ആണ് ഏറ്റവും സർവ്വ സാധാരണമായ ഹിമാനി നിക്ഷേപം. വലിപ്പത്തിനനുസരിച്ച് വേർതിരിക്കപ്പെടാത്ത ഉരുളൻ പാറക്കല്ലുകളും കളിമണ്ണും അടങ്ങിയതാണ് ടിൽ.

ബി) ഹിമാനി – നദീയ നിക്ഷേപങ്ങൾ (Glacio - fluvial Drift)

മഞ്ഞുരുകിയ ജലത്തിന്റെ സ്വാധീനത്താലുള്ള നിക്ഷേപങ്ങളെയാണ് ഹിമാനി – നദീയ നിക്ഷേപങ്ങൾ, നദി–ഹിമാനീയ നിക്ഷേപങ്ങൾ, അടുക്കുകളായുള്ള നിക്ഷേപങ്ങൾ എന്നെല്ലാം വിളിക്കുന്നത്. എക്കൽ നിക്ഷേപങ്ങളുടെ ചില സവിശേഷതകളെല്ലാം ഇവയിൽ കാണാം. കാരണം ഹിമാനിയിലെ ഖരമഞ്ഞുരുകി ഉൽഭവിക്കുന്ന നദികളാണ് ഇവയ്ക്ക് രൂപം നൽകുന്നത്. എങ്കിലും അവസാദങ്ങളുടെ വലിപ്പമനുസരിച്ചുള്ള തരംതിരിവ് നദിയുടേതിനോളം കാണാറില്ല, ഹിമാനി – നദീയ നിക്ഷേപങ്ങളിൽ.

ഹിമാനീ നിക്ഷേപ ഭൂരൂപങ്ങൾ (Landforms of Glacial deposition)

പർവ്വത ഹിമാനികളും, വൻകര ഹിമാനികളും പിൻവാങ്ങിയ മലനിരകളിൽ പലതരത്തിലുള്ള ഹിമാനീയ നിക്ഷേപങ്ങൾ കാണാറുണ്ട്. ഇവയെ കുറിച്ച് താഴെ വിശദീകരിച്ചിരിക്കുന്നു.

എ) മൊറൈനീയ ഭൂരൂപങ്ങൾ (Morainic Landforms)

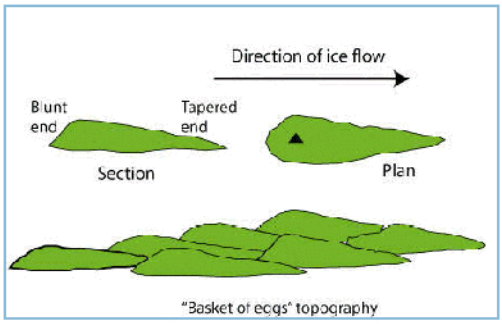
(i) ഗ്രൗണ്ട് മൊറൈൻ (Ground Moraine) ഒരു ഹിമാനീയ താഴ്വരയിൽ ചിന്നിച്ചിതറി കിടക്കുന്ന ഹിമാനീയ അവസാദങ്ങളാണ് ഗ്രൗണ്ട് മൊറൈനുകൾ. ഇവയ്ക്ക് പ്രത്യേക ആകൃതിയൊന്നും ദൃശ്യമാക്കുന്നില്ല.

(ii) ടെർമിനൽ മൊറൈൻ (Terminal Moraine/End Moraine). ഹിമാനീയ താഴ്വരയ്ക്ക് കുറുകെ കാണുന്ന വരമ്പാണ് ടെർമിനൽ മൊറൈൻ.

(iii) റിസ്സഷണൽ മൊറൈൻ (Recessional Moraine). ഹിമാനീയ താഴ്വരയ്ക്ക് നെടുകെ നീളത്തിൽ കാണുന്ന വരമ്പുകളാണ് റിസ്സഷണൽ മൊറൈൻ.

ബി) ഡ്രംലിനുകൾ (Drumlins): പഴയ ഹിമാനീയ നിക്ഷേപങ്ങളുടെ പുറമെ വീണ്ടും ഹിമാനികൾ ഒഴുകി നീങ്ങുമ്പോൾ ചെറുകുന്നിന്റെ ആകൃതിലഭിക്കുന്നു (കമഴ്ത്തി വെച്ച സ്പൂൺ പോലെ). (ചിത്രം 8.19). റോഹ്ഷ് മൂട്ടണെയുമായി ഡ്രംലിനുകൾക്ക് സാമ്യം തോന്നുമെങ്കിലും റോഹ്ഷ് മൂട്ട്ണെ ഒരു അപരദന ഭൂരൂപവും ഡ്രംലിൻ ഒരു നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപവുമാണ്. ഇവയുടെ കുത്തനെയുള്ള വശങ്ങൾ വിപരീത ദിശകളിലുമാണ്. ഡ്രംലിനുകളുടെ കുത്തനെയുള്ള വശം ഹിമാനിയെ അഭിമുഖീകരിക്കുന്നു. ഇവയുടെ കൂട്ടങ്ങൾ ഡ്രംലിൻ പാടങ്ങളായി വളരെ വിസ്തൃതമായ പ്രദേശത്ത് വ്യാപിച്ച് കിടക്കാറുണ്ട്. ഇത്തരം പ്രദേശങ്ങൾ കൂടയിൽ മുട്ട നിറച്ചതുപോലെ തോന്നിക്കുന്നതുകൊണ്ട് "ബാസ്ക്കറ്റ് ഓഫ് എഗ്ഗ്സ്" സ്ഥലാകൃതി എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കാറുണ്ട്

ചിത്രം 8.19 ഡ്രംലിൻ

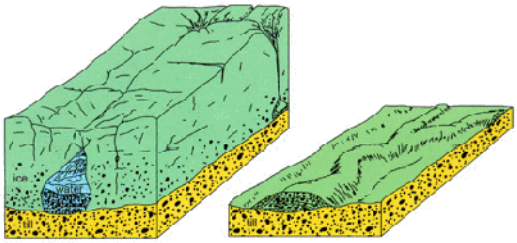


ചിത്രം 8.20 "ബാസ്ക്കറ്റ് ഓഫ് എഗ്ഗ്സ്" ഭൂപ്രകൃതി

സി) എസ്ക്കറുകൾ (Eskers)

വീതികുറഞ്ഞ് നീളം കൂടിയ വരമ്പുപോലെ കാണപ്പെടുന്ന ഹിമാനി നിക്ഷേപങ്ങളാണിവ. വളഞ്ഞു പുളഞ്ഞ അടുക്കുകളോടുകൂടിയ അവസാദങ്ങൾ ഇതിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. ഹിമാനികൾക്കുള്ളിൽ ഖരമഞ്ഞുരുകി ഹിമാനികൾക്കകത്ത് രൂപമെടുക്കുന്ന നിക്ഷേപങ്ങളാണ് എസ്ക്കറുകൾ (ചിത്രം. 8.21). അയർലന്റ്, ബ്രിട്ടൺ, സ്ക്കാന്റിനേവിയ, കാനഡ, അലാസ്ക്ക, വടക്ക് കിഴക്കൻ യു.എസ്., പറ്റഗോണിയ എന്നീ രാജ്യങ്ങളിൽ സാധാരണയായി എസ്ക്കറുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ഏറ്റവും കൂടുതൽ എസ്ക്കറുകൾ കാണപ്പെടുന്ന രാജ്യം കാനഡയാണ്. ഇവിടെ തുടർച്ചയായുള്ള വരമ്പുകളായിട്ടല്ലെങ്കിലും 800 കി. മീറ്റർ വരെ നീളമുള്ള എസ്ക്കറുകൾ കാണപ്പെടുന്നു.

ദീർഘവും വളഞ്ഞുപുളഞ്ഞുമായതുകൊണ്ട് ഇവയുടെ ഉപരിതലം നിരത്തുകൾ പോലുള്ള സഞ്ചാരപഥങ്ങൾ നിർമിക്കുവാൻ ഉത്തമമാണ്. (ചിത്രം 8.22).



ചിത്രം 8.21 - എസ്ക്കറുകളുടെ രൂപീകരണം

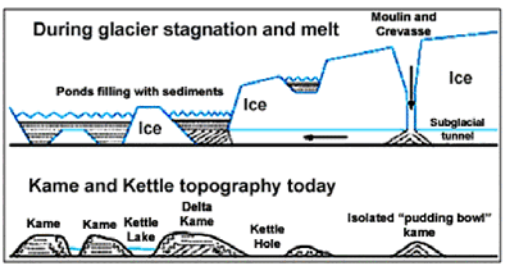
ചിത്രം 8.22 - ദീർഘവും വളഞ്ഞു പുളഞ്ഞതുമായ എസ്ക്കറുകൾ.

ഡി) എറാറ്റിക്സ് (Erratics - അവ്യവസ്ഥിത ശിലാഖണ്ഡം)

വളരെ വലിയ ഉരുളൻ പാറക്ഷണങ്ങൾ ഹിമാനികൾ വഹിച്ചുകൊണ്ട് വന്ന് കിലോ മീറ്ററുകളോളം അകലെ നിക്ഷേപിച്ചെന്ന് വരാം. നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട ഭീമൻ പാറക്ഷണങ്ങൾ പ്രാദേശികശിലയിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായ അവസ്ഥയിൽ അവയെ എറാറ്റിക്സ് എന്ന് വിളിക്കും. ഉദാ: അഗ്നി പർവ്വതജന്യ എറാറ്റിക്ക് ഉരുളൻ പാറകൾ അവസാദശിലാപ്രദേശത്ത് കാണപ്പെടുന്നതുപോലെ.

മറ്റ് ഹിമാനീയ നിക്ഷേപ ഭൂരൂപങ്ങൾ കേമ് (Other Glacial Depositional Land forms Kame)

മണലിന്റെയും ചരലിന്റെയും കുന്നുകളുടെ രൂപത്തിൽ ഹിമാനിയാൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടവയാണ് കേമുകൾ. ഇവ തരം തിരിക്കപ്പെട്ടതായൊ അല്ലാതെയൊ ഉള്ള തരികളാൽ നിർമിതമാണ്. ഹിമാനിയുടെ ഉരുകിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന അഗ്രഭാഗത്താണ് കേമുകൾ രൂപപ്പെടുക. ധാരാളം കേമുകൾ ഒന്നിച്ച് കാണുന്ന കേമ് പാടങ്ങളും ഹിമാനീ പ്രദേശങ്ങളുടെ പ്രത്യേകതയാണ്. ഹിമാനീയ നദീജലം അതിലെ അവസാദങ്ങളെ ഖരമഞ്ഞിനും താഴ്വാര ഭിത്തിക്കുമിടയിൽ നിക്ഷേപിക്കുമ്പോൾ ഒരു കേമ് തിട്ട (Kame terrace) രൂപപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 8.23).



ചിത്രം 8.23 കേമുകളുടെ രൂപീകരണവും കേമുമായി ബന്ധപ്പെട്ട സ്ഥലാകൃതിയും.

ഔട്ട്വാഷ് സമതലം (Outwash Plain)

ഹിമാനിയുടെ ഏറ്റവും അന്തിമഭാഗത്ത് ഖരമഞ്ഞുരുകി ഉൽഭവിക്കുന്ന നദികളുടെ നിക്ഷേപപ്രവർത്തനത്താൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന വിസ്തൃത സമതലമാണ് ഔട്ട്വാഷ് സമതലം. പിന്നിയ അരുവികളും, കെറ്റിൽ തടാകങ്ങളും ഇത്തരം സമതലങ്ങളിൽ കാണാം. ഖരമഞ്ഞ് ഖണ്ഡങ്ങൾ ഉരുകി ഒരു ഗർത്തത്തിൽ ജലം അടിഞ്ഞുകൂടുമ്പോൾ കെറ്റിൽ തടാകങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നു. ഏറ്റവും വലിയ ഹിമാനീയ നദീനിക്ഷേപങ്ങളാണ് ഔട്ട്വാഷ് സമതലങ്ങൾ. കാറ്റിന്റെ പ്രവർത്തനം മൂലം ധാരാളം അവസാദങ്ങൾ ഇത്തരം സമതലങ്ങളിൽ നിന്ന് ലഭിക്കും. താഴ്വാര ഹിമാനികളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് താഴ്വര ഭിത്തികൾക്കിടയിൽ കാണപ്പെടുന്ന ഓട്ട്വാഷ് നിക്ഷേപങ്ങളെ താഴ്വാര ട്രെയിൻ (Valley train) എന്നു വിളിക്കുന്നു.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം.

1. ഹിമാനികളിൽ നിന്ന് നേരിട്ട് നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന അവസാദങ്ങളാണ് _____.
2. ഹിമാനികൾ ഭീമൻ ഉരുളൻ പാറകളെ വഹിച്ചുകൊണ്ട് വളരെ ദൂരെ നിക്ഷേപിക്കാറുണ്ട്. ഇത്തരം ഭീമൻ ഉരുളൻ പാറകൾ പ്രാദേശിക ശിലകളിൽ നിന്ന് വ്യത്യസ്തമാണെങ്കിൽ അവയെ _____ എന്നു വിളിക്കുന്നു.
3. കമിഴ്ത്തിവച്ച തവിയുടെ ആകൃതിയിൽ ഹിമാനികൾ നിക്ഷേപിക്കുന്ന ടിൽ നിക്ഷേപങ്ങളാണ് _____.

8.8. ഹിമാനീയ കാലഘട്ടങ്ങളും ഹിമയുഗങ്ങളും (Glacial Periods and Ice Ages)

ഭൗമോപരിതലത്തിന് മാറ്റം വരുത്തുന്ന ഹിമാനികളുടെ പ്രവർത്തനത്തെയാണ് 'ഗ്ലേസിയേഷൻ' എന്നതുകൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നത്. വൻതോതിൽ ഹിമാനീയ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നടന്ന കാലഘട്ടങ്ങളാണ് ഹിമയുഗങ്ങൾ. ഇന്ന് 10 ശതമാനം ഭൗമോപരിതലവും ഹിമാവൃതമാണ്. എന്നാൽ വർധിച്ച ഹിമാനീയത രേഖപ്പെടുത്തിയ കാലഘട്ടങ്ങളിൽ ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ മൂന്നിൽ ഒരു ഭാഗവും ഹിമാവൃതമായിരുന്നു. ഭൗമചരിത്രത്തിൽ അവസാനം രേഖപ്പെടുത്തിയ ഹിമയുഗം പ്ലീസ്റ്റോസീൻ (Pleistocene) ഹിമാനീയതയാണ്. ഈ കാലഘട്ടത്തിൽ വടക്കേ യൂറോപ്പും വടക്കേ അമേരിക്കയുടെ വടക്ക് ഭാഗങ്ങളും ഹിമാനികളാൽ ഏറെക്കുറെ പൂർണ്ണമായും മൂടപ്പെട്ടിരുന്നു.

ഹിമയുഗങ്ങളിലെ ആഗോള കാലവസ്ഥാവ്യതിയാനങ്ങൾ ഹിമാനികൾ ഒഴുകിയിരുന്നിടത്ത് മാത്രമല്ല ഭൂമിയുടെ മറ്റ് ഭാഗങ്ങളിലും ഭൗമോപരിതല വ്യതിയാനങ്ങൾക്ക് കാരണമായി. വടക്കേ അമേരിക്കയിലും യൂറോപ്പിലും ഈയടുത്ത കാലത്ത് വരെ ഹിമാനീയത ദൃശ്യമായിരുന്നതുകൊണ്ട്, മറ്റു ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങളായ അപക്ഷയം, മലയിടിച്ചിൽ, നദീ അപരദനം എന്നിവയുടെ തീവ്രത കുറവായിരുന്നു. ഭൂമിയുടെ പലഭാഗങ്ങളിലും ഹിമാനീയ അപക്ഷയത്തിന്റെയും നിക്ഷേപണത്തിന്റെയും തെളിവുകൾ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

നമുക്ക് ചെയ്തു നോക്കാം

1. ഭൗമചരിത്രത്തിൽ കഴിഞ്ഞ ഏതെങ്കിലും കാലഘട്ടത്തിൽ അനുഭവപ്പെട്ട ഹിമാനീ പ്രവർത്തനങ്ങളെക്കുറിച്ച് ഒരു സെമിനാർ പ്രബന്ധം തയാറാക്കുക.
2. കളിമണ്ണ്, ജിപ്സം, പേപ്പർ പൾപ്പ്, പ്ലാസ്റ്റർ ഓഫ് പാരിസ് പോലുള്ള ഏതെങ്കിലും വസ്തുക്കൾ ഉപയോഗിച്ച് വിവിധതരം ഹിമാനീയ ഭൂരൂപങ്ങളുടെ മാതൃകകൾ നിർമിക്കുക.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ചലിക്കുന്ന ഖരമഞ്ഞാണ് ഹിമാനി. ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിലും ഉയർന്ന അക്ഷാംശ ങ്ങളിലുമാണ് ഹിമാനീയ പ്രവർത്തനങ്ങൾ ധാരാളമായി കാണുന്നത്. പർവ്വത ഹിമാനി, ഗിരിപാദ ഹിമാനി, വൻകര ഹിമാനി എന്നിവയാണ് വിവിധ തരം ഹിമാ നികൾ.

ഏതൊരു ജിയോളജിക്കൽ ഏജന്റിനേയും പോലെ ഹിമാനികളും അപരദനം, അവസാദ സംവഹനം, അവസാദ നിക്ഷേപണം എന്നീ പ്രവർത്തനങ്ങൾ നട ത്തും. ഹിമാനികൾ നിർമിക്കുന്ന താഴ്‌വരകൾ 'U' ആകൃതിയിലുള്ളവയാണ്. ഭൂമിയുടെ ഇന്നുവരെയുള്ള കാലഘട്ടങ്ങളിൽ പലതിലും ഹിമാനികളുടെ പ്രവർത്ത നങ്ങൾ ധാരാളമായി രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്.

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- ഹിമാനികളുടെ രൂപീകരണം, വിതരണം, ചലനം, വർഗീകരണം എന്നിവ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- ഹിമാനീയ അപരദന പ്രക്രിയയും അപരദന ഭൂരൂപങ്ങളും വിവരിക്കുന്നു.
- ഹിമാനീയ വഹനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട ഭൂരൂപങ്ങൾ തിരിച്ചറിയുന്നു.
- ഹിമാനീയ നിക്ഷേപ ഭൂരൂപങ്ങൾ നാമകരണം ചെയ്യുന്നു.
- ഹിമാനീയ പ്രവർത്തനങ്ങളുടെയും ഹിമയുഗത്തിന്റെയും പ്രാധാന്യങ്ങൾ സ്ഥാപിക്കുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. പട്ടിക പൂർത്തിയാക്കുക

ഭൂരൂപം	ആകൃതി	സവിശേഷത
ഡ്രംലിനുകൾ	.....	.....
.....	പിരമിഡൽ	.....
.....	.....	ഹിമാനീയ അപരദന ത്താൽ രൂപപ്പെട്ട ഗർത്ത ങ്ങൾ

2. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഭൂരൂപങ്ങളുടെ സാമ്യവ്യത്യാസങ്ങൾ കണ്ടെത്തുക.

   (1) എറേറ്റെ, ഹോൺ

   (2) ഡ്രംലിനുകൾ, എസ്ക്കറുകൾ

   (3) ടിൽ, ഡ്രിഫ്റ്റ്

   (4) മൊറൈനുകൾ, ഡ്രംലിനുകൾ

   (5) പർവ്വതഹിമാനികൾ, ഖരമഞ്ഞുപാളികൾ

3. ആഗോളതാപനം ഹിമാനികളെ എങ്ങനെ ബാധിക്കുന്നു?

4. ചേരുംപടി ചേർക്കുക.

സിർക്ക്	മലയടിവാരങ്ങളെയും താഴ്വാരങ്ങളെയും മൂടുന്നു
താഴ്വാര ഹിമാനി	വൻകരയിലെ ഏറ്റവും വലിയ ഹിമാനി
ഗിരിപാദ ഹിമാനി	ചെറിയ ഗർത്തങ്ങൾ
വൻകര ഹിമാനി	താഴ്വരകളിൽ കാണപ്പെടുന്നു

5. ഹിമാനി എന്നാൽ എന്ത്? അവയുടെ ഉൽഭവവും ചലനവും പ്രവർത്തനങ്ങളും വിവരിക്കുക.

9 സമുദ്രങ്ങൾ (OCEANS)

C2Q9H4

9.1 ആമുഖം

ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ 70 ശതമാനത്തിലേറെ ഭാഗവും സമുദ്രജലത്താൽ മൂടപ്പെട്ട് കിടക്കുന്നുവെന്ന് താഴ്ന്ന ക്ലാസുകളിൽ വെച്ച് ഭൂഗോളമാതൃക നോക്കി നിങ്ങളിൽ പലരും മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ടാകുമല്ലോ. ഭൂമിയുടെ ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിൽ കൂടുതലായി സമുദ്രങ്ങളും ഉത്തരാർധ ഗോളത്തിൽ കൂടുതലായി ഭൂഖണ്ഡങ്ങളും കേന്ദ്രീകരിച്ചു കിടക്കുന്നതായും നിങ്ങൾ ശ്രദ്ധിച്ചിരിക്കും. ലോകത്തിലെ വൻകരാഖണ്ഡങ്ങ (ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ) ളിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായി സമുദ്രങ്ങൾ പരസ്പരം ബന്ധപ്പെട്ടാണ് കിടക്കുന്നത്. എല്ലാ സമുദ്രങ്ങളെയും ഒന്നിച്ച് ലോകസമുദ്രമെന്ന് (World Oceans) പറയുന്നു. ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ മിക്കഭാഗത്തെയും ആവരണം ചെയ്തുകൊണ്ട് നിലകൊള്ളുന്നതും പരസ്പര ബന്ധിതവുമായ ഉപ്പുവെള്ള പരപ്പാണ് ഈ ലോകസമുദ്രം. ഇക്കാരണത്താൽ തന്നെ പലരും നമ്മുടെ ഈ ഗ്രഹത്തെ ജലഗ്രഹം (the watery planet) എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കാറുണ്ട്. ജലമണ്ഡലത്തിന്റെ (hydrophere) സിംഹഭാഗവും നിലകൊള്ളുന്നതിവിടെയാണ്. ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ കൂടുതൽ ഭാഗവും സമുദ്രങ്ങളാൽ ആവൃതമായതിനാൽ ബഹിരാകാശത്ത് നിന്ന് ഭൂമിയെ നിരീക്ഷിച്ചാൽ ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ ഭൂരിഭാഗവും നീലനിറമായാണ് കാണപ്പെടുന്നത്.

സമുദ്രങ്ങളും കടലുകളും ചേർന്ന് നമ്മുടെ ഗ്രഹോപരിതലത്തിന്റെ 361 ദശലക്ഷം ചതുരശ്ര കി.മീറ്റർ പ്രദേശത്തെ ആവരണം ചെയ്യുന്നു. ലോകസമുദ്രത്തെ വൻകരകളുമായി ബന്ധപ്പെടുത്തി പരമ്പരാഗതമായി പ്രധാന സമുദ്രഭാഗങ്ങളായും ചെറിയ കടലുകളായും വിഭജിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. പസഫിക്, അറ്റ്ലാന്റിക്, ഇന്ത്യൻ, ആർട്ടിക്ക്, ദക്ഷിണ അന്റാർട്ടിക്ക് എന്നിങ്ങനെ അഞ്ചായി ലോകസമുദ്രത്തെ വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. അവസാനത്തെ രണ്ട് സമുദ്രങ്ങൾ, ആദ്യത്തെ മൂന്ന് സമുദ്രങ്ങളുടെ ഭാഗമായി ഗണിക്കപ്പെടാറുണ്ട്.

തീരരേഖ (Coast line) അഥവാ കടൽത്തീരം (Sea shore) എന്നാൽ കടലും (സമുദ്രവും) കരയും കൂട്ടിമുട്ടുന്ന സ്ഥലമെന്ന് പറയാം. വേലിയുടെ (Tide) ചലനാത്മകത കാരണം തീരരേഖയെ കൃത്യമായി നിർണയിക്കാനാവില്ല. പകരം നമുക്ക് തീരമേഖല (Coastal Zone) എന്ന പദം ഉപയോഗിക്കാവുന്നതാണ്. കരയും സമുദ്രവും തമ്മിൽ പ്രതിപ്രവർത്തിക്കുന്ന സ്ഥലസംബന്ധിയായ മേഖലയാണ് തീരമേഖല എന്ന് വിവക്ഷിക്കാം. ഇത് തീരത്ത് നിന്ന് കരഭാഗത്തേക്ക് ഭൂപ്രകൃതിയിൽ പ്രകടമായ മാറ്റം ദൃശ്യമാകുന്നത് വരെയുള്ള ഏറെക്കുറെ വീതിയുള്ള കരപ്രദേശമാണ്.

തീരരേഖയിൽ നിന്നും കരഭാഗത്തേക്കുള്ള കടലിന്റെ ഏതൊരു ഭാഗവും ഒരു എംബേയ്മെന്റ് (embayment) എന്ന ഇംഗ്ലീഷ് പദം കൊണ്ടാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. രണ്ട് മുനമ്പുകൾക്കിടയിലുള്ള എംബേയ്മെന്റിനെ ഉൾക്കടൽ എന്ന് പറയുന്നു. അതായത് കരഭാഗങ്ങളിലേക്ക് കയറിനിൽക്കുന്ന കടൽഭാഗമാണ് ഉൾക്കടൽ (Bay).

താരതമ്യേന ചെറിയ ഉൾക്കടലുകളെ കോവ് (Cove) എന്നാണ് പറയുന്നത്. ഉൾക്കടലുകളിൽ വെള്ളം ചുറ്റുമുള്ള കടലിലേതിനേക്കാൾ ശാന്തമായിരിക്കും. അതിനാൽ ചെറിയ ജലയാനങ്ങൾക്ക് നങ്കൂരമിടാൻ ഉൾക്കടലിൽ സൗകര്യമാണ്. വലിയ അളവിൽ കരയിലേക്ക് കയറി നിൽക്കുന്ന ഉൾക്കടലുകൾ ഗൾഫ് എന്ന പേരിലാണറിയപ്പെടുന്നത്. കരഭാഗങ്ങൾക്കിടയിൽ കൂടുതൽ ഉള്ളിലേക്ക് വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്ന ഇടുങ്ങിയ കടൽ ഭാഗമാണ് കടലിടുക്ക് (Gulf). ഉദാഹരണം : ഗൾഫ് ഓഫ് മാന്നാർ, പേർഷ്യൻ ഗൾഫ്.

നമുക്ക് ചെയ്തുനോക്കാം

1. ലോകസമുദ്രത്തിന്റെ ഒരു ഭൂപടമെടുത്ത് അതിൽ പ്രധാന സമുദ്രതടങ്ങൾ, കടലുകൾ, ഉൾക്കടലുകൾ, ഗൾഫുകൾ എന്നിവ തിരിച്ചറിയുക.

9.2. സമുദ്രജലം (Ocean Water)

ജലപരിവൃത്തിയുടെ (water cycle) അവിഭാജ്യഘടകമായ സമുദ്രം, ബാഷ്പീകരണ-വർഷണ പ്രക്രിയകൾ വഴി ഭൂമിയിലെ എല്ലാ ജലസംഭരണികളുമായും ബന്ധപ്പെട്ട് കിടക്കുന്നു. നമ്മുടെ ഗ്രഹത്തിൽ ലഭ്യമാകുന്ന ജലത്തിന്റെ 97 ശതമാനത്തോളം സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത് സമുദ്രത്തിലാണ്. അവശേഷിക്കുന്ന 3 ശതമാനം, അന്തരീക്ഷത്തിലും, ഭൗമോപരിതലത്തിലും ശിലാമണ്ഡലത്തിലുമായി വിവിധങ്ങളായ രൂപത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നു. വിശാലമായ സമുദ്രജലാശയത്തിന് ഏകദേശം 3.8 കി.മീറ്റർ ശരാശരി ആഴമുണ്ട്.

സമുദ്രജലത്തിന്റെ രാസഘടന (Composition of the ocean water)

സമുദ്രജലത്തിൽ പലതരത്തിലുള്ള പദാർഥങ്ങളും ലയിച്ചു ചേർന്നിട്ടുണ്ട്. സാധാരണ ഉപ്പ് രൂപത്തിൽ നിലകൊള്ളുന്ന സോഡിയം (Na^{-}), ക്ലോറൈഡ് (Cl^{-}) അയോണുകളാണ് ഇവയിൽ ഏറ്റവും കൂടുതലായിട്ടുള്ളത്. സമുദ്രജലം എല്ലായിടത്തും സമാനമായ ലവണസ്വഭാവം പുലർത്തുന്നില്ല. 1000ഗ്രാം ജലത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ലവണത്തിന്റെ അളവിനെയാണ് ലവണത്വം (Salinity) എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നത്. സമുദ്രജലത്തിന്റെ ശരാശരി ലവണത്വം 35 സഹസ്രാംശം (3. 5%) അഥവ 35ഗ്രാം/ലിറ്റർ ആണ്. അതായത് 1000 ഗ്രാം ജലത്തിൽ 35 ഗ്രാം ലവണാംശം ഉണ്ട് എന്ന് കാണാം. ശതമാനത്തിലാക്കിയാൽ ഇത് 3.5% ആണ്. വർഷപാതം, ബാഷ്പീകരണം, നദിയിൽ നിന്നുമെത്തുന്ന നീരൊഴുക്ക്, ഹിമാനി രൂപീകരണം എന്നിവയെല്ലാം ലവണതയിൽ പ്രാദേശികമായ വ്യതിയാനത്തിനിടയാക്കുന്നു. ശുദ്ധജലത്തിന്റെ ലവണത 0.5 സഹസ്രാംശം (0.5ppt) ആണ്. 0.5 ppt ക്കും 17 ppt ക്കും ഇടയിൽ ലവണത്വമുള്ള ജലത്തെ ക്ഷാരജലം (brackish water) എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കുന്നു. നദികളിൽ നിന്നുമുള്ള ശുദ്ധജലവും സമുദ്രജലവും തമ്മിൽ കൂടിച്ചേരുന്ന അഴിമുഖങ്ങളിലെ വെള്ളം ക്ഷാരജലത്തിന് (ഓരുവെള്ളം) ഉദാഹരണമാണ്. അലിഞ്ഞ് ചേർന്നിട്ടുള്ള ലവണങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം കാരണം കടൽവെള്ളം ശുദ്ധജലത്തേക്കാളും (സാന്ദ്രത 1 ഗ്രാം/മി.ലിറ്റർ) സാന്ദ്രമാ

ണ്. താപം, ലവണത്വം എന്നിവയ്ക്കനുസരിച്ച് ഉപരിതല സമുദ്രജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത ഏകദേശം 1.020 മുതൽ 1.029 ഗ്രാം/ഘന.സെ.മീറ്റർ വരെയാകാവുന്നതാണ്. ലവണ സാന്ദ്രത കൂടുന്നതിനനുസരിച്ച് കടൽ ജലത്തിന്റെ ഖരാങ്കം (freezing point) കുറയുന്നതാണ്. സാധാരണയായി സമുദ്രജലം 2^0C യിൽ തണുത്തുറയ്ക്കുന്നതാണ്.

സമുദ്രം ശുദ്ധജലത്തിന് പകരം ലവണജലത്താൽ നിറഞ്ഞിരിക്കുന്നതെന്തുകൊണ്ടാണെന്ന ചോദ്യം നിങ്ങളെ എപ്പോഴെങ്കിലും അതിശയിപ്പിച്ചിട്ടുണ്ടോ? കരയിലെ ശിലകളുടെ അപരദനം, അഗ്നി പർവ്വത ഉൽസർജനം, കടൽത്തറയിൽ നടക്കുന്ന രാസ പ്രവർത്തനങ്ങൾ, അന്തരീക്ഷത്തിൽ നിന്നുള്ള നിക്ഷേപണം തുടങ്ങിയവ മൂലമെല്ലാം കടൽ ജലത്തിലേക്ക് വിവിധ ലവണങ്ങൾ എത്തുന്നുണ്ട്. ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങളായി മഴ, നദികൾ, അരുവികൾ തുടങ്ങിയവയെല്ലാം കരയിലെ സോഡിയവും ക്ലോറിനുമടങ്ങിയ ശിലകളെ തഴുകിയൊലിച്ച് വഹിക്കപ്പെട്ട് കടലിൽ എത്തിച്ചേർന്നതാണ് കടൽജലത്തിലെ മൂലകങ്ങൾ. കരയിൽ നിന്നുമെത്തിയതിന് പുറമെ ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് രൂപം കൊണ്ടത് മുതൽ തന്നെ സമുദ്രതറയിൽ നിന്നും കടലിലേക്ക് സോഡിയം എത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നുണ്ട്. ഭൗമാന്തർഭാഗത്ത് നിന്നും അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളിലൂടെയും ജലതാപീയ രന്ധ്രങ്ങൾ (hydro thermal vents) വഴിയും പുറത്ത് വരുന്ന ക്ലോറൈഡ് വാതകങ്ങളും സമുദ്രജലത്തിലെ ക്ലോറൈഡുകളുടെ സാന്നിധ്യത്തിന് കാരണമാകുന്നുണ്ട്. കാലക്രമേണ സോഡിയത്തിന്റെയും ക്ലോറൈഡിന്റെയും അയോണുകൾ സമുദ്രലവണത്തിൽ ഏറ്റവും സുലഭമായിത്തീരുന്നു. ശതകോടി വർഷങ്ങളായി സമുദ്രജലത്തിന്റെ ലവണത്വം ഏറെക്കുറെ മാറ്റമില്ലാതെ തുടർന്നുകൊണ്ടേയിരിക്കുന്നുവെന്നാണ് ഭൂവൈജ്ഞാനികരുടെ നിഗമനം. ഭൗമചരിത്രത്തിലുടനീളം സമുദ്രജലത്തിൽ നിന്നും നീക്കം ചെയ്യപ്പെടുന്ന (വിവിധ രാസ-വിവർത്തനിക പ്രക്രിയകൾ വഴി) ലവണത്തിന്റെ അളവും സമുദ്രജലത്തിലേക്ക് എത്തിച്ചേരുന്ന ലവണത്തിന്റെ നിരക്കും തുല്യമായി അവശേഷിക്കുന്നുവെന്നതാണ് ഇതിന് കാരണം.

സമുദ്ര ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയും മർദ്ദവും

നമുക്ക് അനുഭവവേദ്യമല്ലെങ്കിൽക്കൂടിയും ചതുരശ്ര സെന്റിമീറ്ററിന് ഒരു കിലോഗ്രാമെന്ന തോതിൽ മർദ്ദം സമുദ്രനിരപ്പിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന നമ്മുടെ ശരീരത്തിനുമേൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഇതേ ബലത്താൽ നമ്മുടെ ശരീരം തിരിച്ചും മർദ്ദം ചെലുത്തിക്കൊണ്ട് ഇത് പരിഹരിക്കപ്പെടുകയാണ്. ജലം വായുവിനേക്കാൾ കൂടുതൽ സാന്ദ്രമായതിനാൽ കൂടുതൽ ആഴത്തിലേക്ക് പോകുന്തോറും ഈ മർദ്ദം കൂടി വരുന്നതാണ്. കടൽ ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത 1025 കി.ഗ്രാം / ഘന മീറ്റർ ആയി കണക്കാക്കിയാൽ തന്നെ ഓരോ 10 മീറ്റർ ആഴത്തിനും 1 അറ്റ്മോസ്ഫിയർ (atm) എന്ന തോതിൽ മർദ്ദം വർധിക്കുന്നതാണ്. 10 മീറ്റർ താഴെ, മർദ്ദം 1.99.209 atm ആണെങ്കിൽ 100 മീറ്റർ ആഴത്തിൽ 10.9204 atm ആയിരിക്കും. ഇത്രയും ഉയർന്ന മർദ്ദമുള്ള പരിസ്ഥിതിയിലേക്ക് യാത്ര ചെയ്യണമെങ്കിൽ പ്രത്യേക ക്രമീകരണങ്ങൾ തന്നെ ഏർപ്പെടുത്തേണ്ടതുണ്ട്. ബാഹ്യ സംരക്ഷണ കവചത്തിന്റെ സഹായമില്ലെങ്കിൽ, മനുഷ്യർക്ക് മൂന്ന് മുതൽ നാല് അറ്റ്മോസ്ഫിയർ മർദ്ദം ആഴമുള്ളിടത്തേക്ക് വരെ മാത്രമേ യാത്രചെയ്യാനാവുകയുള്ളൂ. അതിനപ്പുറം

ആഴത്തിലേക്ക് യാത്ര ചെയ്യാൻ അന്തർവാഹിനികളോ മറ്റ് സംരക്ഷണ യന്ത്രോപകരണങ്ങളോ ആവശ്യമാണ്.

സമുദ്രജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത നിർണയിക്കുന്ന രണ്ട് പ്രധാന ഘടകങ്ങളാണ് ലവണത്വവും ഊഷ്മാവും. സമുദ്ര ജലത്തിൽ കൂടുതൽ ലവണം ലയിച്ച് കിടന്നാൽ സാന്ദ്രതയും കൂടുതലായിരിക്കും. ഊഷ്മാവും സാന്ദ്രതയെ ബാധിക്കുന്നതാണ്. വെള്ളം കൂടുതൽ തണുപ്പാകുന്തോറും സാന്ദ്രതയും കൂടുതലായിരിക്കും. ഊഷ്മാവ് വ്യാപ്തത്തെയാണ് ബാധിക്കുന്നത്, പിണ്ഡത്തെയല്ലാ എന്നതാണിതിന് കാരണം.

ലവണങ്ങളടങ്ങിയ ശീതജലം ശുദ്ധമായ ഉഷ്ണജലത്തേക്കാൾ സാന്ദ്രമായതിനാൽ അത് സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ പാളിയുടെ അടിയിലേക്ക് താഴുന്നതാണ്. സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ ജലം ഉപരിതല മിശ്ര മേഖല (surface mixed zone) എന്ന പേരിൽ ഒരു മേൽപാളിയായി രൂപം പ്രാപിക്കുന്നതാണ്. ഈ പാളിയുടെ സാന്ദ്രതയും ഊഷ്മാവും ഇടയ്ക്കിടെ മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതാണ് കാരണം അത് അന്തരീക്ഷവുമായി നേരിട്ട് സമ്പർക്കത്തിലാണ്. രണ്ടാമത്തെ പാളി തെർമൊക്ലൈൻ (പിക്നോക്ലൈൻ) അല്ലെങ്കിൽ സംക്രമണ മേഖലയാണ്. ഇവിടെ സമുദ്ര ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രത കുടുതൽ മാറ്റത്തിന് വിധേയമല്ല. മുകളിലെ ഉപരിതല പാളിയുടേയും താഴെയുള്ള പാളിയുടേയും അതിർത്തിയായി നിലകൊള്ളുന്ന ഈ സംക്രമണ മേഖല ഈ രണ്ട് മേഖലകൾക്കിടയിലും അല്പം വെള്ളം കടത്തിവിടാനാനുവദിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ആഴങ്ങളിലേക്ക് നോക്കുമ്പോൾ തെർമൊക്ലൈനിൽ സമുദ്രജലത്തിന്റെ താപനിലയിൽ കാര്യമായ കുറവ് അനുഭവപ്പെടുന്നതായി കാണുകയും താഴെത്തട്ടിൽ കുറവ് അതിന്റെ പരമാവധിയിൽ എത്തുന്നതായും കാണുന്നു. അതിനുശേഷം ഊഷ്മാവ് സമാനമായി നിലകൊള്ളുന്നതാണ്. ഏറ്റവും താഴെയുള്ള പാളിയായ അഗാധമേഖലയിൽ (deep zone) വെള്ളം ശീതവും സാന്ദ്രവുമായി അവശേഷിക്കുന്നു.

ജലം ശബ്ദത്തിന്റെ വളരെ നല്ല ചാലകമാണ്. ഇതിനർഥം ജലം ശബ്ദത്തെ കാര്യമായി ആഗിരണം ചെയ്യുന്നില്ല എന്നാണ്. അതിനാൽ ശബ്ദത്തിന് കൂടുതൽ ദൂരത്തേക്ക് ജലത്തിലൂടെ സഞ്ചരിക്കുവാൻ സാധിക്കുന്നു. വെള്ളത്തിൽ ശബ്ദത്തിന് സെക്കന്റിൽ 1448 മുതൽ 1570 മീറ്റർ വരെ വേഗത കാണപ്പെടുന്നു. ഡോൾഫിനുകളും ചിലയിനം തിമിംഗലങ്ങളും പ്രതിധ്വനിസ്വാന നിർണയം (echolocation) എന്ന ഒരു പ്രക്രിയ അഗാധവും ഇരുണ്ടതുമായ സമുദ്ര മേഖലകളിൽ പ്രയോഗിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്. കടന്ന് പോകുന്ന വഴിയിലെ മറ്റ് മൽസ്യങ്ങൾ, ബോട്ടുകൾ, കടൽത്തറ, പുറ്റുകൾ തുടങ്ങിയ വസ്തുക്കളിൽ തട്ടി തിരിച്ച് വരുന്ന പ്രതിധ്വനിയെ ഇവ ശ്രദ്ധിക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. ഈ പ്രതിധ്വനിയുടെ ദിശയും തീവ്രതയും മനസിലാക്കി, ഈ ജീവികൾക്ക് അവരുടെ ഭൗതിക പരിസ്ഥിതിയെക്കുറിച്ച് ഒരു മനോപ്രതിബിംബം രൂപപ്പെടുത്തിയെടുക്കാനാവുന്നതാണ്. അതുമൂലം കടന്ന് പോകുന്ന വഴിയിലെ വസ്തുക്കളിലേക്കുള്ള ദൂരവും വലിപ്പവും അവയ്ക്ക് നിർണയിക്കാനും സാധ്യമാണ്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ഏറ്റവും വലിയ സമുദ്രതടം ഏത്?
2. സമുദ്രത്തിന്റെ ശരാശരി ആഴം എത്ര?
3. കടൽ ജലത്തിന്റെ ശരാശരി ലവണത്വം എത്ര?
4. കടൽ ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ ഏവ?

9.3 സമുദ്രജലത്തിന്റെ ചലനങ്ങൾ (Movements of Ocean Water)

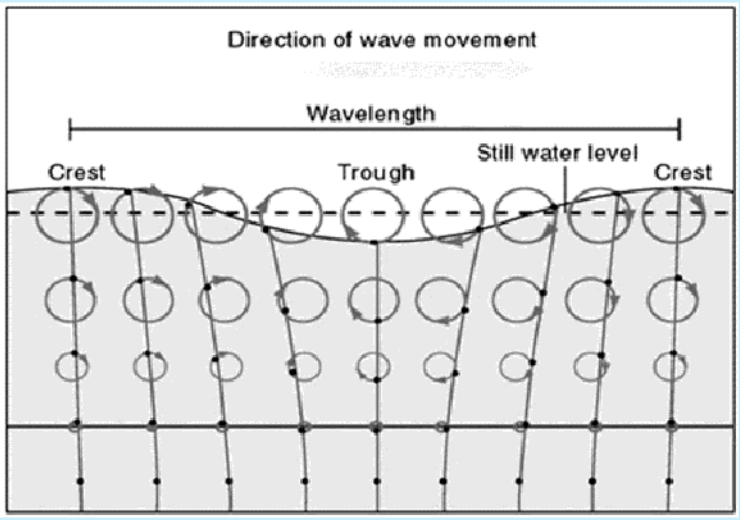
സമുദ്രജലം തുടർച്ചയായി ചലിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. വിവിധ ഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ചാണ് സമുദ്രജലത്തിന്റെ ചലനം. സമുദ്രങ്ങളിലെയും കടലിലെയും ജലം, കാറ്റിന്റെ പ്രവർത്തനം, സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും ആകർഷണം, ഊഷ്മാവ്, ലവണത്വം, സാന്ദ്രത എന്നിവ മൂലമുണ്ടാകുന്ന മാറ്റങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയ്ക്ക് വിധേയമായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നുണ്ട്. ഈ ഘടകങ്ങളെല്ലാം പൊതുവെ മൂന്നു തരത്തിലുള്ള ചലനങ്ങളാണ് സൃഷ്ടിക്കുന്നത്. തിരമാലകൾ, ജലപ്രവാഹങ്ങൾ, വേലികൾ എന്നിവയാണവ.

9.3.1. തിരമാലകൾ (Waves)

ദ്രവ്യത്തിലൂടെയോ ശൂന്യതയിലൂടെയോ ഊർജത്തെ വഹിക്കുകയും കൈമാറുകയും ചെയ്തുകൊണ്ടുള്ള താളാത്മകമായ ഒരു ചലനമാണ് തരംഗ (തിര) മെന്ന് കണക്കാക്കാം. ശബ്ദതരംഗങ്ങൾ, ഭൂകമ്പതരംഗങ്ങൾ, വൈദ്യുതകാന്തികതരംഗങ്ങൾ (പ്രകാശതരംഗങ്ങൾ, റേഡിയോ തരംഗങ്ങൾ) തുടങ്ങിയവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

സമുദ്രതിരമാലകളുടെ വലിപ്പം

സമുദ്രതിരകൾ മിക്കതും കാറ്റിനാൽ രൂപപ്പെടുന്നവയാണ്. സമുദ്രതിരകളുടെ വലിപ്പം നിർണയിക്കുന്നത് മൂന്ന് ഘടകങ്ങളാണ്. 1) കാറ്റിന്റെ വേഗത 2) കാറ്റ് വീശുന്ന ദൂരം 3) കാറ്റ് വീശുന്ന സമയ ദൈർഘ്യം. ഈ ഘടകങ്ങൾ വർധിക്കുന്നതിനുസരിച്ച് തരംഗ വലിപ്പവും വർധിച്ചിരിക്കും. ഇനി തന്നിട്ടുള്ള ചിത്രം (ചിത്രം 9.1) അപഗ്രഥിച്ച് ഒരു തരംഗത്തിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ തിരിച്ചറിയുക.



ചിത്രം 9.1

തിരകളൊന്നുമില്ലാത്ത അവസ്ഥയിലുള്ള പരന്ന സമുദ്രജലവിതാനമാണ് നിശ്ചല ജലരേഖ. (still-water line) തിരയിൽ ഏറ്റവും ഉയർന്ന ഭാഗമാണ് തിരാശിഖരം (crest). തിരയുടെ ഏറ്റവും താഴ്ന്ന ഭാഗത്തെ തിരാതടം (trough) തിരാതടവും തിരാശിഖരവും തമ്മിലുള്ള ലംബദൂരമാണ് തിരാഉന്നതി (wave height). രണ്ടു തിരകൾക്കിടയിലുള്ള ദൂരമാണ് തിരാദൈർഘ്യം (wave length (L)) ഒരു തിരാ ശിഖരം മുതൽ അടുത്ത തിരാശിഖരം വരയോ ഒരു തിരാതടം മുതൽ അടുത്ത തിരാതടം വരെയോ ഉള്ള ദൂരമാണ് സാധാരണ

ഇതിനായി തിട്ടപ്പെടുത്താറുള്ളത്. തരംഗം ഒരു നിശ്ചിത നിരീക്ഷണ ബിന്ദുവിനെ കടന്ന് പോകാൻ എടുക്കുന്ന സമയത്തെ തരംഗ കാലയളവ് (wave period) എന്നു വിളിക്കുന്നു. സമുദ്ര തിരകൾ കടന്നുപോകുമ്പോൾ സമുദ്രത്തിലെ ജലകണികകൾ തരംഗത്താൽ കാര്യമായി സഞ്ചരിക്കുന്നില്ല. വെള്ളത്തിന്റെ വെറും ദോലന ചലനം മാത്രമാണ് നടക്കുന്നത്. ജലകണികകൾ എവിടെയാണോ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്, ഏറെക്കുറെ അവിടെത്തന്നെ നിലകൊള്ളുന്നതാണ്. പക്ഷെ അവ ഒരു വർത്തുളാകാര ചലനത്തിന് വിധേയമാകുന്നതാണ്.

തിരകളുടെ വലിപ്പം കാറ്റ് ജലത്തിലേക്ക് കൈമാറുന്ന ഊർജത്തെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. കാറ്റ് സഞ്ചരിക്കുന്ന ദൂരത്തെ ഫെച്ച് (fetch) എന്ന് വിളിക്കുന്നു.

ഒരു തീരത്തേക്കെത്തുന്ന എല്ലാ തിരകളും ഒരേ വലിപ്പത്തിലുള്ളവയല്ല. ശരാശരി വലിപ്പത്തേക്കാൾ കുറഞ്ഞവയും കൂടിയവയുമൊക്കെയുണ്ട്. മണിക്കൂറിൽ ഒരിക്കലെന്ന തോതിൽ മുമ്പുള്ള തിരയുടെ ഇരട്ടി വലിപ്പമുള്ള തിര തീരത്തേക്ക് എത്തുന്നതായി കാണുന്നു.

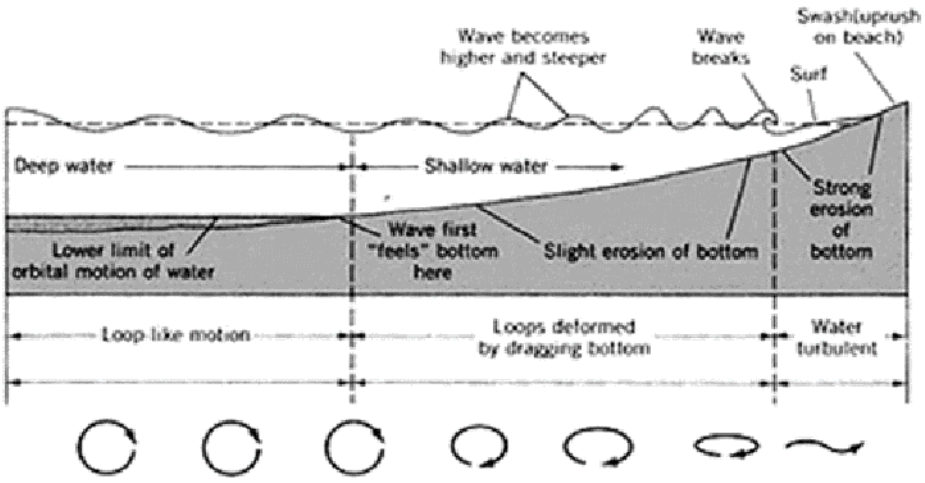
തിരകളെ സംബന്ധിച്ച ഇത്തരം അളവുകൾ ഈ പ്രധാന്യത്തോടെ കാണുന്നതെന്തിന് എന്ന് ഒരു പക്ഷേ ചോദിച്ചേക്കാം. നാവികർ, അവരുടെ സഞ്ചാരം ആസൂത്രണം ചെയ്യുന്നതിന് തിരകളുടെ വലിപ്പം സംബന്ധിച്ച വിവരങ്ങളെ ആശ്രയിക്കാറുണ്ട്. തിരമാലകൾക്ക് മുകളിലൂടെ അഭ്യാസം കാണിക്കുന്നവർ (surfers) അനുയോജ്യമായ സ്ഥലങ്ങൾ അന്വേഷിക്കുമ്പോൾ തിരകളുടെ വലിപ്പം സംബന്ധിച്ച് വിവരം ആരായുന്നതാണ്. തിരദേശ അപരദനം, ജല പ്രവാഹങ്ങൾ എന്നിവയ്ക്ക് മേൽ തിരകളുടെ സ്വാധീനം ഏറെ വലുതാണ്.

ദീർഘദൂരം സഞ്ചരിക്കുന്ന തിരകളെ (തിരകൾക്ക് നിദാനമായ കാറ്റ് ഉത്ഭവിച്ച സ്ഥാനത്ത് നിന്നും വളരെ അകലേക്ക് സഞ്ചരിക്കുന്ന) സ്വെൽസ് (swells) എന്നു വിളിക്കപ്പെടുന്നു. കൂടുതൽ പരന്ന തരംഗശിഖകളോട് കൂടിയവയും വ്യക്തമായ ആകൃതിയും വലിപ്പവുമുള്ളവയാണ് സ്വെല്ലുകൾ. കാറ്റിന് പുറമെ സമുദ്രാന്തരഭൂകമ്പങ്ങൾ കൊണ്ടോ മറ്റോ സമുദ്രജലത്തിന് സംഭവിക്കുന്ന ദ്രുതഗതിയിലുള്ള മാറ്റവും തിരകൾക്ക് കാരണമാകാറുണ്ട്. സുനാമികൾ (tsunamis) എന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്ന കൂറ്റൻ തിരമാലകൾ മറ്റ് തിരകളുടെ ദിശയിൽ നിന്നും വിഭിന്നമായി പലപ്പോഴും തനിയെ ദീർഘദൂരം സഞ്ചരിക്കുന്നതാണ്. മണിക്കൂറിൽ 800 കി.മീറ്റർ വേഗതയിൽ വരെ ഇവയ്ക്ക് സഞ്ചരിക്കാനാവും. ഇത്തരം തിരമാലകൾ തീരത്തേക്കടുക്കുമ്പോഴാണ് പലപ്പോഴും ദൃശ്യമാവുന്നത്. താഴ്ന്ന തീരദേശങ്ങളെ സംരക്ഷിക്കാൻ സുനാമി മുന്നറിയിപ്പ് സംവിധാനം അനിവാര്യമാണ്.

ഒരു ജലതന്മാത്രയിൽ നിന്നും അടുത്ത തന്മാത്രയിലേക്കുള്ള ഊർജത്തിന്റെ കൈമാറ്റമാണ് യഥാർഥത്തിൽ സമുദ്രജലതരംഗം. കാറ്റ് ജലത്തിലേക്ക് കൈമാറുന്ന ഊർജമാണ് തരംഗരൂപത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുന്നത്. തുറന്ന കടലുകളിൽ കടൽത്തിരകൾക്ക് ഏതാണ്ട് ഘർഷണവിമുക്തമായി ഉപരിതലത്തിലൂടെ ദീർഘദൂരം സഞ്ചരിക്കാനാകുന്നതാണ്. കാറ്റും ജലവും തമ്മിലുള്ള ഘർഷണ ഫലമായി കാറ്റിൽ നിന്നുള്ള ഊർജം ജലത്തിലേക്ക് കൈമാറ്റം ചെയ്യപ്പെടുന്നു. തരംഗത്തിലൂടെ (തിരയിലൂടെ) ഊർജം മാത്രമാണ് ചലിക്കുന്നത്. ജലകണങ്ങൾ മുന്നോട്ട് സഞ്ചരിക്കുന്നില്ല. വായുവിന്റെ ചലന സ്വാധീനത്താൽ ജലകണികകൾ മുകളിലേക്കും താഴേക്കുമായി വർത്തുകളാകാരത്തിൽ ചലിക്കുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. ആഴക്കുറവുള്ള ഇടങ്ങളിലേക്ക് തിരമാലകളെത്തുമ്പോൾ അവ വ്യത്യസ്തമായി പ്രവർത്തിക്കുന്നു (ചിത്രം 9.2). ആഴക്കുറവുള്ള കടൽത്തറയുമായുള്ള ഘർഷണം നിമിത്തം തരംഗവേഗം കുറയുന്നതാണ്. അതിനാൽ തരംഗദൈർഘ്യം കുറയുന്നതോടൊപ്പം തരംഗത്തിന്റെ ഉയരം കൂടുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇപ്ര

കാരം കടലോരത്തെത്തുന്ന തിരകൾ ആഴക്കുറവ് അനുഭവപ്പെട്ട് വേഗം കുറഞ്ഞ് തീരത്തടിച്ച് തകരുകയും അവയുടെ ഊർജം വിമോചിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

തീരത്തോടടുക്കുമ്പോൾ ആഴം കുറയുന്നതിനാൽ സമുദ്രത്തിന്റെ അടിഭാഗം സമുദ്രജലത്തിന്റെ ചലനത്തെ ബാധിക്കുന്നതാണ്. തീരത്തിന് സമീപമെത്തുന്ന തിരമാലകൾ കടൽത്തറയിലെ വസ്തുക്കളുമായി ഘർഷണത്തിലാകുന്നതിനാൽ ജലകണികകളുടെ വർത്തുളാകാരത്തിലുള്ള ചലനം തടസപ്പെടുന്നതാണ്. ഇതിന്റെ ഫലമായി തിരമാലയുടെ മുകൾഭാഗം താഴ്ഭാഗത്തേക്കാൾ വേഗത്തിൽ ചലിക്കാൻ തുടങ്ങുന്നു. തിരയുടെ മുകൾഭാഗത്തെ ശിഖരങ്ങൾ (crest) മുന്നോട്ടാഞ്ഞു നിലംപതിക്കുകയും തരംഗങ്ങൾ തകർന്ന് വീഴുകയും ചെയ്തു ബ്രേക്കർ (breaker) രൂപം കൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു.



ചിത്രം 9.2

തിരകൾ തീരത്ത് തകർന്നടിയുമ്പോൾ അവയുടെ ഊർജം കടലോരത്ത് ജലമിരച്ചുകയറുന്നതിനു കാരണമാകുകയും ചെയ്യുന്നതാണ്.

തരംഗത്തിന്റെ ഉയരത്തേക്കാൾ വെള്ളത്തിന്റെ ആഴം അല്പം കൂടുതലാകുമ്പോൾ പൊതുവെ തിരകൾ പൊട്ടിപ്പോകുന്നതാണ്. വെള്ളത്തിന്റെ ആഴം തരംഗഉന്നതിയുടെ 1.3 മടങ്ങോ അതിൽ കുറവോ ആകുമ്പോഴാണ് സാധാരണ തിരകൾ തകരുന്നത്. 30 സെ.മീറ്റർ ഉയരമുള്ള ഒരു തിരമാല 40 സെ.മീ ആഴമുള്ള വെള്ളത്തിൽ തകരുമെന്നർഥം.

തിരകളുടെ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ താഴ്ന്ന പരിധിയാണ് തരംഗപാദം (wave base) എന്നറിയപ്പെടുന്നത്. തരംഗ ദൈർഘ്യത്തിന്റെ പകുതിയേക്കാൾ കൂടുതൽ ആഴത്തിൽ തിര

കൾക്ക് യാതൊരു സ്വാധീനവുമില്ല. അതിനാൽ, L എന്നത് തരംഗ ദൈർഘ്യമാണെങ്കിൽ $L/2$ വിനേക്കാൾ കൂടുതൽ ആഴത്തിലുള്ള വെള്ളത്തിലെ അവസാദങ്ങളെ ചലിപ്പിക്കുവാനോ അടിത്തട്ടിൽ അപരദനം നടത്തുവാനോ തിരമാലകൾക്കാവില്ല എന്ന് മനസിലാക്കേണ്ടതാണ്.

9.3.2. വേലികൾ (Tides)

സമുദ്രോപരിതല തിരമാലകൾക്ക് കാരണമാകുന്ന പ്രാഥമിക ചാലകശക്തി കാറ്റ് ആണെങ്കിലും വേലി ചലനങ്ങൾക്കത് കാരണമാകുന്നില്ല. ദിവസേന വേലി ചലനങ്ങൾ നിമിത്തം സമുദ്രജലോപരിതലം ഉയരുകയും താഴുകയും ചെയ്യുന്നുണ്ട്. നിശ്ചിത സമയം ഇടവിട്ട് ജലോപരിതലത്തിന് ഉണ്ടാകുന്ന ഉയർച്ചയും താഴ്ച്ചയുമാണ് വേലിയേറ്റവും വേലിയിറക്കവും. ഒരു സമുദ്രഭാഗത്ത് സാധാരണയായി പ്രതിദിനം രണ്ടു വേലിയേറ്റവും വേലിയിറക്കവും വീതമാണ് ഉണ്ടാകുന്നത്.

സമുദ്രജലത്തിനു മേൽ സൂര്യനും ചന്ദ്രനും പ്രയോഗിക്കുന്ന ഗുരുത്വാകർഷണ ബലവും ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണവും കാരണമാണ് വേലികളുണ്ടാകുന്നത്. ചന്ദ്രൻ ഭൂമിയുടെ അടുത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതിനാൽ ചന്ദ്രന്റെ ആകർഷണബലമാണ് സമുദ്രജലത്തിൽ കൂടുതൽ സ്വാധീനം ചെലുത്തുന്നത്. ചന്ദ്രന്റെ ഏറ്റവും അടുത്തുള്ള, ഭൂമിയുടെ സമുദ്രഭാഗം ചന്ദ്രന്റെ അടുത്തേക്ക് ആകർഷിക്കപ്പെടുകയും അവിടെ വേലിയേറ്റം ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യുന്നു. അതേ സമയത്ത്, ഭൂമിയുടെ മറുവശത്തും വേലിയേറ്റം അനുഭവപ്പെടുന്നതാണ്. ഈ രണ്ട് വേലിയേറ്റ പ്രദേശങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള സ്ഥലങ്ങളിൽ വേലിയിറക്കമാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. ഭൂഭ്രമണം നിമിത്തം വേലി ചലനങ്ങൾ സമയ ക്രമമനുസരിച്ച് മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കും. തീരദേശത്ത് വേലിയേറ്റവും വേലിയിറക്കവും മൂലമുണ്ടാകുന്ന ഫലങ്ങൾ ചിത്രം 9.3 കാണിക്കുന്നു.

ചിത്രം 9.3

വേലിയേറ്റത്തിനും വേലിയിറക്കത്തിനുമിടയിൽ സമുദ്രജല വിതാനത്തിന് ഉണ്ടാകുന്ന ലംബദിശയിലുള്ള വ്യത്യാസത്തെ വേലിപരിധി/വേലിവ്യാപ്തി (tidal range) എന്നാണ് പറയപ്പെടുന്നത്. കടൽത്തറയുടെ പ്രകൃതത്തിനും ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായ സ്ഥാനത്തിനുമനുസരിച്ച് വേലി ചലനങ്ങൾക്ക് ഏതാനും സെന്റിമീറ്ററുകൾ മുതൽ മീറ്ററുകളോളം വ്യാപ്തി കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്.

വേലിക്രമം (TIDAL PATTERN)

മൂന്ന് പ്രധാന വേലി ക്രമമാണ് ലോകത്ത് കാണപ്പെടുന്നത്. 1) ദൈനംദിന വേലിക്രമം (Diurnal tidal pattern), 2) അർധദിന വേലിക്രമം (Semi - diurnal tidal pattern) 3) മിശ്ര വേലിക്രമം (Mixed tidal pattern). ഒരു വേലി ദിനത്തിന്റെ ദൈർഘ്യം 24 മണിക്കൂറല്ല - മറിച്ച് 24 മണിക്കൂർ 50 മിനിട്ടാണ്. ദൈനംദിന വേലികളുടെ സവിശേഷത ഓരോ വേലിദിനവും ഒരു വേലിയേറ്റവും ഒരു വേലിയിറക്കവുമെന്നതാണ്. ഓരോ വേലീദിനവും രണ്ട് വീതം അർധദിന വേലികളുണ്ടാകുന്നതാണ്. ഒരേ ഉയരത്തിലുള്ള രണ്ട് വേലിയേറ്റവും ഒരേ ആഴത്തിലുള്ള രണ്ട് വേലിയിറക്കവും ഓരോ വേലിദിനത്തിലും നടക്കുന്നു. എല്ലാ 12 മണിക്കൂർ 25 മിനിട്ട് കൂടുമ്പോഴും അർധദിന വേലികളുണ്ടാകുന്നതാണ്. ലോകമാകെ നടക്കുന്ന പ്രധാനയിനം വേലികൾ ഇത്തരത്തിലുള്ളവയാണ്. മിശ്രവേലിക്രമം അർധദിന വേലിക്രമത്തോട് സമാനമാണെങ്കിലും വേലിയേറ്റത്തിലോ വേലിയിറക്കത്തിലോ രണ്ടിലുമോ വലിയ അളവിൽ അസമത്വം കാണിക്കുന്നുണ്ട്. ഇവിടങ്ങളിൽ രണ്ട് വേലിയേറ്റവും വേലിയിറക്കവും വീതം സംഭവിക്കുന്നുമുണ്ട്. എന്നാൽ ഈ രണ്ട് വേലിയേറ്റങ്ങളുടെ / വേലിയിറക്കങ്ങളുടെ ഉയരങ്ങൾ വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും.

ഇവയ്ക്ക് പുറമെ വേലികൾക്ക് പ്രതിമാസ ചക്രവുമുണ്ട്. രണ്ട് തരത്തിലുള്ള പ്രതിമാസ വേലികളാണ് - വാവുവേലി (Spring tide) യും സപ്തമീവേലി (neap tide) യും. സൂര്യനും ഭൂമിയും ചന്ദ്രനും എല്ലാം നേർരേഖയിലായി വരുന്ന സമയങ്ങളിൽ (അമാവാസി, പൗർണ്ണമി ദിനങ്ങളിൽ) വേലീ വ്യാപ്തി കൂടുതൽ വലുതാവുന്നതാണ്. കാരണം, ഈ സമയത്ത് സൂര്യന്റേയും ചന്ദ്രന്റേയും ഒരുമിച്ചുള്ള ഗുരുത്വാകർഷണ ബലം വേലിയെ സൃഷ്ടിക്കുന്നുവെന്നതാണ്. വാവു വേലികൾ പൂർണ്ണ ചന്ദ്രദിനത്തിലും ഒന്നാം പിറ ദിനത്തിലുമായി മാസത്തിൽ രണ്ട് തവണയുണ്ടാകുന്നു. ഈ സമയത്ത് സൂര്യനും ചന്ദ്രനും ഒരേ രേഖയിലായി വരുമ്പോൾ അവയുടെ ആകർഷണ ബലങ്ങൾ സംയോജിക്കപ്പെട്ട് വലിയ വേലിവലിവുകളും വേലിതള്ളലുകളും സൃഷ്ടിക്കുന്നു. ഓരോ ചാന്ദ്രമാസത്തിലുമുള്ള രണ്ട് സപ്തമികളിലാണ് സപ്തമിവേലിയേറ്റം ഉണ്ടാകുന്നത്.

9.3.3. സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ (Ocean Currents)

സമുദ്രജലം സ്ഥിരം ചലിച്ചുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ചിലയിടങ്ങളിൽ തിരശ്ചീനമായും മറ്റ് ചിലയിടങ്ങളിൽ താഴേക്കും മറ്റ് പലയിടങ്ങളിൽ മുകളിലേക്കുമൊക്കെയാണ് ഈ ചലനങ്ങൾ. നദീപ്രവാഹം പോലെ ഒരു ദിശയിൽ നിന്ന് മറ്റൊരു ദിശയിലേക്കുള്ള ജലത്തിന്റെ ഒഴുക്കാണ് സമുദ്രജല പ്രവാഹം. ഓരോ സ്ഥലത്തും ഓരോ തോതിലാണ് പ്രവാഹവേഗത. സമുദ്രത്തിലെ മൊത്തം ജലവും 1800 വർഷത്തിലൊരിക്കൽ പൂർണ്ണമായും കൂടിക്കലരുന്നുവെന്ന് കണക്കാക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ട്. ജലപ്രവാഹങ്ങളിൽ യഥാർഥത്തിൽ കൂടുതൽ ദൂരങ്ങളിലേക്ക് വെള്ളം സഞ്ചരിക്കുന്നുണ്ട്. ഊഷ്മാവ്, ലവണത്വം, തുടർച്ചയായും ഇടവിട്ടും വീശുന്ന കാറ്റിന്റെ പ്രവർത്തനം തുടങ്ങിയവയെല്ലാം ഇതിന് കാരണമായേക്കാം. രണ്ട് തരത്തിലുള്ള സമുദ്ര ജലപ്രവാഹങ്ങളുണ്ട്. (i) ഉപരിതല പ്രവാഹങ്ങളും (ii) ആഴക്കടൽ പ്രവാഹങ്ങളും.

(എ) ഉപരിതല പ്രവാഹങ്ങൾ (Surface currents)

കാറ്റുമൂലം രൂപം കൊള്ളുന്ന ജലപ്രവാഹങ്ങളാണ് ഉപരിതല സമുദ്രപ്രവാഹങ്ങൾ. ഈ പ്രവാഹങ്ങൾ പ്രാഥമികമായി തിരശ്ചീന ചലനങ്ങളാണ്. ഭൂമിയിലെ പ്രധാന വാതമേഖലകളാണ് (wind belts) ഉപരിതല സമുദ്രപ്രവാഹത്തിന്റെ രൂപീകരണത്തെയും അവയുടെ സഞ്ചാരദിശയെയും സ്വാധീനിക്കുന്നത്. സമുദ്രോപരിതലത്തിന്റെ ഉപരി ഭാഗങ്ങളിലൂടെ വെള്ളം തിരശ്ചീനമായി പ്രവഹിക്കുന്ന രൂപത്തിലുള്ള ചലനങ്ങളാണ് ഉപരിതല പ്രവാഹങ്ങൾ. ആഗോള കാലാവസ്ഥയെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന പ്രധാന ഘടകങ്ങളാണ് ഉപരിതല സമുദ്രപ്രവാഹങ്ങളെന്നതിനാൽ അവ ഏറെ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നുണ്ട്.

വളരെ വലിയ തരത്തിലുള്ള ഉപരിതല പ്രവാഹങ്ങളുണ്ട്. ഉത്തര അറ്റ്ലാന്റിക്കിലെ ഉപരിതല പ്രവാഹമായ ഗൾഫ് സ്ട്രീം മിസിസ്സിപ്പി നദിയിലൂടെ ഒഴുകുന്ന ജലത്തിന്റെ 4500 മടങ്ങ് വെള്ളം വഹിച്ചുകൊണ്ടു പോകുന്നുണ്ട്. ഓരോ സെക്കന്റിലും 90 ദശലക്ഷം ഘനമീറ്റർ വെള്ളമാണ് ഗൾഫ് സ്ട്രീം കൊണ്ട് പോകുന്നത്. ചില സമുദ്ര പ്രവാഹങ്ങൾ ആഴമുള്ളതും വീതികുറഞ്ഞവയുമാണ്. മറ്റ് ചിലത് കുറഞ്ഞ ആഴത്തിലൂടെ വീതിയിൽ സഞ്ചരിക്കുന്ന പ്രവാഹങ്ങളാണ്. ചില പ്രവാഹങ്ങൾ വേഗത്തിൽ ചലിക്കുമ്പോൾ മറ്റ് ചിലത് സാവധാനത്തിൽ നീങ്ങുന്നതായിരിക്കും. ഒരു പ്രവാഹത്തിന് തന്നെ കാലക്രമേണ ആഴത്തിലും സഞ്ചാരവേഗതയിലും മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകാറുമുണ്ട്. നാവികർക്ക് സമുദ്രത്തിലൂടെയുള്ള സഞ്ചാരപാത ആസൂത്രണം ചെയ്യുന്നതിലും ഉപരിതല സമുദ്രപ്രവാഹങ്ങൾ നിർണായകമാണ്. സമുദ്രജീവികളെ ചുറ്റുമുള്ള ലോകത്തേക്ക് വഹിച്ചുകൊണ്ട് പോകുന്നതിനാലും സമുദ്ര ആവാസ വ്യവസ്ഥിതിയിലെ താപനിലയെ ബാധിക്കുന്നതിനാലും ഉപരിതല പ്രവാഹങ്ങൾ സമുദ്രജീവികളെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു.

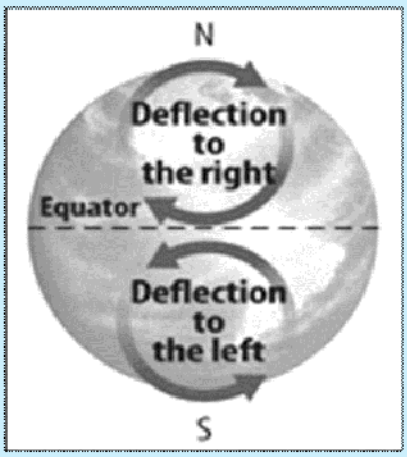
സമുദ്ര പ്രവാഹങ്ങളെ നിയന്ത്രിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ (FACTORS CONTROLLING OCEAN CURRENTS)

സമുദ്ര ജല പ്രവാഹങ്ങൾ നിർണയിക്കപ്പെടുന്ന മൂന്ന് ഘടകങ്ങളാണ് ആഗോള വ്യാപക വാത മാതൃകകൾ (overall global wind patterns), ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണം, സമുദ്രതടത്തിന്റെ ആകൃതി എന്നിവ.

ഭൂമധ്യരേഖാ പ്രദേശവും ധ്രുവ പ്രദേശവും തമ്മിലുള്ള ഊഷ്മാവിലുള്ള വ്യത്യാസം അന്തരീക്ഷത്തിലെയും സമുദ്രത്തിലെയും ദ്രവങ്ങളുടെ ചലനത്തിന് കാരണമാകുന്നു. ഭൂമിയുടെ മധ്യരേഖാഭാഗങ്ങൾ സൂര്യനിൽ നിന്നുള്ള നേരിട്ടുള്ള കിരണങ്ങളേറ്റ് ചൂട് പിടിക്കുന്നതിനാൽ, മധ്യരേഖാപ്രദേശത്തെ വായു ഉത്തര ദക്ഷിണ ഭാഗങ്ങളേക്കാൾ കൂടുതൽ ചൂടുള്ളതായിരിക്കും. ചൂടുള്ള ഈ വായു മധ്യരേഖാഭാഗത്തു നിന്ന് ഉയർന്ന് പൊങ്ങുകയും ധ്രുവഭാഗത്തെ തണുത്ത വായു തൽസ്ഥാനത്തേക്ക് എത്തുകയും ചെയ്യുന്നു. അങ്ങനെ കാറ്റ് വീശാൻ തുടങ്ങി സമുദ്രത്തിൽ തിരകളെയും ജലപ്രവാഹങ്ങളെയും ചലിപ്പിക്കുന്നു. കാറ്റിന് സമുദ്രത്തിന്റെ ഉപരിഭാഗത്തെ ചലനവിധേയമാക്കുവാൻ ഉപരിതല ജലപ്രവാഹങ്ങളുണ്ടാക്കാൻ കഴിയുന്നു. സമുദ്രത്തിന് മുകളിലൂടെ വീശുന്ന കാറ്റിന്റെ സമുദ്രജലവുമായുള്ള ഘർഷണം നിമിത്തമാണ് ഉപരിതലസമുദ്ര പ്രവാഹങ്ങളുണ്ടാകുന്നത്. ഉപരിതലപ്രവാഹങ്ങൾ

ഏകദേശം 400 മീറ്റർ താഴേക്ക് വ്യാപിക്കുകയും ഒരു ദിവസം 100 കി. മീറ്റർ വേഗത്തിൽ സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ഭൂഭ്രമണം നിമിത്തം ഉപരിതല ജലപ്രവാഹങ്ങളും കാറ്റും അവയുടെ ഉദ്ഭവകേന്ദ്രത്തിൽ നിന്നും വ്യതിചലിക്കുന്നതെങ്ങനെയെന്ന് കോറിയോലിസ് പ്രഭാവം (Coriolis Effect) വിശദീകരിക്കുന്നുണ്ട് (ചിത്രം 9.4)



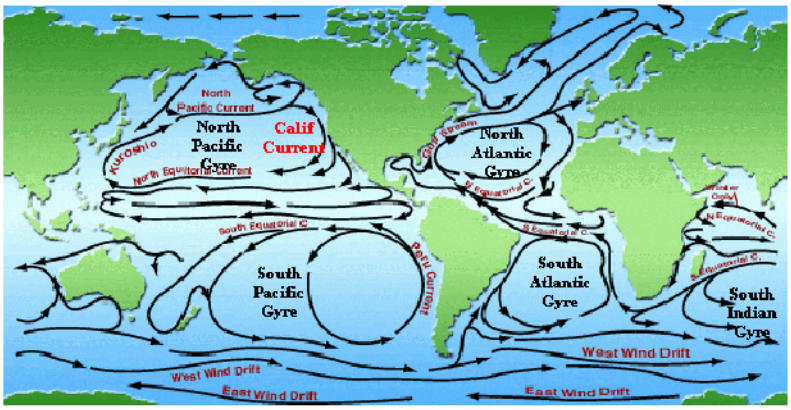
ചിത്രം 9.4 കോറിയോലിസ് പ്രഭാവം

ഉത്തരധ്രുവത്തിൽ നിന്നു വീക്ഷിക്കുമ്പോൾ ഭൂമി സ്വന്തം അച്ചുതണ്ടിൽ വിപരീത ഘടികാര ദിശയിൽ ഭ്രമണം ചെയ്യുന്നതായി കാണാവുന്നതാണ്. കാറ്റ് അല്ലെങ്കിൽ സമുദ്രപ്രവാഹങ്ങൾ ചലിക്കുന്ന സമയം ഭൂമിയുടെ ഭ്രമണം അവയെ ബാധിക്കുന്നതാണ്. ഭൂമിയിൽ വടക്കോട്ടോ തെക്കോട്ടോ സഞ്ചരിക്കുന്ന ഒരു വസ്തു നേർരേഖയ്ക്ക് പകരം വക്രദിശയിലേക്ക് ചലിക്കുന്നതായി അനുഭവപ്പെടുന്നു. കോറിയോലിസ് പ്രഭാവം ഉപരിതല പ്രവാഹങ്ങളെ അത്തരത്തിലുള്ള ദിശാവ്യതിയാനത്തിന് കാരണമാക്കുന്നു. വ്യതിചലിക്കപ്പെടുന്ന ദിശ അവ നിലകൊള്ളുന്ന അർധഗോളത്തിനനുസരിച്ചായിരിക്കും. കാറ്റും ജലപ്രവാഹങ്ങളും വർത്തുള്ള പാതയിൽ സഞ്ചരിക്കുവാനുള്ള കാരണമിതാണ്.

സമുദ്രതടത്തിന്റെ ആകൃതി ഉപരിതല പ്രവാഹങ്ങളുടെ ദിശയെ നിർണയിക്കുന്ന മൂന്നാമത്തെ ഘടകമാണ്. ഉപരിതലപ്രവാഹം, കരയോടടുക്കുമ്പോൾ അതിന്റെ ദിശ മാറുന്നതാണ്. ഒരു കുളിത്തൊട്ടിയിലെ വെള്ളം തൊട്ടിയുടെ അറ്റത്തേക്ക് തള്ളുകയാണെന്ന് സങ്കൽപിച്ച് നോക്കുക. വെള്ളം തൊട്ടിയുടെ അറ്റത്തെത്തുമ്പോൾ അതിന്റെ ദിശ മാറുന്നത് കാണാൻ കഴിയുമല്ലോ.

വർത്തുള ജലധാരകൾ (ഓഷ്യൻ ജയറുകൾ) (Ocean Gyres)

ഉപരിതലസമുദ്രപ്രവാഹങ്ങൾ ജയറുകൾ എന്നറിയപ്പെടുന്ന വർത്തുളാകാരത്തിലുള്ള വലിയ (ആഗോള തലത്തിൽ) ചലനങ്ങളായിട്ടാണ് രൂപപ്പെടുന്നത്. സമുദ്രതടമൊന്നാകെ വ്യാപിച്ചതോ നൂറ് മുതൽ ആയിരക്കണക്കിന് കിലോമീറ്റർ ദൈർഘ്യത്തിലോ ഉള്ള ജലപിണ്ഡങ്ങളുടെ വലിയ ചുഴി രൂപത്തിലുള്ള ചലനമാണ് വർത്തുള ജലധാരകൾ (gyres). തുറസ്സായ കടലുകളിൽ കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്ന ഈ പ്രവാഹങ്ങൾ ഉപരിതലസമുദ്രപ്രവാഹങ്ങളുടെ ദീർഘകാല ശരാശരി മാതൃകയെയാണ് പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നത്. കോറിയോലിസ് പ്രഭാവം നിമിത്തം ഉത്തരാർധഗോള സമുദ്രങ്ങളിൽ പ്രദക്ഷിണദിശയിലും ദക്ഷിണാർധഗോള സമുദ്രങ്ങളിൽ അപ്രദക്ഷിണദിശയിലുമായിരിക്കും വർത്തുള ജലധാരകൾ നീങ്ങുന്നത്. ഭൂമിയുടെ ധ്രുവത്തിന് സമീപം അവ വിപരീത ദിശയിലേക്ക് ഒഴുകാൻ പ്രവണത കാണിക്കുന്നതാണ്. വർത്തുള ജലധാരയുടെ അഗ്രഭാഗത്ത് അതിർത്തിപ്രവാഹങ്ങൾ താപാധിക്യമുള്ള ഉഷ്ണമേഖലാ ജലത്തെ ഉയർന്ന അക്ഷാംശമേഖലകളിലേക്കും ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിലെ തണുത്ത ജലത്തെ താഴ്ന്ന അക്ഷാംശമേഖലകളിലേക്കും എത്തിക്കുന്നു.



ചിത്രം 9.5 ലോക സമുദ്രത്തിലെ അഞ്ച് പ്രധാന വർത്തുള്ള ജലധാരകൾ.

സമുദ്രങ്ങളിലെ പ്രധാന വർത്തുളാകാര ജലധാരകളാണ് ഉത്തര അറ്റ്ലാന്റിക്, ദക്ഷിണ അറ്റ്ലാന്റിക്, ഉത്തര പസിഫിക്, ദക്ഷിണ പസിഫിക്, ഇന്ത്യൻ മഹാസമുദ്ര വർത്തുള ജലധാരകൾ. ഇവയുടെ ലളിതമായ ചിത്രീകരണം ചിത്രം 9.5 ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. ഉത്തര അക്ഷാംശം അല്ലെങ്കിൽ ദക്ഷിണ അക്ഷാംശം 30"ക്ക് അടുത്ത കേന്ദ്രീകൃതമായ മിതോഷ്ണമേഖല വർത്തുളാകാര ജലധാരകൾ, ഭൂമധ്യരേഖാ ജലപ്രവാഹം, പശ്ചിമാതിർത്തി ജലപ്രവാഹങ്ങൾ, ഉത്തര അല്ലെങ്കിൽ ദക്ഷിണാതിർത്തി ജലപ്രവാഹങ്ങൾ, പൂർവ്വാതിർത്തി ജലപ്രവാഹങ്ങൾ എന്നിവയെല്ലാം പ്രമുഖ വർത്തുള ജലധാരകളിലുൾപ്പെടുന്നവയാണ്. ഇതിന് പുറമെ ഉപധ്രുവീയ വർത്തുളാകാര ജലധാരകളും ഭൂമധ്യരേഖാ എതിർ പ്രവാഹങ്ങളും ഉപരിതല ജലപ്രവാഹങ്ങളിൽ പ്രാമുഖ്യമുള്ളവയിൽ പെടുന്നവയാണ്.

വർത്തുള ജലധാരകളിൽ വലുതായ ഗണത്തിൽ പെടുന്ന ഉത്തര പസിഫിക് വർത്തുള ജലധാര ബൃഹത് പസിഫിക് മാലിന്യത്തുണ്ട് (Great Pacific Garbage Patch) എന്നറിയപ്പെടുന്ന പ്രദേശത്തിന് താവളം നൽകുന്നിടമാണ്. ഈ പ്രദേശത്ത് ഏകദേശം 3 ദശലക്ഷം ടൺ പ്ലാസ്റ്റിക് മാലിന്യങ്ങളടങ്ങിയിരിക്കുന്നു. നഗ്നനേത്രങ്ങൾക്ക് ദൃശ്യമാകാത്ത വിധം ചെറുകഷണങ്ങളാക്കി ഈ പ്ലാസ്റ്റിക് മാലിന്യങ്ങളെ മുറിച്ച് ചെറുതാക്കിയ നിലയിലാണെന്ന് മാത്രം.

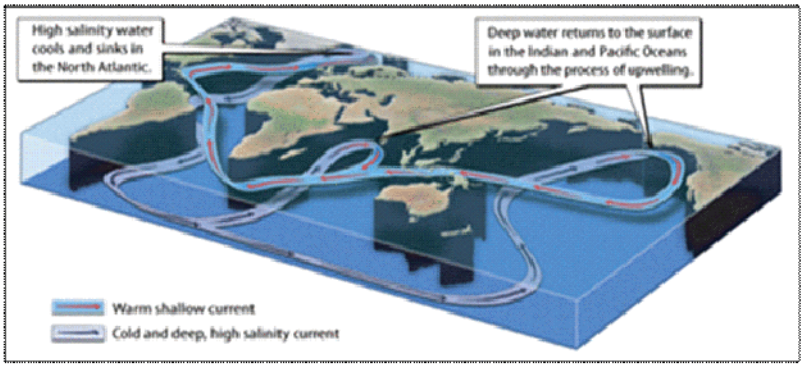
(ബി) അഗാധ സമുദ്രജല പ്രവാഹങ്ങൾ/ആഴക്കൽ ജല പ്രവാഹങ്ങൾ (Deep Sea Currents)

ഉപരിതലസമുദ്രപ്രവാഹങ്ങൾ സമുദ്രജലോപരിതലത്തിനോട് ചേർന്ന് നിലകൊള്ളുന്നവയും കാര്യമായും ഉപരിഭാഗത്തെ ബാധിക്കുന്നവയുമാണ്. എന്നാൽ തുല്യ പ്രാധാന്യമുള്ള സമുദ്രപ്രവാഹങ്ങളാണ് അഗാധസമുദ്രപ്രവാഹങ്ങളെന്ന പേരിൽ അറിയപ്പെടുന്ന ആഴക്കടലിലെ സമുദ്രപ്രവാഹങ്ങൾ. ഈ ജലപ്രവാഹങ്ങൾ കാറ്റിനാൽ രൂപം കൊള്ളുന്നവയല്ല, മറിച്ച് ജല പിണ്ഡങ്ങളുടെ സാന്ദ്രതാ വ്യത്യാസത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്നവയാണ്. മറ്റൊരു വിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ, ഈ സമുദ്രപ്രവാഹങ്ങൾ ഊഷ്മാവിലും ലവണത്വത്തിലും പ്രാദേശികമായുണ്ടാകുന്ന വ്യത്യാസങ്ങൾ നിമിത്ത

മുണ്ടാകുന്ന സാന്ദ്രതാ വ്യത്യാസങ്ങൾ വഴി രൂപം കൊള്ളുന്നവയാണ്. അഗാധപ്രവാഹങ്ങൾ തിരശ്ചീനദിശയിലും ലംബദിശയിലും ചലിക്കുന്നുണ്ട്. ജലപിണ്ഡങ്ങളിലെ സാന്ദ്രതാ വ്യത്യാസത്തിന്റെ ഫലമായിട്ടുണ്ടാകുന്ന ഒരിനം അഗാധലംബ ജലപ്രവാഹങ്ങളാണ് സാന്ദ്രതാപ്രവാഹങ്ങൾ (density currents). ലവണത്വത്തിലുള്ള വർധനവോ താപനിലയിലുള്ള കുറവോ സമുദ്രജലസാന്ദ്രതാ വർധനവിന് കാരണമാകാവുന്നതാണ്. അഗാധ സമുദ്രതരംഗങ്ങൾ ഉയർന്ന അക്ഷാംശമേഖലകളിൽ നിന്നാണ് പ്രവാഹമാരംഭിക്കുന്നത്. ബാഷ്പീകരണാധിക്യം മൂലമുണ്ടാകുന്ന ലവണത്വവർധനവിനാലും സാന്ദ്രതാ പ്രവാഹങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നതാണ്.

സാന്ദ്രത കൂടുതലുള്ള ജല പിണ്ഡങ്ങൾ സമുദ്രതടത്തിലേക്ക് താഴുന്നതാണ്. അന്തരീക്ഷത്തിലെ സംവഹനപ്രവാഹങ്ങളെപ്പോലെ സാന്ദ്രത കൂടുതലുള്ള ജലം താഴേയ്ക്ക് പതിക്കുമ്പോൾ തൽസ്ഥാനം സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ ജലം മുകളിലേക്ക് ഉയർന്ന് നികത്തപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. സമുദ്രത്തിന്റെ ആഴങ്ങളിൽ വൻതോതിലുള്ള ജലചലനങ്ങൾ ഇത്തരം സംവഹനപ്രവാഹങ്ങൾ വഴി സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. ഉപരിതല പ്രവാഹങ്ങൾ വഴി ഭൂമധ്യരേഖാ പ്രദേശത്ത് നിന്നും ധ്രുവഭാഗത്തേക്കെത്തുന്ന ജലം തണുക്കുന്നു. തണുത്ത ജലത്തിന് സാന്ദ്രത കൂടുതലായതിനാൽ അത് താഴ്ന്ന് കീഴ്പ്പോട്ട് ചലിക്കുന്നു. ഇത്തരത്തിൽ ഉപരിതല പ്രവാഹവും അഗാധസമുദ്രപ്രവാഹങ്ങളും പരസ്പരബന്ധിതമാണ്. കാറ്റ് മൂലം ഉപരിതലപ്രവാഹങ്ങളുണ്ടായി ജലത്തെ സമുദ്രത്തിന് ചുറ്റുമായി ചലിപ്പിക്കുന്നു. അതേ സമയം, സാന്ദ്രതാവ്യത്യാസത്തിന്റെ ഫലമായി അഗാധപ്രവാഹങ്ങളുണ്ടായി ഈ ജലത്തെ ആഗോളതലത്തിൽ തിരിച്ചെത്തിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

ലഘുവായ മാതൃകയിൽ സമുദ്ര ജലചംക്രമണം ഒരു കൺവെയർ ബെൽറ്റ് പോലെ, അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിൽ നിന്നും ഇന്ത്യൻ സമുദ്രത്തിലൂടെ പസിഫിക് സമുദ്രത്തിലേക്കും അവിടെ നിന്ന് തിരിച്ചും സഞ്ചരിക്കുന്നതായി കാണാം (ചിത്രം 9.6). മഹാസമുദ്രത്തിലെ ഈ കൺവെയർ ബെൽറ്റ് മാതൃക ഏകദേശം 1000 കൊല്ലം കൊണ്ട് ഒരു പൂർണ്ണവട്ടം പൂർത്തീകരിക്കുന്നതാണെന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞർ കണ്ടെത്തിയിട്ടുള്ളത്.



ചിത്രം 9.6 ഒരു കൺവെയർ ബെൽറ്റിനോട് സമാനമായ സമുദ്ര ജല ചംക്രമണം.

അപ്‌വെല്ലിംഗ്/ഊർധ്വധാര (Upwelling)

സാന്ദ്രത കൂടുതലുള്ള ജലം താഴേക്ക് പതിക്കുന്നുവെന്ന് നേരത്തെ നിങ്ങൾ മനസിലാക്കിയല്ലോ. എന്നിരുന്നാലും ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ ഈ പ്രക്രിയ നേരെ മറിച്ചായിരിക്കും. ഊർധ്വദിശാപ്രവാഹം വഴി ആഴക്കടലിലെ സാന്ദ്രത കൂടുതലുള്ള ജലം ഉപരിതലത്തിലേക്ക് കയറി വരുന്നതാണ്. ഉപരിതലത്തിലെ ചൂടുള്ള വെള്ളത്തിന് പകരം ആഴത്തിൽ നിന്നും തണുത്ത വെള്ളം ഉയർന്ന് വരുന്ന പ്രക്രിയയാണ് ഊർധ്വധാര/ അപ്‌വെല്ലിംഗ് (upwelling) നൈട്രേറ്റുകളും ഫോസ്ഫേറ്റുകളും പോലെയുള്ള വിലേയ പോഷകങ്ങളെ വലിയ തോതിൽ സമുദ്രോപരിതലത്തിലേക്കെത്തിക്കാൻ ഈ പ്രക്രിയ കാരണമായിത്തീരും.

ശക്തമായ കാറ്റുകൾ കരയിൽ നിന്നും കടലിലേക്ക് വീശുന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ പൊതുവെ ഊർധ്വദിശാപ്രവാഹങ്ങളുണ്ടാകുന്നതാണ്. ഉപരിതലത്തിലെ വെള്ളം ഇവിടുത്തെ തീരത്ത് നിന്നും അകന്ന് പോകുമ്പോൾ താഴെ നിന്നുമുള്ള തണുത്ത വെള്ളം പകരം അവിടെയെത്തിച്ചേരുന്നു. അടിയിലെ ജലപ്രവാഹം മുകളിലേക്ക് വരുന്നതിന്റെ ഫലമായി ഇവിടെ വെള്ളം പോഷകങ്ങളെകൊണ്ട് സമ്പന്നമായിരിക്കും. തീരദേശത്തെ പ്ലവജീവികളുടെ (plankton) വളർച്ച കൂടുതലായതിനാൽ ഇവിടം പരിസ്ഥിതി വ്യൂഹത്തിലെ മറ്റു അംഗങ്ങൾക്കും അനുകൂലമായിരിക്കും. ജൈവോത്പാദനക്ഷമത കൂടുതലായി നടക്കാൻ സഹായകരമായ ഈ പ്രക്രിയ നിലനിൽക്കുന്നതിനാൽ കാലിഫോർണിയ, തെക്കെ അമേരിക്ക, ദക്ഷിണാഫ്രിക്ക, അറബിക്കടൽ എന്നിവയെല്ലാം ഇത്തരത്തിൽ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്നു. ഉത്തര-ദക്ഷിണ ഭൂമധ്യരേഖാ പ്രവാഹങ്ങൾക്കിടയിലുള്ള ഭൂമധ്യരേഖാ പ്രദേശത്തും ഊർധ്വദിശാ പ്രവാഹങ്ങൾ നടക്കുന്നുണ്ട്.

ഉപരിതലസമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ, സമുദ്രവർത്തുളാകാര ജലധാരകൾ, അഗാധസമുദ്ര ജലപ്രവാഹങ്ങൾ, അന്തരീക്ഷം എന്നിവയെല്ലാം ഭൗമ വ്യൂഹത്തിന്റെ ഭാഗമാണ്. ആഗോള കാലാവസ്ഥ വ്യതിയാനങ്ങളും ഭൗമവ്യൂഹത്തിലെ വിവിധ ഭാഗങ്ങളിലൂടെ ജലം, ഊർജം, പോഷകങ്ങൾ, മാലിന്യങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയെല്ലാം സഞ്ചരിക്കുകയും അകപ്പെടുകയും വ്യാപിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതിന്റെ യാന്ത്രിക രഹസ്യവും മനസിലാക്കുന്നതിന്റെ പ്രധാന സൂചകമാണ് സമുദ്രവും അന്തരീക്ഷവും തമ്മിലുള്ള ഈ പാരസ്പര്യം തിരിച്ചറിയുകയെന്നത്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. തീരത്തേക്കെത്തുമ്പോൾ തിരകൾ തകരുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
2. ഉപരിതല പ്രവാഹങ്ങളും അഗാധ സമുദ്രപ്രവാഹങ്ങളും തമ്മിൽ എങ്ങനെ വേർതിരിക്കാനാകും?
3. വേലി ചലനങ്ങളെ സൃഷ്ടിക്കുന്നതിൽ ..... ന്റെ ഗുരുത്വാകർഷണ ബലമാണ് കൂടുതൽ പ്രധാനം.
4. ബൃഹത് വേലികളും ലഘുവേലികളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്താണ്?

9.4 സമുദ്രതടത്തിന്റെ ഭൂപ്രകൃതി (Topography of the ocean floor)

സമുദ്രത്തിലൂടെ നാവികസഞ്ചാരം നടത്തുകയോ അല്ലെങ്കിൽ വിശാലമായ സമുദ്ര

പരപ്പുകൾക്ക് മുകളിലൂടെ പറക്കുകയോ ചെയ്യുന്നയാൾക്ക് താഴെ മറഞ്ഞ് കിടക്കുന്ന കടൽത്തറയുടെ സ്ഥലാകൃതിയെ സംബന്ധിച്ച് കാര്യമായ സൂചനകളൊന്നും കിട്ടിക്കൊള്ളണമെന്നില്ല. എന്നാൽ, കരപ്രദേശത്തെപ്പോലെതന്നെ ക്രമരഹിതവും അദ്ഭുതകരവും വ്യത്യസ്തവുമാണ് സമുദ്രാന്തർഭാഗ സ്ഥലഘടന. ഭൂമിയിലെ ഉയർന്ന കൊടുമുടികളും അഗാധതാഴ്വരകളും വിശാലമായ സമതല പ്രദേശങ്ങളും കിടക്കുന്നത് സമുദ്രത്തിലാണ്. വലിയ പർവ്വതനിരകൾ, താഴ്വരകൾ, ഗിരികന്ദരങ്ങൾ/ഗിരി ഗഹ്വരങ്ങൾ, വിശേഷരൂപമില്ലാത്ത സമതലങ്ങൾ, വലിയ ചെങ്കുത്തായ കുന്നുകൾ, കിഴുക്കാംതൂക്കായ വശങ്ങളോട് കൂടിയ അഗ്നിപർവ്വത സ്തംഭങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയെല്ലാം കടൽത്തറയിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നുണ്ട്. യഥാർഥത്തിൽ സമുദ്രാന്തര ഭൂപ്രകൃതി സവിശേഷ നിമ്നോന്നത കാണിക്കുന്നതും കരയിലേതുപോലെ ക്രമരഹിതവും പരുക്കൻ പ്രകൃതത്തോട് കൂടിയതുമാണ്.

ഏറ്റവും ആഴമേറിയതും വലുതുമായ ജലസഞ്ചയമായ പസിഫിക് സമുദ്രം ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ പകുതിയോളം പ്രദേശത്തെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നുണ്ട്. അതിന്റെ ശരാശരി ആഴം 4200 മീറ്ററാണ്. ഇതുവരെ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ടതിൽ വച്ചേറ്റവും ആഴമേറിയ ഭാഗം മറിയാനാ ഗർത്തത്തിലെ (പശ്ചിമോത്തര പസിഫിക് സമുദ്ര തടത്തിലെ ഒരു അഗാധ ഗർത്തം) ചാലഞ്ചർ ഡീപ് (ബ്രിട്ടീഷ് പര്യവേക്ഷണ കപ്പലായ എച്ച്.എം.എസ്. ചാലഞ്ചർ II എന്നത് ചേർത്ത് നാമകരണം ചെയ്തത്) ആണ്. യു.എസ്. ദേശീയ സാമുദ്രിക അന്തരീക്ഷ കാര്യനിർവഹണ വിഭാഗം (US National Oceanic and Atmospheric Administration) ചാലഞ്ചർ ഗർത്തത്തിന്റെ ആഴം സമുദ്രനിരപ്പിൽ നിന്നും 11030 മീറ്ററായി നിർണയിച്ചിട്ടുണ്ട്. സമുദ്രങ്ങളിലെ ശരാശരി ആഴം ഏകദേശം 3800 മീറ്ററും ശരാശരി കരയുടെ ഉയരം 840 മീറ്ററുമാണ്.

സമുദ്രതടത്തെ സാമ്പ്രദായികമായി മൂന്ന് പ്രത്യേക മേഖലകളായി വിഭജിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. വൻകരയോരം / ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ട് (Continental shelf), വൻകരചരിവ്/ഭൂഖണ്ഡചായ്വ് (Continental slope), ആഴക്കടൽ സമതലങ്ങൾ/സമുദ്രാഗാധസമതലങ്ങൾ (abyssal plains) എന്നിവയാണിവ.

i) ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ട് (Continental Shelf)

സമുദ്രതടത്തിന്റെ ഏറ്റവും പരിചിതവും കൂടുതൽ പഠനവിധേയമാക്കിയിട്ടുള്ളതുമായ ഭാഗം ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ട് ആകുന്നു. ഭൂഖണ്ഡഭാഗത്തിന്റെ അഗ്രമെന്നോണം കരയോട് ചേർന്ന് കിടക്കുന്ന ആഴം കുറഞ്ഞ തീരെ ചെരിവില്ലാത്ത സമുദ്രാന്തർ ഭാഗമാണ് ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ട്. ഭൂഖണ്ഡത്തിന്റെയോ ദ്വീപിന്റെയോ തീരത്തിനും ഭൂപ്രകൃതിയിൽ കാര്യമായ ചരിവ് കാണപ്പെടുന്ന കടൽത്തറാഭാഗ (Shelf break) ത്തിനുമിടയിലുള്ള ഈ മേഖലക്ക് പരമാവധി 200 മീറ്റർ വരെ ആഴം കാണാവുന്നതാണ്. ഭൂഖണ്ഡാതിരുകളുടെ നീളത്തിലുള്ള ഒരു പരിഛേദം (പ്രൊഫൈൽ) പരിശോധിക്കുമ്പോൾ ശരാശരി 132 മീറ്റർ ആഴത്തിൽ കടൽത്തറയുടെ ചെരിവ് വലിയളവിൽ കൂടുന്നതായി മനസിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഇത്തരത്തിൽ ചരിവ് പൊടുന്നനെ വർധിക്കുന്ന ഭാഗം ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ടിന്റെ അതിരായി കണക്കാക്കപ്പെടുന്നു.

ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ടിന് ശരാശരി 0.1 ഡിഗ്രി ചരിവ് ആണുള്ളത്. വിഭിന്ന തീരങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത അളവിൽ വീതിയാണെങ്കിലും ശരാശരി 65 കി.മീറ്റർ വീതി ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ടുകൾക്കുണ്ടാകുന്നതാണ്. വടക്കെ ആസ്ട്രേലിയ, സൗത്ത് അമേരിക്കയിലെ അർജന്റീന

എന്നിവിടങ്ങളിൽ ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ടുകൾക്ക് വളരെയധികം വീതിയുണ്ട്. സൈബീരിയൻ തീരത്ത് നിന്നും ആർട്ടിക്ക് സമുദ്രത്തിലേക്ക് വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്ന ഭൂഖണ്ഡത്തിന് 1500 കി.മീറ്റർ വീതിയാണ്. എന്നാൽ തെക്കെ അമേരിക്കയുടെ പസിഫിക് തീരത്ത് ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ടിന് തീരെ വീതിയില്ല. ഇന്ത്യയുടെ കിഴക്കൻ തീരത്ത് ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ടിന് വീതി കുറവും, അതേ സമയം പടിഞ്ഞാറൻ തീരത്ത് വീതിയേറിയതുമാണ്. ഇന്ത്യയുടെ ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ട് ചിത്രത്തിൽ (ചിത്രം 9.7) കാണിക്കുന്നു.

ചിത്രം 9.7 ഇന്ത്യയുടെ വൻകരാതട്ട്

ഭൂഖണ്ഡ (കര) ഭാഗത്തോടു ചേർന്ന് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ട് മൊത്തം സമുദ്ര വിസ്തൃതിയുടെ 8 ശതമാനം ഭാഗത്തെയുൾക്കൊള്ളുന്നുണ്ട്. ഈ മേഖലയ്ക്കു വർധിച്ച രാഷ്ട്രീയ സാമ്പത്തിക പ്രാധാന്യമാണുള്ളത്. ധാതുസമ്പത്ത്, എണ്ണ-പ്രകൃതി വാതക വിഭവങ്ങൾ, പോഷക പദാർഥങ്ങൾ, മണൽ നിക്ഷേപങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയാൽ സമ്പന്നമാണ് ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ടുകൾ. സൂര്യപ്രകാശം ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്നതും കരയിലെ പോഷകങ്ങൾ വന്നു ചേരുന്നതും ഊർധ്വധാര (upwelling) മുഖേന പോഷക വസ്തുക്കൾ ലഭിക്കുന്നതുമായ പ്രദേശമായതിനാൽ പ്രധാന മത്സ്യബന്ധന മേഖലകളാണ് ലോകത്തിലെ ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ടുകളെല്ലാം തന്നെ. ജൈവീക പ്രവർത്തനങ്ങളാൽ സമൃദ്ധമായ ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ടുകൾ ഭക്ഷ്യഉറവിട മേഖലകളായി നിലകൊള്ളുന്നു. ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ടിന് മുകളിലുള്ള സമുദ്രജലഭാഗത്തെ എപികോണ്ടിനന്റൽ കടൽ (epicontinental sea) എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കാറുണ്ട്.

ii) ഭൂഖണ്ഡ ചായ്‌വ് (Continental slope)

ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ട് അവസാനിക്കുന്നിടത്ത് (shelf break) പൊടുന്നനെ ചരിവ് കൂടുതലുള്ള കടൽഭാഗം ആരംഭിക്കുന്നു. ചെങ്കുത്തായ ചെരിവുള്ള ഈ പ്രദേശം ഭൂഖണ്ഡ ചായ്‌വ് എന്നറിയപ്പെടുന്നു. ശരാശരി 4" മുതൽ ചരിവ് കൂടി വരുന്ന ഈ പ്രദേശം ചെന്നവസാനിക്കുന്നത് സമുദ്രാഗാധ സമതലത്തിലാണ് (abyssal plain). മൊത്തത്തിൽ 3,00,000 കി.മീ. നീളം ഭൂഖണ്ഡചായ്‌വുകൾക്കുണ്ട്.

വലിയ നദികളൊന്നുമില്ലാത്ത തീരങ്ങൾക്കകലെ ഭൂഖണ്ഡചായ്‌വിന് ചരിവ് ഏറ്റവും കുറവും പഴക്കം കുറഞ്ഞ പർവ്വത നിരകളോട് ചേർന്നതും ഇടുങ്ങിയ ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ടുകളോട് കൂടിയതുമായ തീരങ്ങൾക്കപ്പുറം ചരിവ് വളരെ കൂടുതലുമാണ്. പസിഫിക് സമുദ്രത്തിന്റെ മിക്ക ഭാഗങ്ങളിലും അറ്റ്‌ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിനുള്ളതിനേക്കാൾ ഭൂഖണ്ഡചായ്‌വിന് ചെങ്കുത്തായ ചെരിവ് കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്.

ഭൂഖണ്ഡചായ്‌വിനും അഗാധസമതലത്തിനുമിടയിലുള്ള അതിർത്തി താഴ്ച കുറവുള്ള ഭൂഖണ്ഡ ഉന്നതി (continental rise) എന്നാണറിയപ്പെടുന്നത്. ഭൂഖണ്ഡചായ്‌വിലൂടെ ഊർന്ന് വീഴുന്ന അവസാദങ്ങൾ അടിഞ്ഞ് കൂടിയാണ് ഇത്തരം ഉന്നതികൾ രൂപം കൊള്ളുന്നത്.

ലോകത്തിലെ പകുതിയോളം ഭൂഖണ്ഡചായ്‌വുകളും ചെന്നെത്തുന്നത് ആഴമേറിയ സമുദ്രഗർത്തങ്ങളിലേക്കോ ആഴം കുറഞ്ഞ താഴ്ചകളിലേക്കോ ആണ്. മറ്റുള്ളവ സമുദ്രാവസാദങ്ങൾ അടിഞ്ഞുകൂടി രൂപം കൊള്ളുന്ന സമുദ്രാവസാദവിശറികളിലോ ഭൂഖണ്ഡഉന്നതികളിലോ ചെന്നവസാനിക്കുകയാണ്.

ഭൂഖണ്ഡ ഉന്നതി (continental rise) എന്ന പദം സൂചിപ്പിക്കുന്നത് ഭൂഖണ്ഡ ചായ്‌വിനും അഗാധസമതലത്തിനുമിടയിൽ അടിഞ്ഞ് കൂടുന്ന ഭൂഖണ്ഡജന്യശിലാപദാർഥങ്ങളും അവസാദങ്ങളും കൊണ്ട് നിർമിതമായ നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപത്തെയാണ്. ഭൂഖണ്ഡ ചായ്‌വിന്റെ അടിഭാഗത്തായി ഉയർന്ന തിട്ടകളുടെ രൂപത്തിൽ കുമിഞ്ഞ് കൂടിയുണ്ടാകുന്ന ഇത്തരം സവിശേഷ നിക്ഷേപണ രൂപത്തെ കോണ്ടിനെന്റൽ ആപ്രണുകൾ (continental aprons) എന്ന പേരിലുമറിയപ്പെടുന്നുണ്ട്. സമുദ്രാന്തര ഭൂദ്രവ്യശോഷണം, (submarine mass wasting) ജലപ്രവാഹങ്ങൾ വഴിയുള്ള നിക്ഷേപണം, ജൈവജന്യ പദാർഥങ്ങളും അവസാദങ്ങളും, നേരെ കുത്തനെ അടിയൽ, പ്രക്ഷുബ്ധപ്രവാഹങ്ങൾ (turbidity currents) എന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്ന ഉയർന്ന വേഗതയിലുള്ള അവസാദ വാഹക സാന്ദ്രതാപ്രവാഹങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയെല്ലാം ഭൂഖണ്ഡ ഉന്നതികളുടെ രൂപം കൊള്ളലിന് നിദാനമായ അവസാദങ്ങൾക്ക് കാരണമാകുന്നുണ്ട്.

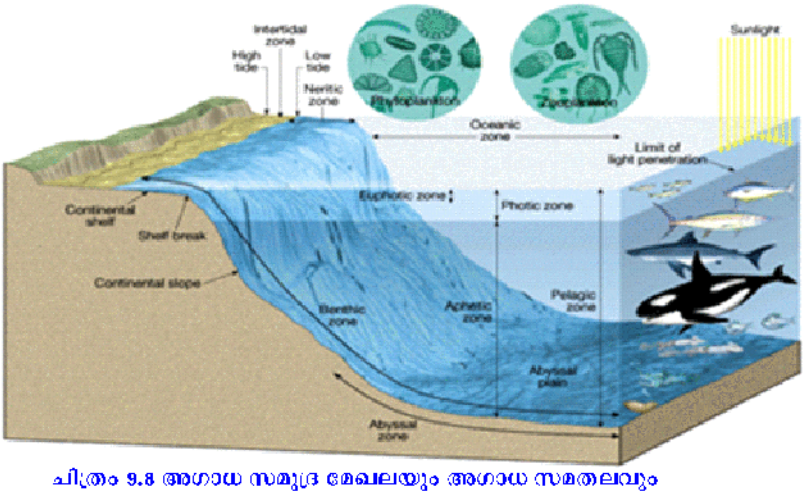
സമുദ്രാടിത്തട്ടിന്റെ 8.5 ശതമാനത്തോളം ഭാഗം ഭൂഖണ്ഡചായ്‌വ് - ഭൂഖണ്ഡ ഉന്നതി മേഖലകൾ കൊണ്ടാവൃതമായി കിടക്കുന്നു. ഭൂഖണ്ഡാതിരായി നിലകൊള്ളുന്ന ഭൂഖണ്ഡ ഉന്നതിയാണ് ഭൂഖണ്ഡ ഭൂവൽക്കത്തിൽ നിന്നും സമുദ്ര ഭൂവൽക്കത്തിലേക്ക് സംക്രമിക്കുന്ന മേഖല. (മുൻ ഹിമയുഗത്തിലെ വൻകരാഹിമാനികൾ ഉരുകിയെത്തി സമുദ്രത്തിൽ ചേർന്ന വെള്ളം കൊണ്ട് ഭാഗികമായി മൂടപ്പെട്ട് കിടക്കുന്നതാണ് നിലവിൽ എല്ലാ വൻകരകളുടെയും അതിരുകൾ. വെള്ളത്തിലാഴ്ന്ന് കിടക്കുന്ന ഈ ഭൂഖണ്ഡാഗ്രങ്ങൾ യഥാർഥത്തിൽ ഒരു ഭൂവൈജ്ഞാനികനെ സംബന്ധിച്ചിടത്തോളം ഭൂഖണ്ഡ ഭാഗമെന്നതിനേക്കാളുപരി സമുദ്രഭാഗമായിട്ടാണ് കരുതിപ്പോരുന്നത്. ഭൂഖണ്ഡ/വൻകരാ ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ 20 ശതമാനത്തോളം ഇത്തരത്തിൽ സമുദ്ര ജലത്തിനടിയിലാണ്. ഭൂഖണ്ഡചായ്‌വുകളോടനുബന്ധിച്ച് നിരവധി സമുദ്രാന്തര ഗഹ്വരങ്ങളും (submarine canyons) കുന്നുകളും ഉണ്ട്. പർവ്വത പ്രദേശങ്ങളിൽ നദികളുടെ അപരദനം വഴി രൂപപ്പെടുന്ന താഴ്‌വരകളോട് സമാനമാണ് സമുദ്രാന്തര ഗഹ്വരങ്ങളെങ്കിലും മിക്കതും അതിനേക്കാൾ അഗാധവും വലിപ്പമുള്ളവയുമാണെന്ന് കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്.

ഭൂഖണ്ഡത്തിട്ട്, ഭൂഖണ്ഡചായ്‌വ്, ഭൂഖണ്ഡഉന്നതി എന്നിവയെല്ലാം ചേർന്നു നിലകൊള്ളുന്ന മൊത്തം പ്രദേശത്തെയും ഉൾക്കൊള്ളിച്ചുകൊണ്ട് ഭൂഖണ്ഡാതിര് (continental margin) എന്ന പദം പ്രയോഗിച്ച് വരുന്നുണ്ട്. മൊത്തം സമുദ്ര വിസ്തൃതിയുടെ 28 ശതമാനം ഭാഗം ഭൂഖണ്ഡാതിരുകൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. ഭൂഖണ്ഡാതിരുകളുടെ പ്രകൃതത്തെ സ്വാധീനിക്കുന്ന ഘടകങ്ങളാണ് ഭൂവൽക്കവിരൂപണ പ്രക്രിയകൾ, സമുദ്രജലനിരപ്പ് വ്യതിയാനങ്ങൾ, പ്രധാന നദികളുടെ സാമീപ്യം, അവസാദ ലഭ്യതയുടെ അളവ്, ഊർജാവസ്ഥകൾ (സമുദ്ര തിരമാലകളുടെയും പ്രവാഹങ്ങളുടെയും കരുത്ത്) മുതലായവ.

ഫലകവിവർത്തനികത്തിന്റെ പശ്ചാത്തലത്തിൽ നിരീക്ഷിച്ചാൽ ഭൂഖണ്ഡാതിരുകളെ രണ്ട് വിഭാഗമായി കാണാം. (1) നിഷ്ക്രിയാതിരുകളും (Passive margins) - ഫലകസീമകളോട് ചേർന്ന് നിൽക്കാത്തവയും (2) സക്രിയാതിരുകളും (active margins) ഫലകസീമകളോട് ചേർന്ന് കിടക്കുന്നവയും.

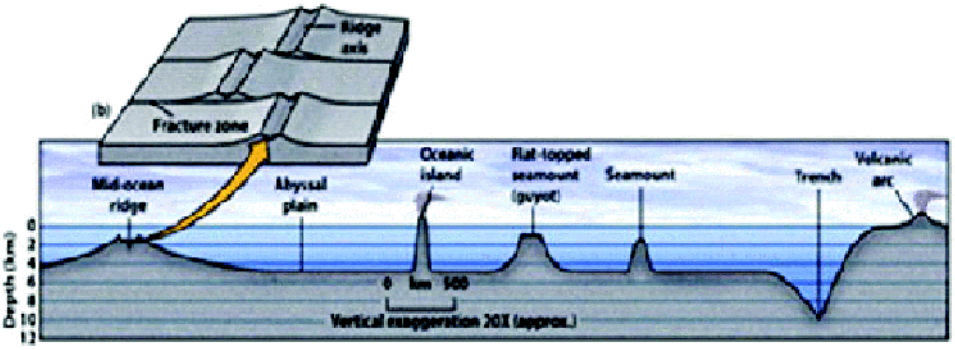
iii) അഗാധ സമതലങ്ങൾ (Abyssal plains)

ഭൂഖണ്ഡ ചായ്‌വിന്റെ അഗ്രഭാഗത്തിനപ്പുറം സമുദ്രഭാഗത്തേക്ക് വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്നു അഗാധസമതലപ്രദേശങ്ങൾ. ഭൂഖണ്ഡാതിരുകളിൽ നിന്നുമാരംഭിച്ച് തുറസായ സമുദ്രാഗാധതകളിലേക്ക് തുടരുന്നതാണ് സമുദ്രാഗാധ സമതലങ്ങൾ (ചിത്രം 9.8). തുറസ്സായ സമുദ്രതടത്തിലെ ഈ സമുദ്രാന്തര സമതലങ്ങൾക്ക് ശരാശരി 3000 ത്തിനും 6000 ത്തിനുമിടയിൽ മീറ്റർ ആഴം കാണപ്പെടുന്നു. അഗാധസമതലങ്ങളുടെ ഉപരിതല ചരിവ് മിക്കപ്പോഴും 1000 ത്തിന് 1 എന്ന അളവിലും കുറവായിരിക്കും. അങ്ങേയറ്റം പരന്ന വിതാനത്തിലുള്ള ഈ പ്രദേശങ്ങൾ, ഭൂമിയിലെ ഏറ്റവും വലിയ പരപ്പുള്ള സമതലങ്ങളാണെന്ന് മാത്രമല്ല അഗാധ സമുദ്രതടങ്ങളുടെ ഏതാണ്ട് പകുതിയോളം ഭാഗത്തോളം ഉൾക്കൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നുണ്ട്. ഉത്തര അറ്റ്‌ലാന്റിക്കിലെ സോം സമതലത്തിന് (Sohm plain) മാത്രം ഉദ്ദേശം 9,00,000 ചതുരശ്ര കി.മീ വിസ്തൃതിയുണ്ട്. അഗാധ സമതലങ്ങളിൽ കൂടുതലും ഏറ്റവും വലുതുമെല്ലാം അറ്റ്‌ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിലാകുന്നു. ഇന്ത്യൻ സമുദ്രത്തിൽ അവ അത്ര കൂടുതലില്ല. എന്നാൽ പസിഫിക് സമുദ്രത്തിലാകട്ടെ വളരെ അപൂർവ്വവും ഉള്ളവ തന്നെ ചെറിയതും അതിർത്തി കടലുകളുടെ പരന്ന തടങ്ങളായോ ഗർത്തങ്ങളുടെ വീതി കുറഞ്ഞതും നീളമുള്ളതുമായ അടിത്തട്ടായിട്ടോ ആണ് കാണപ്പെടുന്നത്. സമുദ്രതടത്തിലെ ക്രമരഹിതമായ സ്ഥലഘടനകളെയോ, മുമ്പുണ്ടായിരുന്ന കുന്നുകളെയോ മാർദ്ദവമാക്കിക്കൊണ്ട്, അഗാധ തലങ്ങളിലെ താഴ്ചകളിൽ അടിഞ്ഞ് കൂടിയ കരജന്യ അവസാദങ്ങളാൽ ആവരണം ചെയ്യപ്പെട്ടു കിടക്കുകയാണ് ഈ അഗാധസമതലങ്ങളെന്ന് കരുതപ്പെടുന്നു. സമുദ്രഭൂവൽക്കത്തിലെ ബസാൾട്ടിക്ക് ശിലകൾക്ക് മുകളിൽ അടിഞ്ഞ് കൂടിയ 5 കിലോമീറ്ററോളം കനം വരുന്ന അവസാദങ്ങളുടെ ആവരണമാണ് ഇത്തരം സമതലങ്ങളുടെ പരപ്പിന് കാരണമാകുന്നത്. മുമ്പുള്ള സ്ഥലഘടനയിൽ പൂർണ്ണമായി അവസാദങ്ങളാൽ മറയ്ക്കപ്പെടാതെ അവശേഷിക്കുന്നവ അഗാധ സമതലങ്ങളിൽ ഒറ്റപ്പെട്ട് ഉയർന്ന് നിൽക്കുന്ന അഗ്നിപർവ്വതജന്യകുന്നുകളോ, കുന്നിൻ സമൂഹങ്ങളായോ ആയി നിലകൊള്ളുന്നു. ഭൂഖണ്ഡാതിരുകളിൽ നിന്നുള്ള അവസാദങ്ങൾ ഭൂഖണ്ഡചായ്‌വുകളിൽ അടിഞ്ഞ് കൂടുന്നുണ്ടെന്ന് നിങ്ങൾ നേരത്തെ മനസിലാക്കിയിട്ടുണ്ടല്ലോ. നെടിയ തരം



ചിത്രം 9.8 അഗാധ സമുദ്ര മേഖലയും അഗാധ സമതലവും

അവസാദങ്ങളടങ്ങിയ ഇത്തരം പ്രദേശങ്ങളിൽ ഇടയ്ക്കുണ്ടാകുന്ന ഉരുളിടിച്ചിൽ നിമിത്തം സംക്ഷുബ്ധ/പ്രക്ഷുബ്ധ പ്രവാഹങ്ങളെന്നറിയപ്പെടുന്ന സാന്ദ്രമായ ഒരു തരം അവസാദവാഹക ചെളികളെയുണ്ടാക്കിയെടുക്കുന്നുണ്ട്. ഇവ ഗുരുത്വാകർഷണബലത്തിനനുസൃതമായി ചെരിവുകളിലൂടെ താഴേക്ക് ഒഴുകുകയും ചെയ്യുന്നതാണ്. ഈ പ്രക്ഷുബ്ധ പ്രവാഹങ്ങളിലടങ്ങിയിരിക്കുന്ന അവസാദങ്ങളുടെ ഒരു ഭാഗം ഭൂഖണ്ഡചായ്‌വിന്റെ അടിവാരത്ത് അടിഞ്ഞ് കൂടി ഭൂഖണ്ഡ ഉന്നതികളെ സൃഷ്ടിച്ചെടുക്കുന്നു. എന്നാൽ കുറെ നെടിയതരം അവസാദങ്ങൾ അഗാധതലങ്ങളിലെ താഴ്ചകളിലേക്കെത്തിച്ചേരുന്നുണ്ട്. സെന്റിമീറ്ററിന്റെ ഒരംശം മുതൽ മീറ്ററുകൾ കനത്തിൽ മണലും ചെളിയും ചരലുമടങ്ങിയ തിരശ്ചീന പാളികൾ, അഗാധ സമതലാവസാദങ്ങളുടെ 2 മുതൽ 90 ശതമാനം വരെ ഉൾക്കൊള്ളുന്നു. അഗാധ സമതലങ്ങളും മറ്റ് സമുദ്രതട ടോപോഗ്രഫിക് രൂപങ്ങളും തമ്മിലുള്ള ബന്ധം ചിത്രം 9.9 എടുത്ത് കാണിക്കുന്നു.



ചിത്രം 9.9 - സമുദ്രതട ടോപോഗ്രഫിക് രൂപങ്ങൾ

9.4.1 അഗാധ സമുദ്രതടത്തിലെ സവിശേഷ രൂപങ്ങൾ (Features of the Deep Ocean Floor)

സമുദ്രാന്തര വരമ്പ് വ്യൂഹം/സമുദ്രാന്തര പർവ്വതനിരാ വ്യൂഹം ആണ് അഗാധസമതലങ്ങളിലെ ഏറ്റവും പ്രാമുഖ്യമുള്ള സമുദ്രാന്തര വിശേഷ രൂപം. അഗാധക്കുന്നുകൾ (abyssal hills), തലപരപ്പൻ കുന്നുകൾ/ഗയോകൾ (Guyots) ചെങ്കുത്തായ കടൽ കുന്നുകൾ (Sea scarps) തുടങ്ങിയ പലതും അഗാധതലങ്ങളിലെ സവിശേഷ ഭൂരൂപങ്ങളായി നിലകൊള്ളുന്നു. താഴെയുള്ള ശിലകളെ പൂർണ്ണമായും ആവരണം ചെയ്യാൻ മാത്രം അവസാദങ്ങൾക്ക് കനമില്ലാത്തിടത്താണ് ഇത്തരം ഭൂരൂപങ്ങളൊക്കെ നിലകൊള്ളുന്നത്.

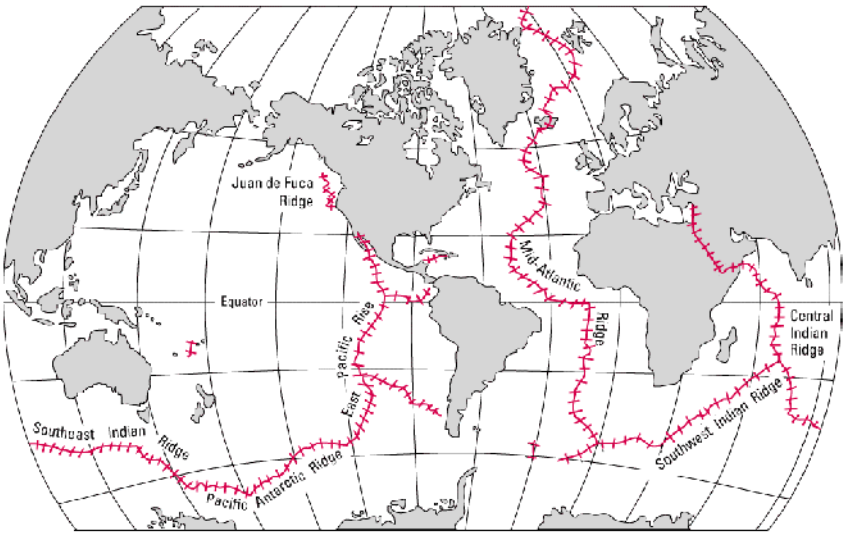
i) സമുദ്രാന്തരവരമ്പ് വ്യൂഹം (Oceanic Ridge System)

സമുദ്രാന്തരവരമ്പ് (മധ്യ സമുദ്രാന്തര പർവ്വതനിര എന്ന പേരിലും അറിയപ്പെടുന്നു) അതിന്റെ പേര് സൂചിപ്പിക്കുന്നത് പോലെ ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾക്കിടയിലൂടെ മിക്ക സമുദ്രങ്ങ

ളുടെയും മധ്യഭാഗത്തുകൂടെ കടന്ന് പോകുന്ന പർവ്വത നിരകളാണ്. ലോക സമുദ്രത്തിലൂടെയൊന്നാകെ ഏകദേശം 80,000 കി.മീ വ്യാപ്തിയിൽ തുടർച്ചയായി കിടക്കുന്ന പർവ്വതനിരകളാണ് സമുദ്രാന്തരവരമ്പ് വ്യൂഹം. സമുദ്രജലത്തിൽ ഏതാണ്ട് മുഴുവനായും മറഞ്ഞ് കിടക്കുകയാണ് ഈ പർവ്വത നിരകൾ. വേറിട്ട് നോക്കിയാൽ സമുദ്രാന്തര പർവ്വത നിരകൾ സമുദ്രതടങ്ങളിലെ ഏറ്റവും വലിയ സവിശേഷ ഭൂപ്രകൃതി തന്നെയാണ്.

സമുദ്രാന്തര വരമ്പുകൾ എല്ലാ സമുദ്രതടങ്ങളിലും നിലകൊള്ളുന്നതായും മൊത്തം ഭൂമിയെ ചുറ്റിക്കെട്ടി കിടക്കുന്നതായും കാണപ്പെടുന്നു. ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ, സമുദ്രതടങ്ങൾ എന്നിവ കഴിഞ്ഞാൽ ഭൗമോപരിതലത്തിലെ മൂന്നാമത്തെ സവിശേഷ ഭൂരൂപമാണ് സമുദ്രാന്തരവരമ്പ് വ്യൂഹമെന്ന് ചിത്രം 9.10ൽ നിന്നും നിങ്ങൾക്ക് മനസ്സിലാക്കാവുന്നതാണ്. വിവർത്തനിക ഫലകങ്ങൾ അകന്ന് നീങ്ങുന്ന വിയോജന സീമകളിൽ മാഗ്മ ഇരച്ച് കയറി നികത്തപ്പെട്ട് രൂപപ്പെടുന്നതാണ് സമുദ്രാന്തര വരമ്പുകൾ. ഈ വരമ്പ് വ്യൂഹങ്ങളുടെ അക്ഷതലത്തിലൂടെ പ്രത്യേകമായ ഒരു പിളർപ്പ് തന്നെ കടന്ന് പോകുന്നുണ്ട്. മധ്യസമുദ്രാന്തര വരമ്പിൽ നിന്നും സമുദ്രഗർത്തങ്ങളിലേക്ക് മാന്റിലിലൂടെയുള്ള ചംക്രമണ ചലനത്തിന്റെ ഫലമായി ഫലകാതിരുകളോട് ചേർന്ന് അഗാധ താഴ്വരകളും സമുദ്രഗർത്തങ്ങളുമെല്ലാം സംജാതമായിട്ടുണ്ട്. സമുദ്രാന്തര വരമ്പുകൾ ആദ്യകാലത്ത് മധ്യസമുദ്രാന്തര വരമ്പുകളെന്ന പേരിലാണറിയപ്പെട്ടിരുന്നത്. എന്നാൽ പൂർവ്വ പസിഫിക് ഉന്നതി (East Pacific Rise) പോലെയുള്ള പല വലിയ സമുദ്ര വരമ്പുകളും സമുദ്രങ്ങളുടെ മധ്യഭാഗത്ത് കൂടെയല്ല കടന്ന് പോകുന്നത്. അതിനാൽ ഇവ സമുദ്രാന്തരവരമ്പുകൾ (സമുദ്രന്തര പർവ്വതനിരകൾ) എന്ന് ചുരുക്കിയാണ് അറിയപ്പെടാറുള്ളത്.

അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ തെക്ക് വടക്ക് അക്ഷത്തിലായി കിടക്കുന്ന ഒരു സമുദ്രാന്തരവരമ്പാണ് മധ്യഅറ്റ്ലാന്റിക് വരമ്പ്. ആർട്ടിക് സമുദ്രം മുതൽ ആഫ്രിക്കയുടെ



ചിത്രം 9.10 സമുദ്രാന്തര വരമ്പ് വ്യൂഹം

തെക്കെ അറ്റംവരെ ഏകദേശം 16,000 കി.മീറ്റർ നീളത്തിൽ വർത്തുളമായ പാതയിലായി വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്ന ഒരു വലിയ പർവ്വത നിരയാണിത്. അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തെ വിഭജിച്ചുകൊണ്ട് ഇരുവശത്തുമുള്ള ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിൽ നിന്നും ഏറെക്കുറെ തുല്യമായ അകലത്തിലാണ് ഈ വരമ്പ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. ഈ പർവ്വത വരമ്പിന് 16,000 മീറ്റർ വീതി കാണപ്പെടുന്നു. ഈ പർവ്വതനിരകളുടെ ചില ശിഖരങ്ങൾ സമുദ്രജലനിരപ്പിന് മുകളിലായി കാണപ്പെടുമ്പോൾ ദ്വീപുകളോ ദ്വീപസമൂഹങ്ങളായോ ആയി പ്രത്യക്ഷപ്പെടുന്നു. അസോറസ്, സെന്റ് ഹെലീന, സെന്റ് പോൾ റോക്ക്സ്, ട്രിസ്റ്റാൻഡ കൂൻഹ തുടങ്ങിയ ദ്വീപ്സമൂഹങ്ങൾ ഇത്തരത്തിലുള്ളവയാണ്. മധ്യഇന്ത്യൻ വരമ്പ് (Mid-Indian Ridge) എന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്ന ഇന്ത്യൻ സമുദ്രത്തിലെ സമുദ്രാന്തര വരമ്പ് മധ്യഅറ്റ്ലാന്റിക് വരമ്പിന്റെ നേർ തുടർച്ചയാണ്. ഇവ രണ്ടും ലോകവ്യാപകമായി കിടക്കുന്ന സമുദ്രാന്തര വരമ്പ് വ്യൂഹത്തിന്റെ ഭാഗങ്ങളുമാണ്.

ഈ വരമ്പുകൾ സമുദ്രതടത്തിൽ അഗാധ സമതലങ്ങളിൽ നിന്നും 5 കി.മീ ആഴം വരെ ഉയർന്ന് നിൽക്കുകയും ആയിരക്കണക്കിന് കിലോമീറ്റർ വ്യാപ്തിയിലായി പരന്ന് കിടക്കുകയും ചെയ്യുന്നുണ്ട്. പൊതുവെ, ഈ വരമ്പുകളുടെ ഉയർന്ന കൊടുമുടി ഭാഗം ഏകദേശം 2.6 കി.മീ ഏകീകൃത ആഴത്തിൽ ഉയർന്ന് നില്ക്കുന്നുവെന്ന് തീർത്ത് പറയാവുന്നതാണ്. (നേരത്തെ മനസിലാക്കിയത് പോലെ സമുദ്ര ജലനിരപ്പിന് മുകളിൽ വരെയെത്തുന്ന ഭാഗങ്ങളുമുണ്ട്). സമുദ്ര വരമ്പുകളുടെ നെടുകെയുള്ള പരിച്ഛേദം ഏറെക്കുറെ സമിതീയമാണ്. ചില സ്ഥലങ്ങളിൽ ഈ സമുദ്രവരമ്പുകൾ പാർശ്വദിശകളിലേക്ക് സ്ഥാനഭ്രംശം നടന്നതായി കാണിക്കുന്ന ട്രാൻസ്ഫോം ഭ്രംശനങ്ങൾ (transform faults) എന്ന സ്ട്രക്ച്ചറുകളാൽ വിലങ്ങ് സൃഷ്ടിക്കാറുണ്ട്. സമുദ്രവരമ്പുകളുടെ പാർശ്വങ്ങളിൽ വരമ്പിന്റെ പൊതുവായ ഗതിക്ക് സമാന്തരമായി നീണ്ട് കിടക്കുന്ന മല നിരകളും കുന്നുകളുമൊക്കെ സ്പഷ്ടമായി കാണുന്നുണ്ട്.

സമുദ്രതടവ്യാപന കേന്ദ്രമായ സമുദ്രാന്തരവരമ്പുകളുടെ ശിഖരഭാഗങ്ങളിൽ പുതിയ സമുദ്രഭൂവൽക്കം അഥവാ ശിലാമണ്ഡലം (ഭൂവൽക്കവും ഉപരിമാന്റലിന്റെ മുകൾഭാഗവും കൂടി ചേർന്നതാണ് ശിലാമണ്ഡലം അല്ലെങ്കിൽ ലിത്തോസ്ഫിയർ) ഉണ്ടാകുന്നുണ്ട്. പുതിയ ബസാൾട്ടിക് ലാവ ഇടക്കിടെ ഈ സമുദ്രവരമ്പുകളുടെ അക്ഷമേഖലകളിലൂടെ മുകളിലേക്ക് കയറി വന്നു കൊണ്ടാണിത് നടക്കുന്നത്. ഇവിടെ നിന്നും ഇരുവശത്തേക്കുമായി സമുദ്ര തടം വ്യാപിക്കുന്ന മുറക്ക് ഉയർന്ന് വരുന്ന ഈ ലാവ തണുത്ത് ദൃഢീകരിച്ച് താഴ്ന്നിറങ്ങി പാർശ്വഭാഗങ്ങളിൽ അവസാദങ്ങൾ കൊണ്ട് മൂടപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു.

(ii) അഗാധ കയങ്ങൾ/സമുദ്രഗർത്തങ്ങൾ/കിടങ്ങുകൾ (Deep Sea Trenches or Oceanic Trenches)

ആഴമേറിയ സമുദ്രതടങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പ്രധാന സ്ഥലാകൃതീയ സവിശേഷതയാണ് സമുദ്രഗർത്തങ്ങൾ. സമുദ്രത്തിലെ ഏറ്റവും ആഴം കൂടിയ ഭാഗങ്ങളാണിവ. ചില ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ അതിരുകളായി കിടക്കുന്ന സമുദ്രതടങ്ങളിൽ വലിയ വക്രമായ ഗർത്തങ്ങളിലാണ് സമുദ്രത്തിലെ ആഴമേറിയ ഭാഗങ്ങൾ കിടക്കുന്നത്. പല ഗർത്തങ്ങളും 10,000 മീറ്ററിലധികം ആഴത്തിൽ വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്നവയാണ്. ഇവയ്ക്ക് 200 കി.മീറ്റർ വരെ വീതിയും 2400 കി.മീറ്ററോ അതിലധികമോ നീളവും കാണുന്നുണ്ട്. വടക്കെ അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിലെ പ്യൂർട്ടോറിക്കോ ഗർത്തം ഇതിനുദാഹരണമാ

ണ്. പസിഫിക് സമുദ്രത്തിന്റെ അതിരുകളിലായിട്ടാണ് മിക്ക സമുദ്രഗർത്തങ്ങളും കാണപ്പെടുന്നത്. മരിയാന കിടങ്ങിലെ ചലഞ്ചർ ഡീപ്പാണ് രേഖപ്പെടുത്തപ്പെട്ടതിൽ വെച്ചേറ്റവും ആഴം കൂടിയ ഭാഗം. ഇതിന് 11,030 മീറ്റർ ആഴമുണ്ട്.

(iii) ദ്വീപുകമാനങ്ങൾ (Island Arcs)

ശിലാമണ്ഡലഫലകങ്ങൾ നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെടുന്നത് സമുദ്രഗർത്തങ്ങളാകുന്ന ഫലക സീമകളിലാണ്. ആഴത്തിലെത്തുന്ന ഫലകങ്ങൾ ഉരുകി നശിക്കുന്നിടങ്ങളുമാണിവ. അടിയിലേക്ക് തെന്നിയിറങ്ങുന്ന ഫലകങ്ങൾ ഉരുകിയുണ്ടാകുന്ന മാഗ്മ മെല്ലെ ഉപരിതലത്തിലേക്ക് അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളായി പുറത്തുവരുന്നു. സമുദ്രഗർത്തങ്ങൾക്ക് സമാന്തരമായി വക്രരേഖയിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന ഈ അഗ്നിപർവ്വത ദ്വീപസമൂഹങ്ങളെ ദ്വീപുകമാനങ്ങൾ എന്നുപറയുന്നു. ദ്വീപുകമാനത്തിനും അടുത്തുള്ള ഭൂഖണ്ഡത്തിനുമിടയിൽ ഒരു അതിർ സമുദ്രതടം നിലകൊള്ളുന്നുണ്ടാകും. ഉദാഹരണം: ജപ്പാൻ ദ്വീപുകൾ.

(iv) കടലിനടിത്തട്ടിലെ കുന്നുകൾ (Abyssal Hills)

സമുദ്രതടത്തിൽ നിന്നും ഏതാനും ദശ മീറ്ററുകൾ മുതൽ ശത മീറ്ററുകൾ ഉയരത്തിൽ മുകളിലേക്ക് പൊങ്ങി നിൽക്കുന്ന ചെറുകുന്നുകളെയാണ് സമുദ്രാഗാധക്കുന്നുകൾ എന്നു വിളിക്കുന്നത്. സമുദ്രാഗാധക്കുന്നുകൾ പലപ്പോഴും മധ്യസമുദ്രാന്തര പർവത വരമ്പുകൾക്ക് സമാന്തരമായി കാണപ്പെടുന്നതും ഒറ്റയായോ കൂട്ടമായോ നിലകൊള്ളുന്നവയുമാണ്.

(v) സമുദ്രഉന്നതികൾ/കടലുയർച്ചകൾ (Oceanic Rises)

സമുദ്രാന്തര വരമ്പുകളുടെ ഭാഗമല്ലാത്ത നിലയിൽ സമുദ്രതടത്തിൽ നിന്നും ഉയർന്നു നിൽക്കുന്ന ഒറ്റപ്പെട്ട ഭാഗങ്ങളാണ് സമുദ്രഉന്നതികൾ. ഈ ഭൂരൂപങ്ങൾ ചുറ്റുമുള്ള അഗാധ സമതലങ്ങളിൽ നിന്നും നൂറ് കണക്കിന് മീറ്ററുകൾ ഉയർന്ന് കാണപ്പെടുകയും നൂറ് കണക്കിന് കിലോമീറ്ററുകൾ വീതിയോട് കൂടിയവയുമായിരിക്കും. 40 മീറ്റർ മുതൽ 100 മീറ്റർ വരെ ഉയരവും 3 മീറ്റർ മുതൽ 16 കി.മീ.വരെ വീതിയുമുള്ള സമുദ്രാന്തര കുന്നായ ബെർമുഡ ഉന്നതി (ബെർമുഡ ദ്വീപ്) ഒരുദാഹരണമാകുന്നു.

(vi) കടൽക്കുന്നുകൾ (Sea Mounts)

സമുദ്രത്തറകളിൽ നിന്നു പൊങ്ങി ചുരുങ്ങിയത് 1000 മീറ്ററെങ്കിലും ഉയർന്ന് കാണപ്പെടുന്ന വലിയ സമുദ്രാന്തര അഗ്നിപർവ്വത മലകളാണ് കടൽക്കുന്നുകൾ. എല്ലാ പ്രധാന സമുദ്രതടങ്ങളിലും കടൽക്കുന്നുകൾ ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. പസഫിക് സമുദ്രത്തിൽ വളരെയധികം കടൽക്കുന്നുകളുണ്ട്. പസഫിക് സമുദ്രതടത്തിൽ നിന്ന് മാത്രം 1970 കളുടെ അവസാനത്തോടെ 10,000 കടൽക്കുന്നുകൾ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ലോകത്തെ സമുദ്രങ്ങളിൽ ഏകദേശം 20,000 കടൽക്കുന്നുകൾ ഉള്ളതായി കണക്കാക്കുന്നു. സമുദ്രോപരിതലത്തിൽ ദൃശ്യമാകുന്ന കടൽക്കുന്നുകൾ ഹവായിയൻ ദ്വീപുകളെപ്പോലെയുള്ള അഗ്നിപർവ്വത ദ്വീപുകളാണ്. ചെറിയ സമുദ്രാന്തര അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളെ സീനോൾസ് (Sea knolls) എന്നാണു വിളിക്കുന്നത്. ജലോപരിതലത്തിനു താഴെ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന പരന്ന ഉപരിതലത്തോട് കൂടിയ കടൽക്കുന്നുകളെ ഗയോസുകൾ (തലപരപ്പൻ കുന്നുകൾ) എന്നാണ് പറയപ്പെടുന്നത്. ഉത്തരപൂർവ്വ അറ്റ്ലാന്റിക്കിൽ ചുറ്റുമുള്ള കടൽത്തറയിൽ നിന്നും 4000 മീറ്ററിലധികം ഉയരത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ഗ്രേറ്റ്

മീറ്റിയോർ ടേബിൾ മൗണ്ട് (Great Meteor Table Mount) 110 കി.മീ പാദ വ്യാസത്തോട് കൂടിയതാണെന്നറിയുമ്പോൾ ഇത്തരം ആകാരരൂപങ്ങളുടെ വലിപ്പം വ്യക്തമാകുമല്ലോ.

(vii) ഗയോകൾ/പീഠക്കുന്നുകൾ (Guyots/Table Mounts)

പരന്ന ശിഖരത്തോട് കൂടിയ ഒറ്റപ്പെട്ട സമുദ്രാന്തര അഗ്നിപർവ്വതജന്യ മലയാണ് ഗയോ (പീഠക്കുന്ന്/തലപരപ്പൻ കുന്ന്). സമുദ്രജലനിരപ്പിൽ നിന്നും 200 മീറ്ററിലധികം താഴെ നിലകൊള്ളുന്ന ഈ കുന്നുകളുടെ മുകൾഭാഗം തിരമാലകളുടെ പ്രവർത്തനത്താൽ ഛേദിക്കപ്പെട്ട് പോയതാണ്. ഇത്തരം പരന്ന ശിഖരഭാഗങ്ങൾക്ക് 10 കി.മീറ്ററിലധികം വ്യാസം ഉണ്ടായിരിക്കും. (ആർനോൾഡ് ഹെന്റി ഗയോ (Arnold Henry Guyot) എന്ന സ്വിസ് അമേരിക്കൻ ഭൂവിജ്ഞാനീയനോടുള്ള ബഹുമാനാർഥം ഈ തലപരപ്പൻ കുന്നുകൾ ഗയോസ് എന്നപേരിലാണറിയപ്പെടുന്നത്). ഗയോകൾ പസിഫിക് സമുദ്രത്തിലാണ് കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നത്. ഇവയുടെ ശിഖരങ്ങൾ സമുദ്രജല നിരപ്പിൽ നിന്നും 1000 മുതൽ 2000 വരെ മീറ്റർ ആഴത്തിലാണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്.

മധ്യസമുദ്രവരമ്പുകളുടെയും സമുദ്രഉന്നതികളുടെയും ആഴം കുറഞ്ഞ ശിഖരങ്ങളിൽ അഗ്നിപർവ്വത ദ്വീപുകളുടെ രൂപത്തിലാണ് ഗയോകൾ ഉത്ഭവിക്കുന്നത്. ഉത്ഭവസമയത്തും ശേഷവും സമുദ്രതിരമാലകളുടെ പ്രഹരമേറ്റ് അപരദനം സംഭവിച്ച് ഈ ദ്വീപുകളുടെ ശിഖരങ്ങൾ പരന്നുപോകുന്നു. സമുദ്രതടവ്യാപനപ്രക്രിയ മൂലം ഇവ കൂടുതൽ ആഴമുള്ള കടൽ മേഖലകളിലേക്ക് നീങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു.

(viii) കടൽഗുഹകൾ (Submarine Canyons)

ഭൂഖണ്ഡചായ്‌വിലേക്കും അഗാധസമുദ്രതടത്തിലേക്കുമെത്തുന്ന, ഉയർന്ന ഭിത്തികളോടും ക്രമരഹിതമായ തറയോടും കൂടിയ, ഇടുങ്ങിയതും ആഴമേറിയതും V- ആകൃതിയിലുള്ളതുമായ സമുദ്രാന്തര താഴ്‌വരകളാണിവ. ഇത്തരം ഇടുങ്ങിയ, ആഴമേറിയ സമുദ്രാന്തര ഗഹ്വരങ്ങളുടെ ഉത്ഭവം ഇപ്പോഴും ഒരു തർക്ക വിഷയമാണ്. നദീ വ്യൂഹങ്ങളുമായി ഭൗതിക ബന്ധമുള്ള സമുദ്രാന്തര താഴ്‌വരകൾ (ഗഹ്വരങ്ങൾ) തീരദേശത്ത് നിന്നും അഗാധസമുദ്രതടങ്ങളിലേക്ക് അവസാദങ്ങളെ കൊണ്ടുപോകുന്ന പ്രധാന പാതകളിലൊന്നാണ്. യു.എസിന്റെ കിഴക്കൻ തീരത്തെ ജഡ്സൺ താഴ്‌വരയുടെ തുടർച്ചയായി കടലിനടിയിലുള്ള സമുദ്രാന്തരതാഴ്‌വര ഇത്തരത്തിൽ ഏറ്റവും പ്രസിദ്ധമാണ്. സമുദ്രോപരിതലത്തിൽ നിന്നും 4000 മീറ്ററോ അതിലധികമോ താഴെ സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന പല സമുദ്രതാഴ്‌വരകളുമുണ്ട്. ഈ രൂപത്തിലുള്ള താഴ്‌വരകൾ അറ്റ്‌ലാന്റിക്കിലും ഇന്ത്യൻ, പസഫിക് സമുദ്രങ്ങളിലുമുള്ളതായി കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്.

(ix) ഭൂചലനരഹിത വരമ്പുകൾ (Aseismic ridges)

നീണ്ട്, രേഖീയ പർവ്വതീയ ഘടനകളോട് കൂടിയ, സമുദ്രാന്തര വരമ്പുകൾ മിക്ക സമുദ്രങ്ങളുടെയും അഗാധസമതലങ്ങളെ ഛേദിച്ച് കടന്ന് പോകുന്നതായി മനസിലാക്കപ്പെടുന്നു. ഈ വരമ്പുകളിൽ ഭൂചലനങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നില്ല (അതായത് ഇവ ഭൂചലനരഹിതമാണ്). സമുദ്രാന്തര വരമ്പുകളിൽ നിന്നും ഇവയെ വേർതിരിക്കുന്ന ഘടകമാണ് ഭൂകമ്പങ്ങളുടെ അല്ലെങ്കിൽ ഭൂചലനത്തിന്റെ അഭാവമെന്നത്.

പസിഫിക് സമുദ്രത്തിലെ ഹവായിയൻ എംപറർ നിര ഏറ്റവും പ്രസിദ്ധമായ ഭൂചലനരഹിത വരമ്പാണ്. ഹവായിയൻ-എംപറർ നിര, വലിയ ദ്വീപിൽ നിന്നും തുടങ്ങി

കുറൈൽ (Kurile) ഛേദിച്ചു കടന്ന് ഉത്തര പശ്ചിമ പസിഫിക്കിലെ അലൂഷ്യൻ ഗർത്തങ്ങൾ വരെ വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നുണ്ട്. ഹവായിയൻ ഭാഗത്ത് ആയിരം കി.മീറ്ററിൽ ഏതാണ്ട് 18 എന്ന കണക്കിലും എംപറർ ഭാഗത്ത് ആയിരം കി.മീറ്ററിന് 13 എന്ന തോതിലും കടൽ കുന്നുകൾ അല്ലെങ്കിൽ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഈ നിരയുടെ ഏറ്റവും പ്രായക്കുറവുള്ളതും-സമുദ്രജലനിരപ്പിന് മുകളിലേക്കുയർന്ന് കാണപ്പെടുന്നതുമായ ഒരു ഭാഗമാണ് ഹവായ് ദ്വീപുകൾ. ഇന്ത്യൻ സമുദ്രത്തിലെ നയൻന്റി ഈസ്റ്റ് റിഡ്ജും (Ninety East Ridge) ചാഗോസ്-ലക്ഷദ്വീപ് പീഠഭൂമിയും ദക്ഷിണ അറ്റ്ലാന്റിക്കിലെ വാൽവിസ് റിഡ്ജും (Walvis Ridge) റിയോ ഗ്രാൻഡെ റൈസും (Rio Grande Rise) മറ്റ് പ്രമുഖ ഭൂചലനരഹിതവരമ്പുകളിൽപ്പെടുന്നു.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. വൻകരാഭൂവൽക്കത്തിൽ നിന്നും സമുദ്രഭൂവൽക്കത്തിലേക്കുള്ള മാറ്റം നടക്കുന്നത് എവിടെ വെച്ചാണ്?
2. ഒരു മാതൃകാ ഭൂഖണ്ഡാതിരിൽ കാണപ്പെടുന്ന മൂന്ന് സമുദ്രഭാഗ ഘടകങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?
3. ..... ആണ് ഭൂമിയിലെ ഏറ്റവും പരന്ന സ്ഥലങ്ങൾ.
4. .....അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിലെ ഒരു പ്രധാന സമുദ്രവരമ്പിനുദാഹരണമാണ്.

നമുക്ക് ചെയ്തു നോക്കാം

ഒരു അറ്റ്ലസ് എടുത്ത് മധ്യ അറ്റ്ലാന്റിക് പർവ്വത വരമ്പിലെ പ്രധാന ദ്വീപുകളുടെയും ദ്വീപസമൂഹങ്ങളുടെയും ലിസ്റ്റ് തയാറാക്കി അവയെ വടക്ക് നിന്നും തെക്കോട്ടു ക്രമത്തിൽ എഴുതുക.

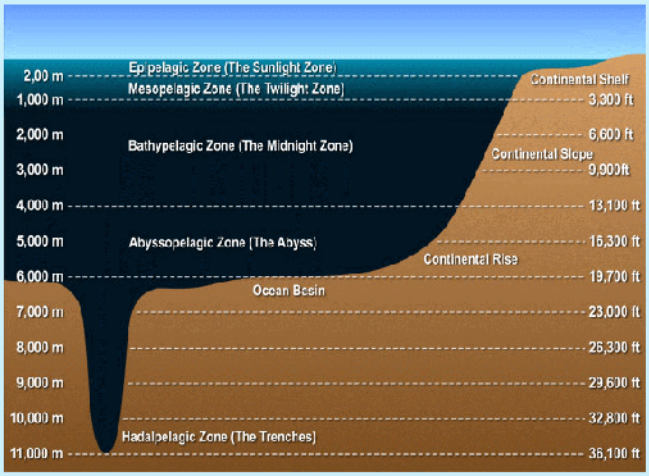
സമുദ്രതടത്തിന്റെ സ്ഥലാകൃതി സവിശേഷതകൾ കാണിക്കുന്ന ഒരു ത്രിമാന മാതൃക തയാറാക്കുക.

സമുദ്ര പരിസ്ഥിതി മേഖലകൾ (OCEANIC ENVIRONMENTAL ZONES)

സമുദ്ര പരിസ്ഥിതിയെ രണ്ട് വലിയ മേഖലകളാക്കി തരം തിരിച്ചിട്ടുണ്ട്. (1) കടൽത്തരിയോട് കൂടിയ ബെൻതിക് മേഖല (benthic realm) 2) സമുദ്ര ജലത്തോട് കൂടിയ പെലാജിക് മേഖല (pelagic realm). ഈ രണ്ട് മേഖലകളും വിവിധ ഉപമേഖലകളായി വെള്ളത്തിന്റെ ആഴത്തിനനുസരിച്ച് വീണ്ടും വിഭജിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്.

സമുദ്രമേഖലകൾ ഉപരിതലത്തിൽ നിന്നും തുടങ്ങി താഴേക്ക് പ്രകാശം പോലും കടന്നെത്താത്ത ഭാഗങ്ങളിലേക്ക് വ്യാപിക്കുകയും വ്യത്യസ്ത തരം സസ്യ-ജന്തുജാലങ്ങളെ ഉൾക്കൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. സമുദ്രത്തെ അഞ്ച് വ്യത്യസ്ത മേഖല

കളാക്കി (ചിത്രം 9.11) ആഴത്തിനനുസരിച്ച് വിഭജിച്ചിരിക്കുന്നു. അവ ചുവടെ കൊടുക്കുന്നു.



ചിത്രം 9.11 സമുദ്ര അഗാധതയിലെ അഞ്ച് പ്രധാന മേഖലകൾ

എ) എപ്പിപെലാജിക് മേഖല (Epipelagic Zone): സമുദ്രോപരിതലത്തിൽ നിന്നും താഴേക്ക് 200 മീറ്റർ ആഴം വരെ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്ന ഉപരിപാളിയാണിത്. ദൃശ്യ സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ കൂടുതൽ ഭാഗവും സ്വീകരിക്കുന്ന ഈ ഉപരിപാളിയെ ഫോട്ടിക് മേഖല (photic zone) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. പ്രകാശം ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്നതിനാൽ ജലം ചൂടാകുന്നതിനനുസരിച്ച് ഈ പാളി ഊഷ്മാവിന്റെ വ്യാപ്തിയിൽ വൈപുല്യം പ്രകടമാക്കുന്നു. സമുദ്ര ജൈവ ലോകത്തിന്റെ 90 ശതമാനവും നിലകൊള്ളുന്നത് ഈ ഫോട്ടിക്മേഖലയിലാണ്.

ബി) മീസോപെലാജിക് മേഖല (Mesopelagic Zone): എപ്പിപെലാജിക് മേഖലക്ക് താഴെയുള്ള ഈ മേഖല 200 മീറ്റർ മുതൽ 1000 മീറ്റർ വരെ ആഴത്തിൽ വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്നു. ഈ മേഖലയിലേക്ക് കുറച്ച് പ്രകാശമേ എത്തിച്ചേരുന്നുള്ളൂ. സന്ധ്യാവെളിച്ചം പോലെ തിളങ്ങുന്ന ഈ പ്രദേശത്ത് വൈവിധ്യമാർന്ന വിചിത്രവും ഭ്രമാത്മകവുമായ ജീവികൾ കാണപ്പെടുന്നു.

സി) ബാത്തിപെലാജിക് മേഖല (Bathypelagic Zone): 1000 മീറ്റർ മുതൽ 4000 മീറ്റർ വരെ ആഴത്തിൽ വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്ന ഈ മേഖല ഇരുണ്ട / അർധരാത്രി പ്രദേശമായി അറിയപ്പെടുന്നു. ഇവിടെ ജീവികൾ സ്വയം പുറപ്പെടുവിക്കുന്ന പ്രകാശം മാത്രമേ ദൃശ്യയോഗ്യമായിട്ടുണ്ടാവുകയുള്ളൂ. ഈ ആഴത്തിൽ ജലത്തിന്റെ മർദ്ദവും ശക്തമാണ്. അത്യുന്നത മർദ്ദത്തിലും അതിശയകരമാം വിധം വലിയ ധാരാളം ജീവജാലങ്ങൾ ഇവിടെ കാണപ്പെടുന്നു. മുന്നിൽ വലിയ പല്ലുകളോട് കൂടിയ തിമിംഗലങ്ങൾ (Sperm whales) ഭക്ഷണം തേടി ഇവിടങ്ങളിലേക്ക് മുങ്ങിപ്പോകാറുണ്ട്. സൂര്യപ്രകാശത്തിന്റെ അഭാവത്തിൽ ഇവിടെയുള്ള ജീവികളിൽ കൂടുതലും ചുവന്നതോ ഇരുണ്ടതോ ആയ നിറത്തോട് കൂടിയവയാണ്.

ഡി) അബീസോ പെലാജിക് മേഖല (Abyssopelagic Zone): അഗാധ മേഖലയായ ഈ പ്രദേശം 4000 മീറ്റർ മുതൽ 6000 മീറ്റർ വരെ ആഴത്തിൽ വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്നു. ജലോഷ്മാവ് ഇവിടെ ഖരാങ്ക (freezing point) ത്തോടടുത്ത് കിടക്കുന്നു. തീരെ പ്രകാശമെത്താത്ത ഈ മേഖലയിൽ വളരെ കുറച്ച് ജീവികളേ കാണപ്പെടുന്നുള്ളൂ. ചെറിയതരം കണവ (tiny squids), ബാസ്ക്കറ്റ് സ്റ്റാർസ് തുടങ്ങിയ അകശേരു ജീവികളാണിവിടെ കൂടുതലായി വസിക്കുന്നത്. കണ്ടെത്തിയതിൽ വച്ചേറ്റവും

ആഴത്തിൽ നിന്നും ലഭിച്ച മത്സ്യം 8372 മീറ്റർ ആഴത്തിൽ പൂർട്ടോറിക്കോ ഗർത്തത്തിൽ നിന്നുള്ളതാണ്.

ഇ) ഹാഡൽപെലാജിക് (Hadalpelagic Zone): സമുദ്രത്തിലെ ആഴമേറിയ ഗർത്തങ്ങളോട് ചേർന്ന് സ്ഥിതിചെയ്യുന്ന സമുദ്ര മേഖലയാണിത്. 6000 മീറ്റർ മുതൽ തുടങ്ങി സമുദ്രത്തിന്റെ ആഴം കൂടിയ മേഖലകളിലേക്ക് ഈ മേഖല വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്നു. ജലോഷ്മാവ് ഖരീകരണത്തിന് തൊട്ടു മുകളിൽ കിടക്കുന്ന ഇവിടം മർദ്ദം അത്യധികമാണ്. ഉയർന്ന മർദ്ദവും താഴ്ന്ന താപനിലയുമാണെങ്കിൽക്കൂടി ജീവൻ ഇവിടെയും കാണപ്പെടുന്നു. നക്ഷത്രമത്സ്യം (star fish), ട്യൂബ്‌വേംസ് (tube worms) പോലെയുള്ള അകശേരു ജീവികൾ സമുദ്രത്തിലെ ഇത്രയും ആഴങ്ങളിൽ നിവസിക്കുന്നതായി കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്.

9.5 സമുദ്രതടത്തിലെ അവസാദങ്ങൾ (Sediments of the Ocean Floor)

അവസാദങ്ങൾ അടിഞ്ഞ് കൂടാൻ അനുവദിക്കാൻ മാത്രം നീണ്ടകാലം ലഭിക്കാത്ത, പുതിയ കടൽത്തറ രൂപീകരണം നടക്കുന്ന, സമുദ്രതട വ്യാപന കേന്ദ്രങ്ങളുടെ ഉയർന്ന ഭാഗങ്ങളിലൊഴികെ, മറ്റെല്ലായിടത്തും സമുദ്രതടങ്ങൾ വ്യത്യസ്ത തരം അവസാദങ്ങളാൽ ആവൃതമാണ്. സമുദ്ര ഭൂവൽക്കത്തിലെ അവസാദങ്ങളുടെ കനം ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ പഴക്കം വർധിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് കൂടുന്നതായി കാണാം. സമുദ്രത്തിലെ അവസാദങ്ങളുടെ ശരാശരി കനം 450 മീറ്ററാണ്. പസഫിക് സമുദ്രത്തിൽ അവസാദങ്ങൾക്ക് ശരാശരി 300 മീറ്റർ മുതൽ 600 മീറ്റർ വരെയും അറ്റ്‌ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിൽ ഏകദേശം 1000 മീറ്ററും കനമുണ്ട്. വൻകരകളോട് ചേർന്ന് കിടക്കുന്ന സമുദ്ര ഭൂവൽക്കം നിരവധി കിലോമീറ്ററുകൾ ആഴത്തിലേക്ക് അവസാദങ്ങളാൽ ആവൃതമായിക്കിടക്കുന്നു.

ഇന്ന് കാണപ്പെടുന്ന സമുദ്രാവസാദങ്ങളെ അവയുടെ സ്ഥാനത്തിനും ഉറവിടത്തിനുമനുസരിച്ചാണ് തരംതിരിച്ചിരിക്കുന്നത്. കടൽത്തട്ടിലെ അവയുടെ സ്ഥാനത്തിനനുസരിച്ച്, സമുദ്രാവസാദങ്ങളെ മൂന്ന് വിഭാഗങ്ങളായി തരം തിരിച്ചിരിക്കുന്നു.

(i) തീരപ്രദേശ നിക്ഷേപങ്ങൾ (Littoral Deposits)

വേലിയേറ്റത്തിന്റെയും വേലിയിറക്കത്തിന്റെയും പരമാവധി പരിധിക്കുള്ളിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന സമുദ്രാവസാദങ്ങളാണിവ. ഉദാഹരണം : ബീച്ച് നിക്ഷേപങ്ങൾ.

(ii) ആഴം കുറഞ്ഞ ജല നിക്ഷേപങ്ങൾ (Shallow water Deposits)

വൻകരാതിട്ടുകളിലും സമാനമായി ദ്വീപുകൾക്കു ചുറ്റും കുറഞ്ഞ ആഴങ്ങളിലും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന സമുദ്രാവസാദങ്ങളാണിവ. ഇവയെ അകം കടൽ (നെറിറ്റിക്) നിക്ഷേപങ്ങളെന്ന് (Neritic depostis) പറയപ്പെടുന്നു.

(iii) ആഴക്കടൽ അവസാദങ്ങൾ (Deep Sea Sediments)

വൻകരാതിട്ടിന്റെ അഗ്രത്തിനുമപ്പുറത്തും സമാനമായ ആഴത്തിൽ ദ്വീപുകൾക്ക് ചുറ്റിലും രൂപം കൊള്ളുന്ന സമുദ്രാവസാദങ്ങളാണിവ.

അവസാദങ്ങളുടെ ഉറവിടത്തിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ സമുദ്രാവസാദങ്ങളെ രണ്ട് വലിയ വിഭാഗങ്ങളായി തിരിച്ചാണ് പഠനവിഷയമാക്കി വരുന്നത്.

i) കരയിലുണ്ടായ അവസാദങ്ങൾ (Terrigenous Sediments)

കരയിലെ വിവിധ ഉറവിടങ്ങളിൽ നിന്നും നദികളാലും കാറ്റ് മൂലവും സമുദ്രങ്ങളിലേക്ക് വഹിക്കപ്പെടുന്ന അവസാദങ്ങളാണ് കരജന്യ അവസാദങ്ങൾ. കരകളോട് ചേർന്ന് നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ട സമുദ്രാവസാദങ്ങൾ കടൽത്തറയുടെ 25 ശതമാനത്തോളം ഭാഗത്തെ ആവരണം ചെയ്യുന്നുണ്ട്. എന്നാൽ വ്യാപ്തത്തിൽ ഇവ മൊത്തം സമുദ്രാവസാദ നിക്ഷേപങ്ങളുടെ 90 ശതമാനത്തോളം വരുന്നുണ്ട് കരയുടെ അതിരിനോട് ചേർന്ന് കിടക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ, വിശേഷിച്ച് വലിയ നദീമുഖങ്ങൾക്കകലെ വലിയ കനത്തിലുള്ള നിക്ഷേപങ്ങളായിട്ട് ഇവ കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ മെല്ലെ വൻകരാതിട്ടുകളുടെ അഗ്രങ്ങളിലൂടെ ആഴക്കടലുകളിലേക്ക് സ്ഥാനചലനം ചെയ്യുന്നുമുണ്ട്. വൻകരാതിട്ടുകളിലെത്തുന്ന കരജന്യാവസാദങ്ങൾ താൽക്കാലികമായി കടൽ ഗുഹകളിൽ സംഭരിക്കപ്പെടാറുണ്ട്. ഇവ പിന്നീട് പ്രക്ഷുബ്ധ പ്രവാഹങ്ങൾ (സാന്ദ്രതാ പ്രവാഹങ്ങൾ) വഹിച്ചുകൊണ്ട് പോയി കൂടുതൽ ആഴമുള്ള സമുദ്രഭാഗങ്ങളിൽ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നു. അങ്ങനെ വൻകരാചായ്‌വിന്റെ പാദഭാഗത്ത് സമുദ്രഗഹ്വരങ്ങളുടെ മുഖഭാഗങ്ങളിൽ ആഴക്കടൽ സമുദ്രാന്തര കൂന (deep-sea submarine fans) കളുടെ രൂപത്തിലുള്ള എക്കൽ കൂനകളായി മാറുന്നു. പ്രക്ഷുബ്ധ ജല പ്രവാഹങ്ങളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്ന ഇത്തരത്തിലുള്ള അഗാധസമുദ്ര അവസാദനിക്ഷേപങ്ങൾ പ്രക്ഷുബ്ധ നിക്ഷേപങ്ങൾ (turbidites) എന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്നു.

ii) പെലാജിക് അവസാദങ്ങൾ (Pelagic Sediments)

സമുദ്രജലത്തിൽ നിന്നും നേരിട്ട് രൂപം കൊള്ളുന്ന സമുദ്രാവസാദങ്ങളെയാണ് പെലാജിക് അവസാദങ്ങൾ എന്ന് പറയുന്നത്. സമുദ്രജലത്തിലൂടെ താഴേക്ക് അടിഞ്ഞ് കൂടുന്നത് മൂലമോ അല്ലെങ്കിൽ ഊറൽ (precipitation) വഴിയോ തുറസ്സായ സമുദ്രങ്ങളിൽ വളരെ സാവധാനത്തിലാണ് ഇവ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നത്. പെലാജിക് അവസാദങ്ങളുടെ അടിഞ്ഞ് കൂടുന്ന തോത് വളരെ സാവധാനത്തിലാണ്. സാധാരണയായി ഒരാണ്ടിൽ ഏതാനും മൈക്രോമീറ്ററുകളിൽ കൂടില്ല ഈ നിരക്ക്. അഗാധ സമുദ്രതടത്തിന്റെ ഏതാണ്ട് 75 ശതമാനം ഭാഗത്തോളം പെലാജിക് അവസാദങ്ങളാൽ ആവൃതമായിക്കിടക്കുന്നു.

സമുദ്രതടത്തിലെ പെലാജിക് അവസാദങ്ങളിൽ ചിലത് കടൽ വെള്ളത്തിൽ നിന്നും നേരിട്ട് ക്രിസ്റ്റലീകരണം നടന്നുണ്ടാകുന്നതായി കാണപ്പെടുന്നു. ഇവയെ ആതിജെനിക് ധാതുക്കൾ (authigenic minerals) എന്ന് വിളിക്കുന്നു. മാംഗനീസ് നോഡ്യൂളുകൾ വളരെ ശ്രദ്ധേയമായ ആതിജെനിക് നിക്ഷേപങ്ങളാണ്. ഇവയ്ക്ക് ശരാശരി 25 സെ.മീ വ്യാസം കാണപ്പെടുന്നു. ഇവ മുറിച്ചു നോക്കിയാൽ മാംഗനീസിന്റെയും ഇരുമ്പിന്റെയും ഓക്സൈഡുകൾക്ക് പുറമെ, വളരെ വിരളമായ പല മൂലകങ്ങളുടെയും ഓക്സൈഡുകളും കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. പസഫിക് സമുദ്രത്തിൽ മാത്രം, അഗാധ സമുദ്രതടങ്ങളുടെ 20 ശതമാനത്തോളം ഭാഗത്ത് ഇവ വ്യാപിച്ച് നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടിട്ടുണ്ടെന്നാണ് ഏകപഠനങ്ങൾ കാണിക്കുന്നത്. ഈ നോഡ്യൂളുകൾ (ഉരുളകൾ) മാംഗനീസിന്റെ മാത്രമല്ല, മറിച്ച് ടൈറ്റാനിയം, ക്രോമിയം പോലുള്ള അപൂർവ്വ മൂലകങ്ങളുടെ കൂടി വാണിജ്യ ഉറവിടങ്ങളായ സുപ്രധാന നിക്ഷേപങ്ങളാണ്.

വളരെയധികം ചെറിയ തരികളോട് കൂടിയ അവസാദ നിക്ഷേപങ്ങളായ ചുവന്ന കളിമണ്ണ് (red clays) അഥവാ തവിട്ട് കളിമണ്ണ് (brown clays) അഗാധ സമതലങ്ങളിൽ പലയിടത്തും നിക്ഷേപങ്ങളായി കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഈ കളിമൺ നിക്ഷേപങ്ങൾ പെലാജിക് (തുറസായ സമുദ്ര) പ്രദേശത്ത് ഉത്ഭവിക്കുന്നവയല്ല, പക്ഷെ കരജന്യ അവസാദങ്ങൾ ആഴം കുറഞ്ഞ സമുദ്ര മേഖലയിൽ നിന്നും ഈ മേഖലകളിലേക്ക് സ്ഥാനചലനം സംഭവിച്ച് രൂപമെടുത്തവയാണ്.

ബയോജെനിക്/ജൈവജന്യ അവസാദങ്ങൾ (Biogenic sediments)

സൂക്ഷ്മ ജീവികളുടെ അവശിഷ്ടങ്ങൾ കൂടുതലായടങ്ങിയ അവസാദങ്ങളാണിവ. പെലാജിക് അവസാദങ്ങളിൽ കൂടുതലും ഊസ് (Oozes) കളാൽ നിർമിതമാണ്. വളരെചെറിയ സൂക്ഷ്മ ജീവികളുടെ കടുപ്പമുള്ള ശരീരഭാഗങ്ങൾ ചുരുങ്ങിയത് 30 ശതമാനമെങ്കിലും കാണപ്പെടുന്ന സമുദ്ര അവസാദങ്ങളാണ് ഊസുകൾ. സമുദ്രജലത്തിൽ അലിഞ്ഞ് ചേർന്നിട്ടുള്ള ധാതുപദാർഥങ്ങൾ കൊണ്ടാണ് ഈ ജീവികൾ അവയുടെ പുറന്തോട് പോലുള്ള കടുപ്പമേറിയ ഭാഗങ്ങളുണ്ടാക്കുന്നത്. ജീവികളുടെ കാലശേഷം, അവയുടെ ഈ ഭാഗങ്ങൾ മെല്ലെ കടൽത്തറയിലേക്ക് താഴ്ന്നടിയുന്നു. രാസഘടനയനുസരിച്ച് ഊസുകളെ രണ്ടായി തിരിക്കാം. i) കാൽക്കേരിയസ് ഊസ് (Calcareous ooze) - കാൽസ്യം കാർബണേറ്റ്/ചുണ്ണാമ്പ് ($CaCo_3$) അടങ്ങിയവ. ii) സൈലീഷ്യസ് ഊസ് (Siliceous ooze)- സിലിക്കാ അല്ലെങ്കിൽ SiO_2 കൊണ്ട് രൂപീകരിക്കപ്പെട്ടവ. കര സമീപ മേഖല (littoral zone) യിലെയും ആഴം കുറഞ്ഞ കടൽ ഭാഗത്തെയും ജൈവ അവസാദങ്ങൾ മിക്കതും കടൽ പായലുകൾ (Sea weeds), പവിഴപ്പുറ്റുകൾ (Corals), കടൽ ചേന (Sea urchins) തുടങ്ങിയവയുടെ കഠിന ശരീരഭാഗങ്ങളടങ്ങിയവയാണ്. ഇവയുടെ പുറം തോടുകളടങ്ങിയ അവസാദങ്ങൾ കരസമീപമേഖലയിലും കടലിന് ആഴമില്ലാത്ത മേഖലകളിലും അനുകൂലമായ ഇടങ്ങളിൽ അടിഞ്ഞ് കൂടി, പൊതുവെ ചിന്നിച്ചിതറിയ നിക്ഷേപങ്ങളായി നിലകൊള്ളുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇവ കാലാന്തരത്തിൽ ഫോസിലുകളടങ്ങിയ സമുദ്ര ചുണ്ണാമ്പ് ശിലകൾ (fossiliferous marine limestone rocks) ആയി മാറുന്നു. കോറലുകളുടെ (പവിഴപ്പുറ്റ്) വളർച്ചയാൽ രൂപീകൃതമാവുന്നതും പ്രകടമായ വലിപ്പത്തോട് കൂടിയതുമായ ചുണ്ണാമ്പ് വരമ്പുകൾ സമുദ്രത്തിലെ ആഴം കുറഞ്ഞ ജല മേഖലകളിലെ ശ്രദ്ധേയമായ ജൈവ നിക്ഷേപങ്ങളാണ്.

9.6 പവിഴപ്പുറ്റുകൾ (Coral Reefs)

കോറൽ പോളിപ്സ് (Coral Polyps) എന്ന പേരിലറിയപ്പെടുന്ന ചില സമുദ്ര ജീവികളാൽ നിർമിക്കപ്പെടുന്ന വളരെ വലിപ്പമേറിയ ചുണ്ണാമ്പ് കല്ല് പുറ്റുകളാണ് പവിഴപ്പുറ്റുകൾ (Coral reefs). പവിഴങ്ങൾ (മൃദുവായ ശരീരത്തോട് കൂടിയ, സമിതീയ ഘടനയോട് കൂടിയ ഒരിനം സമുദ്ര അകശേരു ജീവി) സംരക്ഷണാവശ്യാർഥം നിർമിക്കുന്ന കാൽസ്യം അടങ്ങിയ തോടുകളാണ് പവിഴപ്പുറ്റുകളായി രൂപാന്തരപ്പെടുന്നത്. ദശലക്ഷക്കണക്കിന് കോറലുകളുടെ തോടുകൾ പരസ്പരം ഒട്ടിപ്പിടിച്ച് ആയിരങ്ങൾ മുതൽ ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ കൊണ്ട് വിസ്തൃതിയേറിയ പവിഴപ്പുറ്റുകളായിത്തീരുന്നു. ഘടനപരമായും സങ്കീർണ്ണതയാലും വലിയ വൈവിധ്യം കാണിക്കുന്നുണ്ട് പവിഴപ്പുറ്റുകൾ.

അന്റാർട്ടിക്, പസഫിക്, ഇന്ത്യൻ സമുദ്രങ്ങളിലെ ഉഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശങ്ങളിലാണ് പവിഴപ്പുറ്റുകൾ കാണപ്പെടുന്നത്. ഈ മഹാസമുദ്രതടങ്ങളിലൊന്നാകെ പരക്കെ ചിതറിക്കിടക്കുകയല്ല ഈ പവിഴപ്പുറ്റുകൾ. ഉഷ്ണമേഖല സമുദ്രങ്ങളിലെ ആഴം കുറഞ്ഞഭാഗത്താണ് മിക്ക പവിഴപ്പുറ്റുകളും കേന്ദ്രീകരിച്ചു കിടക്കുന്നത്. ഇത് കേവലം ഒരു യാദൃശ്ചികതയല്ല. കാരണം പവിഴപ്പുറ്റുകളുടെ വലിയ അളവിലുള്ള വിന്യാസം, പുറ്റുകൾ നിർമിക്കുന്ന പവിഴങ്ങളുടെ വളർച്ചക്കാവശ്യമായ സവിശേഷ പരിസ്ഥിതി സാഹചര്യങ്ങൾ ഒത്തുവരുന്നതിനെ ആശ്രയിച്ചാണ് ഇവ രൂപമെടുക്കുന്നത്. പരിസ്ഥിതി ഘടകങ്ങളിലെ വ്യതിയാനങ്ങളോട് സമരസപ്പെട്ട് പോകുവാനുള്ള ശേഷി ഓരോ ഇനം പവിഴങ്ങൾക്കും വ്യത്യസ്തമാണ്. എന്നാൽ, ഒരു പ്രത്യേക താപനിലയോട് ഒത്തു വരുന്ന പരിമിത മേഖലകളിലാണ് ഇവക്ക് ഏറ്റവും നന്നായി നിലകൊള്ളുവാൻ സാധിക്കുന്നത്. അതിനാൽ, ഉഷ്ണമേഖലാ കടൽ പ്രദേശങ്ങളിലെ ആഴം കുറഞ്ഞ ഭാഗമാണ് ഇത്തരം സവിശേഷ സാഹചര്യത്തോടുകൂടി പവിഴപ്പുറ്റുകളുടെ വളർച്ചയ്ക്ക് പാകമായ പരിസ്ഥിതി പ്രദാനം ചെയ്യുന്നത്.

പ്രഥമമായി, പുറ്റുകളുണ്ടാക്കുന്ന പവിഴങ്ങൾക്ക് സൂര്യപ്രകാശം വേണ്ടതുണ്ട്. അതുകൊണ്ട് നല്ല തെളിഞ്ഞ, ആഴം കുറഞ്ഞ സമുദ്രജലത്തിലാണിവ കാണപ്പെടുന്നത്. പവിഴങ്ങളാകുന്ന ജീവികളുടെ പങ്കാളികളായി വർത്തിക്കുന്നതും പവിഴ ജീവികളുടെ സമാനകോശങ്ങളുടെ സംയുക്തഘടന (tissues) അധിവസിക്കുന്നതുമായ പായലുകളുടെ മേലുള്ള ഇവയുടെ ആശ്രിതത്വവും ഇവിടെ പ്രധാനമാണ്. ഏറ്റവും തെളിമയാർന്ന ഉഷ്ണമേഖല കടലുകളിൽ പോലും മുകളിലെ 30 മുതൽ 60 മീറ്റർ വരെയുള്ള ജലപരപ്പിലാണ് പ്രകാശ സംശ്ലേഷണം നടക്കുന്നത്. പുറ്റുകളുണ്ടാക്കുന്ന പവിഴങ്ങൾക്ക് ഉഷ്ണ ജലവുമാവശ്യമാണ്. അപൂർവ്വം ചിലയിനം കോറൽ വർഗങ്ങൾ വർധിത താപനിലയെ അതിജീവിക്കുമെങ്കിലും ദീർഘകാലാതിജീവനം സാധ്യമാകണമെങ്കിൽ താപനില 17° മുതൽ 34° വരയുള്ള പരിധിയിലൊതുങ്ങേണ്ടിയിരിക്കുന്നു.

വിവിധയിനം പവിഴപ്പുറ്റുകൾ (Types of coral reefs)

മൂന്ന് തരം പവിഴപ്പുറ്റുകളെ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. പ്രാന്തീയ കടൽപ്പുറ്റ് (Fringing reef), വിലങ്ങൻ അഥവാ പ്രതിബന്ധ പവിഴപ്പുറ്റ് (Barrier reef), വർത്തുളാകാര പവിഴ ദ്വീപ് (Atoll) എന്നിവയാണിവ (ചിത്രം 9.12)

(1) പ്രാന്തീയ കടൽപ്പുറ്റുകൾ (Fringing Reefs):

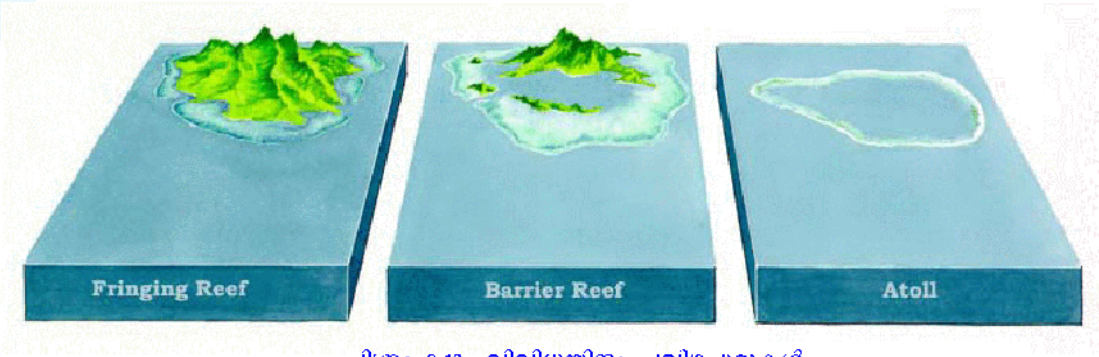
തീരത്തോട് ചേർന്ന് വളരുന്ന പവിഴപ്പുറ്റുകളാണിവ. കടൽഭാഗത്തേക്ക് വെള്ളത്തിലാഴ്ന്നു കിടക്കുന്ന തറകളുടെ രൂപത്തിൽ ഇവ വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നതാണ്.

(2) വിലങ്ങൻ (പ്രതിബന്ധ) പുറ്റുകൾ (Barrier Reefs):

കരയിൽ നിന്നും വിശാലമായ ജലാശയത്താൽ വേർപ്പെട്ടും തീരരേഖക്ക് സമാന്തരമായും കാണപ്പെടുന്നു.

(3) വർത്തുളാകാര പവിഴദ്വീപ് (Atolls):

സമുദ്രത്തിൽ ഒരു താഴ്ന്നു കിടക്കുന്ന ദ്വീപിന്റെ ശീർഷഭാഗത്തെ ചുറ്റി കാണപ്പെടുന്ന വൃത്താകാര പവിഴപ്പുറ്റുകളാണിവ. ഇവ ഇന്ത്യൻ സമുദ്രത്തിലും ദക്ഷിണ പസഫിക് സമുദ്രത്തിലും കൂടുതലായി കാണപ്പെടുന്നു.



ചിത്രം 9.12 വിവിധയിനം പവിഴപ്പുറ്റുകൾ

ഇന്ത്യയിലെ പവിഴപ്പുറ്റുകൾ (Coral Reefs of India)

മിതോഷ്ണ കാലാവസ്ഥയും 7500 കി.മീറ്റർ വ്യാപ്തിയിൽ കടൽത്തീരവുമുള്ള ഇന്ത്യയിൽ വളരെക്കുറഞ്ഞ ഭാഗങ്ങളിൽ മാത്രമേ പവിഴപ്പുറ്റുകളുള്ളൂ. ബംഗാൾ ഉൾക്കടലിൽ പവിഴപ്പുറ്റുകളുടെ അഭാവത്തിന് കാരണം, നദികൾ ഒഴുക്കിക്കൊണ്ട് വരുന്ന വർധിത അളവിലുള്ള ശുദ്ധജലവും ചളിയുമാണ്. പുറമെ ശക്തമായ മൺസൂൺ വർഷപാതവും തീരരേഖയിലെ ഉയർന്ന ജന സാന്നിധ്യവും കൂടി കാരണമാകുന്നുണ്ട്.

ഇന്ത്യയുടെ മുഖ്യ വൻകരാതീരത്ത് വളരെയധികം വേർപെട്ട് കിടക്കുന്ന രണ്ട് പവിഴപുറ്റ് പ്രദേശങ്ങളാണുള്ളത്: വടക്ക് പടിഞ്ഞാറ് ഭാഗത്ത് കച്ച് ഗൾഫും (ലോകത്തിലെ വടക്കെ അറ്റത്തെ പുറ്റാണിത്), പാക്ക് ഉൾക്കടലും തെക്ക് കിഴക്ക് ഭാഗത്ത് മാന്നാർ ഗൾഫും (ചെറു ദ്വീപുകളോട് ചേർന്ന് കാണുന്ന നിരവധി പ്രാന്തീയ കടൽ പുറ്റുകൾ) ഇവയിൽപ്പെടുന്നു.

വ്യാപകമായ അളവിൽ പുറ്റുകൾ വളർന്ന് കാണപ്പെടുന്ന ഇന്ത്യയിലെ ബാഹ്യ തീര ദ്വീപ സമൂഹങ്ങളാണ് ബംഗാൾ ഉൾക്കടലിലെ ആന്തമാൻ-നിക്കോബാർ ദ്വീപുകളും അറബിക്കടലിലെ ലക്ഷദ്വീപ് ദ്വീപ്സമൂഹങ്ങളും. ആന്തമാൻ-നിക്കോബാർ ദ്വീപുകളിൽ പ്രാന്തീയ പുറ്റുകളും 320 കി.മീറ്റർ നീളത്തിൽ പടിഞ്ഞാറെ തീരത്ത് വിലങ്ങൻ പുറ്റുകളുമുണ്ട്. ലക്ഷദ്വീപ് ദ്വീപ്സമൂഹങ്ങൾ മിക്കതും വൃത്താകാര പവിഴ ദ്വീപുകളാൽ (atolls) നിർമിതമാണ്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. രണ്ടിനം പെലാജിക് അവസാദങ്ങളേവ?
2. കരയിൽ നിന്നുമകലെ സമുദ്രജലത്തിലെ ഊറൽ മൂലമുണ്ടാകുന്ന അവസാദങ്ങൾ ..... എന്നറിയപ്പെടുന്നു.
3. വിലങ്ങൻ പവിഴപ്പുറ്റുകൾ എന്നാലെന്ത്?

നമുക്ക് ചെയ്തു നോക്കാം

ഇന്ത്യൻ ഉപഭൂഖണ്ഡത്തിനോട് ചേർന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന വിവിധതരം പവിഴപ്പുറ്റുകളുടെ ചിത്രങ്ങൾ ശേഖരിക്കുക.

9.7. തീരപ്രദേശത്തെ ജിയോളജിക്കൽ പ്രക്രിയകൾ (Geological Processes of Coastal Zone)

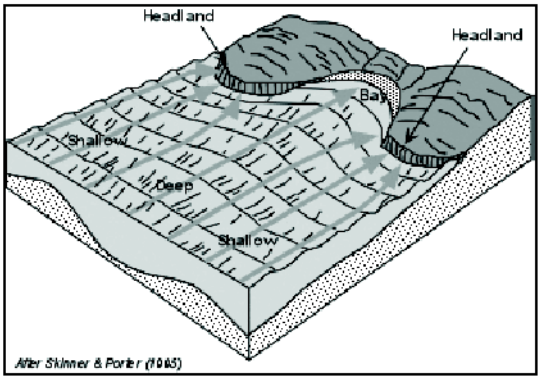
തീരദേശ പ്രക്രിയകൾ ഭൗമ പ്രക്രിയകളിൽ ഏറ്റവും ചലനാത്മകമായ ഒന്നാകുന്നു. പല തീരങ്ങളുടെയും രൂപരേഖയിൽ വരുന്ന മാറ്റം വാർഷിക (ചുരുങ്ങിയ) കാലയളവ് മാനദണ്ഡമാക്കി തന്നെ നിരീക്ഷിക്കാവുന്നതാണ്. കടലിൽ കാറ്റ് മൂലം രൂപപ്പെടുന്ന തിരമാലകൾ തല്ലിവീഴുന്നതിലൂടെ വർധിത അളവിലുള്ള ഊർജം വൻകരകളുടെ തീരത്ത് വിമോചനം ചെയ്യപ്പെടുകയും തീരപ്രദേശത്തിന് നിരന്തരമായ രൂപമാറ്റം വരുത്തുകയും ചെയ്യുന്നു.

9.7.1 തീരദേശത്തെ അപരദന പ്രക്രിയകൾ (Erosional processes of the coastal zone)

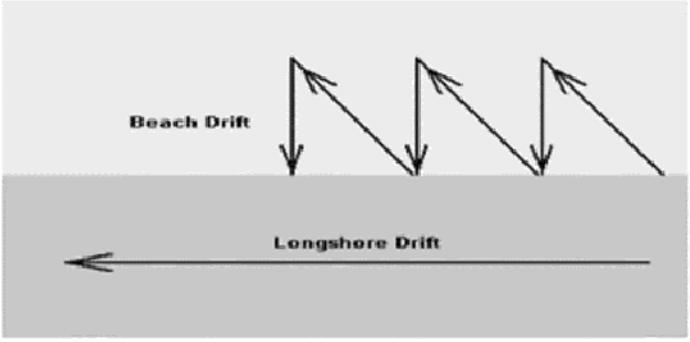
തീരദേശത്ത് പാറ, മണ്ണ് മറ്റ് ജൈവിക അജൈവിക ഭൗമ വസ്തുക്കൾ തുടങ്ങിയവയെല്ലാം അപരദനത്തിന് വിധേയമാകുന്നുണ്ട്. വിവർത്തനികപ്രക്രിയ, സമുദ്രജല നിരപ്പ് വ്യതിയാനങ്ങൾ, തിരമാലകളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ എന്നിവയെല്ലാം തീരദേശഭൂരൂപങ്ങളുടെ പ്രകൃതത്തെയും ഘടനയെയും സ്വാധീനിക്കുന്ന മുഖ്യ ഘടകങ്ങളാണ്. തിരമാലകളും വേലിയേറ്റ വേലിയിറക്ക പ്രതിഭാസങ്ങളും തീരരേഖകളെയും ബാധിക്കുന്നുണ്ട്. ഹൈഡ്രോളിക് പ്രവർത്തനം (മുനമ്പുകളിൽ നിന്നും ശിലാഖണ്ഡങ്ങൾ തിരമാലകളുടെ ശക്തിയാൽ അടർന്നു പോകൽ), അബ്രേഷൻ അഥവാ കൊറേഷൻ (ശിലാശകലങ്ങൾ മുനമ്പ് ഭാഗത്തെ ശിലകളുമായി ഉരസി അപഘർഷണം നടത്തിയുള്ള അപരദന പ്രക്രിയ), അട്രീഷൻ (ശിലാശകലങ്ങൾ പരസ്പരം കൂട്ടിയിടിച്ച് ചെറുതാകൽ) എന്നീ പ്രക്രിയകൾ വഴിയാണ് തിരമാലകളാൽ അപരദനവും അനുബന്ധമായ അവസാദ പ്രവാഹവും നടക്കുന്നത്.

എ) കടലോരജല പ്രവാഹവും കടലോരഅവസാദ ചലനവും (Long shore current and long shore drift)

തിരമാലകൾ തീരത്തേക്കടിക്കുമ്പോൾ വെള്ളം കയറുന്നതിനനുസരിച്ച് ബീച്ചിലൂടെ അവസാദങ്ങളെ മേല്പോട്ട് കയറ്റിക്കൊണ്ട് വരികയും വെള്ളം താഴോട്ടിറങ്ങിപ്പോകുമ്പോൾ അവസാദങ്ങളെ കീഴോട്ട് ഒലിച്ചിറക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. പൊതുവെ, തിരമാലകൾ തീരത്തിന് സമാന്തരമായി തീരരേഖയെ സമീപിക്കാറില്ല. ഒരു പ്രത്യേക കോണളവിലായി തിരമാലകൾ ബീച്ചിലേക്കെത്തുമ്പോൾ, ആഴം കുറവുള്ള ഭാഗത്തെ തിരകൾ വേഗത കുറഞ്ഞ്, തീരത്ത് നിന്ന് അല്പം അകലെയായിക്കിടക്കുന്ന ഭാഗത്തെ തിരകൾ കൂടുതൽ മുമ്പോട്ട് ഗമിക്കു



ചിത്രം 9.13 മുനമ്പുകളിൽ വച്ചുള്ള സമുദ്രതിരമാലകളുടെ അപവർത്തനം



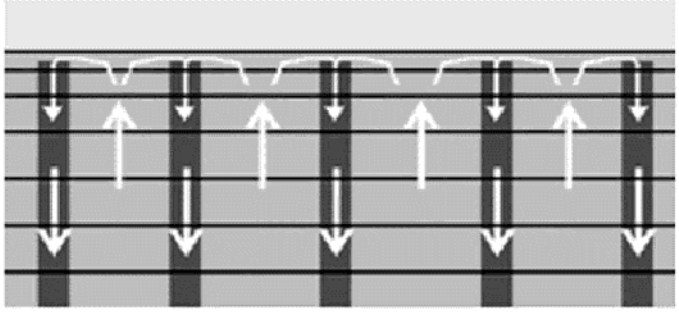
ചിത്രം 9.14 കടലോര സമുദ്രജല പ്രവാഹം

ന്നതിനിടയാകുന്നതുമാണ്. അങ്ങനെ തിരമാലകൾ അപവർത്തനത്തിന് (വളയൽ) വിധേയമായി അല്പം സമാന്തരമായി തീരത്തേക്കടിക്കാൻ കാരണമാകുന്നു. തിരമാലകളുടെ അപവർത്തനം മൂലം തിരയുടെ ശക്തി തീരത്തെ മുനമ്പുകളിലേക്ക് കൂടുതലായി കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടുന്നതാണ് (ചിത്രം 9.13) അതേ സമയം ഉൾക്കടൽ ഭാഗങ്ങളിൽ തിരമാലകൾ ക്ഷയോന്മുഖമായിരിക്കുകയും ചെയ്തിരിക്കും. മുനമ്പുകളായി കിടക്കുന്ന ഭാഗത്തിന് ചുറ്റും താരതമ്യേന വലിയ തിരകൾ കാണപ്പെടുന്നതാണ്. ഉൾക്കടലുകളിൽ വെള്ളം ശാന്തമായതിനാൽ (അതുകൊണ്ടു തന്നെ കപ്പൽ നങ്കൂരമിടാൻ അനുയോജ്യമായിരിക്കും) നിക്ഷേപണം നടക്കുന്ന ഇടങ്ങളാണ്.

തിരമാലകൾ തീരരേഖയിലടിക്കുന്നത് അല്പം ചരിഞ്ഞ ഒരു കോണിലായതിനാലാണ് കടലോര ജല പ്രവാഹം (Long shore current) ഉടലെടുക്കുന്നത്. അപവർത്തനത്തിന് ശേഷവും മിക്ക തിരമാലകളും അല്പം ചരിഞ്ഞ കോണിലായിട്ട് തന്നെയാണ് തീരരേഖയിലെത്തുക (ചിത്രം 9.14) അത്തരം തിരകളുടെ പ്രവേഗം തരംഗശിഖയ്ക്ക് ലംബമായ ഒരു ദിശയിലേക്ക് തിരിക്കപ്പെടും. അതേസമയം തീരത്തിന് ലംബമായ ഒരു ഘടകമായും (Vp) തീരത്തിന് സമാന്തരമായ മറ്റൊരു ഘടകമായും (V_1) ഇത് തിരിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നതാണ്. തീരത്തിന് സമാന്തരമായ ഘടകത്തിന് അവസാദങ്ങളെ ചലിപ്പിക്കാനാവുന്നതാണ്. ഇതിനെയാണ് കടലോര അവസാദ ചലനമെന്ന് വിളിക്കുന്നത്. തീരത്തിന് സമാന്തരമായി തീരത്തിനടുത്തുള്ള അവസാദങ്ങളുടെ ചലനമാണ് കടലോര അവസാദ ചലനമെന്ന് സാരം.

ബി) റിപ് കറന്റ്സ് (Rip Currents)

തിരകൾ പൊട്ടി വെള്ളം പതയായി മാറുന്ന ഭാഗങ്ങളിലൂടെ, തീരത്തിന് ലംബമായി കടൽ ഭാഗത്തേക്ക് ശക്തമായ ജലധാര ഒഴുകുന്നതിനെയാണ് റിപ് കറന്റ് എന്ന് പറയുന്നത് (ചിത്രം 9.15) നേർവര പോലെയുള്ള തീരങ്ങളിൽ തിരമാലകൾ പൊട്ടിയാൽ വെള്ളം തിരിച്ച് കടലിലേക്ക് പരന്ന് പോകാൻ സാധ്യമാവാറില്ല. വീതികുറഞ്ഞ നേർപാതയിലൂടെ തീരത്തിന് ലംബമായി വെള്ളം തിരിച്ചൊഴുകുന്നു. കടൽ ഭാഗത്തേക്കുള്ള വെള്ളത്തിന്റെ ഈ തിരിച്ചൊഴുക്ക് കടലിൽ നീന്തുന്നയാളുകളെ ധ്രുതഗതിയിൽ ആഴംകൂടിയ ഭാഗങ്ങളിലേയ്ക്ക് കൊണ്ട് പോകാനിടയാക്കാറുണ്ട്. ഇത്തരം അപകടകരമായ പ്രവാഹങ്ങളിലകപ്പെടാതെ രക്ഷപ്പെടാൻ, ഒരാൾ തീരത്തിന് സമാന്തരമായി നീന്തുകയും തീരത്തേക്ക് തിരിച്ചെത്താൻ തിരകളെ ആശ്രയിക്കുകയും വേണം.



ചിത്രം 9.15 റിപ് പ്രവാഹങ്ങളുടെ രൂപീകരണം

(സി) ബീച്ച് ഡ്രിഫ്റ്റ് (Beach Drift)

ബീച്ചിലേക്ക് ഒരു പ്രത്യേക കോണിലായി സമീപിക്കുന്ന തിരമാലകൾ, തീരരേഖയ്ക്ക് ലംബമായി തിരികെപ്പോകുന്നതാണ്. വരുന്ന തിരമാലകൾ കയറിയിറങ്ങുന്നതിനാൽ, ബീച്ചിലെ മണൽ തരംഗ ശിഖക്ക് ലംബമായ ദിശയിലേക്ക് കയറ്റുകയും തിരിച്ചുപോകുന്ന വെള്ളം തീരരേഖക്ക് ലംബമായി ബീച്ചിലെ മണലിനെ ഇറക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. തുടരെത്തുടരെയായി എത്തുന്ന തിരകൾ, തീരത്തിലുടനീളം വളഞ്ഞ് പുളഞ്ഞ ഒരു പാതയിലൂടെ മണലിനെ ഇങ്ങനെ നീക്കിക്കൊണ്ടിരിക്കും.

9.7.2 തീരത്തെ അപരദന ഭൂരൂപങ്ങൾ (Erosional Landforms of the Coast)

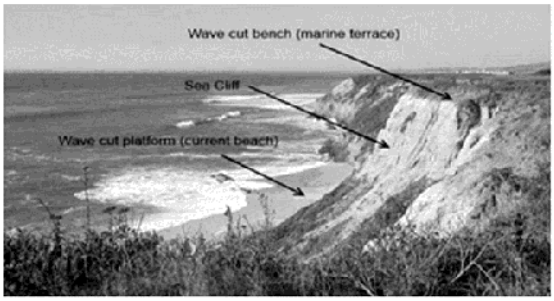
തീരദേശത്ത് പ്രധാനമായും ഉണ്ടാകുന്ന അപരദന ഭൂരൂപങ്ങൾ താഴെ വിവരിക്കുന്നു.

i) തീരദേശത്തെ കിഴുക്കാം തൂക്കായ പാറക്കെട്ടുകൾ (Coastal Cliffs)

ചെങ്കുത്തായതോ, ഏതാണ്ട് കുത്തനെയുള്ളതോ ആയിട്ടുള്ള പ്രകടമായ പാറയെ ഒരു ക്ലിഫ് (Cliff) എന്നാണ് പറയാറുള്ളത്. അപക്ഷയവും അപരദനവും മൂലമാണ് ഇത്തരം ഭൂരൂപങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. ശക്തമായ തിരകളടിക്കുന്ന തീരത്തെ പ്രധാന സവിശേഷതയായി ഇവ കാണപ്പെടാറുണ്ട് (ചിത്രം 9.16). ഇവിടെ തിരകൾ നേരിട്ട് തീരരേഖയിൽ തന്നെ തകർന്ന്, അവയുടെ ഊർജത്തിന്റെ കൂടുതൽ പങ്കും കരയെ അപരദനം നടത്തുന്നതിനായി വിനിയോഗിക്കപ്പെടുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്.

ii) തീരത്തട്ട് (Shore platform or Wave Cut Bench)

തിരമാലകളുടെ അപരദന പ്രക്രിയയായി രൂപപ്പെടുന്നതും, തീരരേഖയിലുടനീളമോ, കടൽ ക്ലിഫുകളുടെ പാദഭാഗത്തോ കാണപ്പെടുന്നതുമായ, ഇടുങ്ങിയതും പരന്നതുമായ തട്ടുകളാണ് തീരത്തട്ടുകൾ (അപഘർഷണതറ/തീരത്തറ/തിരമാല ഛേദിതതറ). (ചിത്രം 9.16). ജലവിതാനത്തിലോ അതിന് മുകളിലോ ആയി മുനമ്പുക

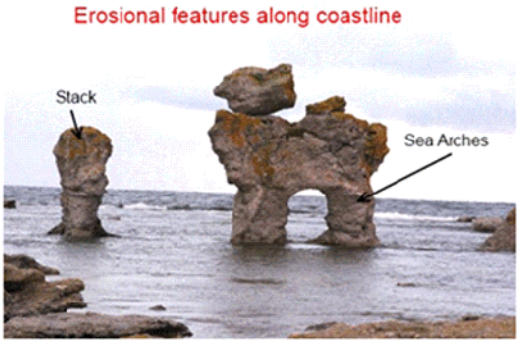


ചിത്രം 9.16 കിഴ്ക്കാം തൂക്കായ കടൽപ്പാറക്കൂട്ടങ്ങളും തിരാഛേദിത തിട്ടുകളും

ളിൽ അപരദനം നടന്നതിന്റെ ശേഷിപ്പുകൾ നിലകൊള്ളുന്നുണ്ടാകും. ചരിവു കുറഞ്ഞ ഈ പാറത്തട്ടുകൾ വേലിയേറ്റ നിരപ്പ് മുതൽ വേലിയിറക്ക ജലനിരപ്പ് വരെ വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്നതായിക്കാണാം. വേലിയിറക്ക സമയത്ത് വിശാലമായ പ്രദേശങ്ങളിൽ വളരെ വ്യക്തമായി ഇത് കാണാൻ കഴിയുന്നതാണ്. ഈ തറകളുടെ കരഭാഗത്തേക്കുള്ള അറ്റം പൊതുവെ ബീച്ചിലെ മണലിൽ ആവൃതമായിക്കിടക്കുകയായിരിക്കും.

iii) കടലോര കൽത്തൂണുകളും കമാനങ്ങളും (Sea Stacks and Arches)

തീരത്ത് ഇടവിട്ട് കഠിനവും മൃദുവായതുമായ ശിലകളാണെങ്കിൽ വ്യത്യസ്ത നിരക്കിൽ അപരദനം നടക്കുകയും മുനമ്പുകളും ഉൾക്കടലുകളുമെല്ലാമടങ്ങിയ ക്രമരഹിതമായ ഒരു തീരരേഖ രൂപം കൊള്ളുന്നതിനിടയാവുകയും ചെയ്യുന്നതാണ്.



ചിത്രം 9.17 കടലോര കൽത്തൂണും കടൽ കമാനവും

തീരത്തിനടുത്ത് കടലിൽ ചെങ്കുത്തായതും ലംബവുമായ ശിലാതൂണുകളുടെ രൂപത്തിൽ ഉണ്ടാകുന്ന അപരദന ഭൂരൂപമാണ് കടൽത്തൂൺ (ചിത്രം 9.17). ബലഹീനമായ ശിലകളോട് കൂടിയ മുനമ്പുകളും കിഴുക്കാം തൂക്കായ പാറക്കൂട്ടങ്ങളുമെല്ലാം ഇടിഞ്ഞ് അടർന്ന് വീണ് വേഗത്തിൽ അപരദനം നടന്ന് ശിലാസ്തംഭങ്ങളായി മാറാൻ സാധ്യത കൂടുതലാണ്. ഗ്രാനൈറ്റ് പോലെയുള്ള കടുപ്പമുള്ള പാറകൾ പ്രത്യേക രീതിയിൽ അപരദനം നടക്കാത്തതിനാൽ ശിലാസ്തംഭങ്ങളായി മാറാറില്ല. തിരമാലകളുടെ അപവർത്തനത്താൽ മുനമ്പ് പ്രദേശങ്ങളിലെ ശിലകൾ, മൂന്ന് ഭാഗങ്ങളിലൂടെയും അപരദനം നടന്ന് ഒറ്റപ്പെട്ട ശിലാസ്തംഭങ്ങളെ അവശേഷിപ്പിക്കാനിടയാക്കുന്നതാണ്.

നിരന്തരമായി അപരദനം നടന്ന് ശിലാസ്തംഭങ്ങൾ തുരന്ന് ഗുഹകളായി മാറുകയും ഗുഹകൾ കൂടുതൽ ഉൾഭാഗത്തേക്ക് അപരദനം സംഭവിച്ച് പ്രകൃതി ദത്ത തുരങ്കമായിത്തീരുകയും ചെയ്തേക്കാം. ഇവ കാലക്രമേണ രണ്ടറ്റവും തുറക്കപ്പെട്ട കടൽ കമാനങ്ങൾ (Sea arches) ഉണ്ടാക്കിയെടുക്കുന്നു. (ചിത്രം 9.17). കടൽ ഗുഹകളുടെ മേൽഭാഗമാണ് ഇത്തരത്തിൽ കമാന രൂപമായിത്തീരുന്നത്. കരയിലേക്ക് തള്ളി നിൽക്കുന്ന മുനമ്പ് ശിലാഗ്രത്തെ കരയുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ഒന്നായി ഈ കമാനം കാണപ്പെടുന്നതാണ്.

9.7.3 തീരദേശത്തെ നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങൾ (Depositional Land forms of the Coastal Zone)

i) ബീച്ച് (Beach)

ഉയർന്ന കടൽ ജലാതിർത്തിക്കും താഴ്ന്ന ജലാതിർത്തിക്കുമിടയിലുള്ള ചരിവ് കുറഞ്ഞ കരഭാഗത്തെയാണ് ബീച്ച് എന്ന് വിളിക്കുന്നത്. അവസാദങ്ങളെ തീരത്തിന് സമാന്തരമായി നീക്കുന്ന കടലോര ജല പ്രവാഹത്തിന്റെയും അവസാദങ്ങളെ തീരത്തേക്ക് വലിച്ചുകൊണ്ടുവരുന്ന തിരമാലകളുടെയും സംയുക്ത പ്രവർത്തനമാണ് ബീച്ചുകളെയു

ണ്ടാക്കുന്നത്. മിക്ക ബീച്ചുകളും ക്വാർട്സ് (മണൽ) അടങ്ങിയതാകാമെങ്കിലും കൂടുതൽ വലിയ ശിലാതരികളായ ചരൽ ഉരുളൻ കല്ല്, ജീവികളുടെ തോട്, കാർബണേറ്റ് അസ്ഥികൂടങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയെല്ലാം അടങ്ങിയ ബീച്ചുകളും കാണപ്പെടുന്നു. മണലടങ്ങിയ ബീച്ചുകൾക്കപ്പുറവും മുനമ്പുകളുടെ പാദഭാഗങ്ങളിലും ശക്തവും ഉയർന്നതുമായ തിരമാലകൾ മണലിനേയും അതിനേക്കാൾ വലിയ ശിലാശകലങ്ങളെയും വഹിച്ചുകൊണ്ടുവരുന്നിടത്ത് ചരിവ് കൂടുതലുള്ള ബീച്ചുകൾ നിലകൊള്ളുന്നുണ്ട്.

ബീച്ചുകൾ ചെറിയ തുണ്ടുകളായും തീരരേഖയിലൂടെ നാഴികകളോളം അകലത്തിൽ വ്യാപിച്ച് കിടക്കുന്നവയായും കാണപ്പെടാം. ബീച്ചുകളിലെ അവസാദങ്ങളിൽ ഭൂരിഭാഗവും നദികൾ മുഖേന കരയിൽ നിന്നും എത്തിയതാണെന്നത് ഒരു പ്രധാന വസ്തുതയാണ്. കടൽ ഭാഗത്തെ കീഴ്ക്കാം തൂക്കായ പാറക്കെട്ടുകൾക്ക് അപക്ഷയം, അപരദനം എന്നിവ സംഭവിച്ചും ഉരുൾപ്പൊട്ടൽ വഴിയും ബീച്ചിലേക്ക് ശിലാശകലങ്ങളെത്തിച്ചേരുകയുമാവാം. തിരമാലകളാൽ കരയിലേക്ക് കയറുന്ന വെള്ളം മണലിനെ തീരത്തേക്കടുപ്പിക്കുമ്പോൾ തിരിച്ച് പോകുന്ന തിരവെള്ളം ചെറിയ വലിപ്പത്തിലുള്ള ചളിയും കളിമണ്ണുമെല്ലാം തിരിച്ച് കടൽഭാഗത്തേക്കൊഴുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. തീരരേഖയ്ക്ക് ചരിവ് തലത്തിലായി കയറി വരുന്ന തിരവെള്ളവും നേരെ കടലിലേക്ക് തിരിച്ചിറങ്ങിപോകുന്ന വെള്ളവും തീരത്തിലൂടെ സഞ്ചരിപ്പിക്കുന്ന അവസാദങ്ങളിൽ നിന്നും അവശേഷിച്ച് നിലനിന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്ന നിക്ഷേപമാണ് ബീച്ചുകളിൽ അപ്പപ്പോഴായി കാണപ്പെടുക.

ബീച്ച് പരിഛേദം (Beach Profile)

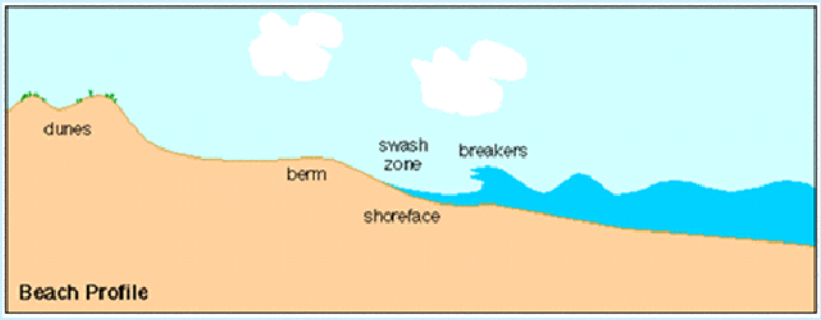
ബീച്ച് രണ്ട് ഭാഗങ്ങളോട് കൂടിയതാണ്: ഫോർ ഷോർ (fore shore), ബാക്ക് ഷോർ (back shore) എന്നിവയാണവ (ചിത്രം 9.18).

ഫോർഷോറിന് ബീച്ച് മുഖം കടൽത്തീരം എന്നെല്ലാം വിളിക്കാറുണ്ട്. വേലിയേറ്റ - വേലിയിറക്കത്തിനിടയിലുള്ള കടൽഭാഗമാണിത്. ബാക് ഷോർ അല്ലെങ്കിൽ ബേം (berm) എന്നത് വേലിയേറ്റ രേഖയ്ക്കും മുകളിലായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന തീരപ്രദേശമാണ്. ശക്തമായ തിരകളും വളരെ ഉയർന്ന വേലയേറ്റവും നടക്കുമ്പോൾ മാത്രമേ ഈ ഭാഗം വെള്ളത്താൽ മൂടപ്പെടാറുള്ളൂ. ഫോർഷോറിന് ചരിവ് കൂടുതലും ബേക്ക് ഷോറിന് പരപ്പ് കൂടുതലുമായിരിക്കും.

ബീച്ചുകളിൽ തിരമാലകളുടെ പ്രവർത്തനഫലമായി രൂപം കൊള്ളുന്ന തട്ടുകളാണ് ബേം അഥവാ ബേക്ക് ഷോർ ആയിത്തീരുന്നത്. ബീച്ചുകളിൽ ഉണ്ടാകുന്ന ബേം പൊതുവെ വലിപ്പം കൂടിയ തരത്തിലുള്ള മണലുകളടങ്ങിയതാണ്. വിശാലമായ ബീച്ചുകളിൽ മൂന്നോ അതിലധികമോ സമാന്തരങ്ങളായ ബേമുകൾ ഉണ്ടായിരിക്കുന്നത് ഓരോന്നും വ്യത്യസ്ത സാഹചര്യങ്ങളിൽ തിരമാലകളുടെ പ്രവർത്തനങ്ങൾ രൂപം കൊണ്ടവയായിരിക്കും. ചില ബീച്ചുകളിൽ ഓരോ ഉഷ്ണകാലത്തും നിരവധി മീറ്ററുകൾ വീതിയിൽ ബേം രൂപം കൊള്ളുകയും പിന്നീട് നശിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതാണ്.

ഫോർഷോറിൽ നിന്നും കടൽ ഭാഗത്തേക്ക് വിവിധ മേഖലകളുണ്ട്. അകലെയായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന ബ്രേക്കർ മേഖല (breaker zone) യിൽ തിരമാലകൾ വന്ന് കുത്തനെ ഉയർന്ന് തകരൽ ആരംഭിക്കുന്നു. തീരത്തോട് ചേർന്നുള്ള സർഫ്

മേഖലയിൽ (surf zone) വച്ചാണ് യഥാർഥത്തിൽ തിരകൾ തകർന്ന് കടലോര ജല പ്രവാഹം (long shore transport) ഉണ്ടാകുന്നത്.



ചിത്രം 9.18 ബീച്ച് പരിഛേദം

ii) കടലോര മണൽത്തിട്ട (Spit)

ഒരു തുറമുഖത്തിന്റെയോ ഉൾക്കടൽ മുഖത്തിന്റെയോ ഭാഗത്ത് കൂടി ശക്തമായ കടലോരജലപ്രവാഹം നീങ്ങുമ്പോൾ നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്ന മണലും ചളിയും കൂടിയാണ് ഒരു കടലോരമണൽത്തിട്ടയായി മാറുന്നത്. ഈ മണൽത്തിട്ടകളുടെ ഒരറ്റം കരയുമായി ബന്ധിതമായിരിക്കുകയും അതേസമയം മറ്റേയറ്റം സമുദ്രത്തിലേക്ക് നീണ്ട് മുറിഞ്ഞു കിടക്കുന്നതുമായിരിക്കും (ചിത്രം 9.19). ഈ മണൽത്തിട്ടയുടെ തുറന്നുകിടക്കുന്ന ഭാഗം ശക്തമായ വേലിയേറ്റം നടക്കുന്നിടങ്ങളിൽ കരഭാഗത്തേക്ക് തിരിഞ്ഞ് വളഞ്ഞ രൂപത്തിൽ കിടക്കുകയാണെങ്കിൽ അവയെ കടലോര മണൽ കൊളുത്ത് (hook) എന്നു വിളിക്കാവുന്നതാണ്.

iii) ഉൾക്കടൽമുഖ മണൽത്തിട്ട (Baymouth Bar)

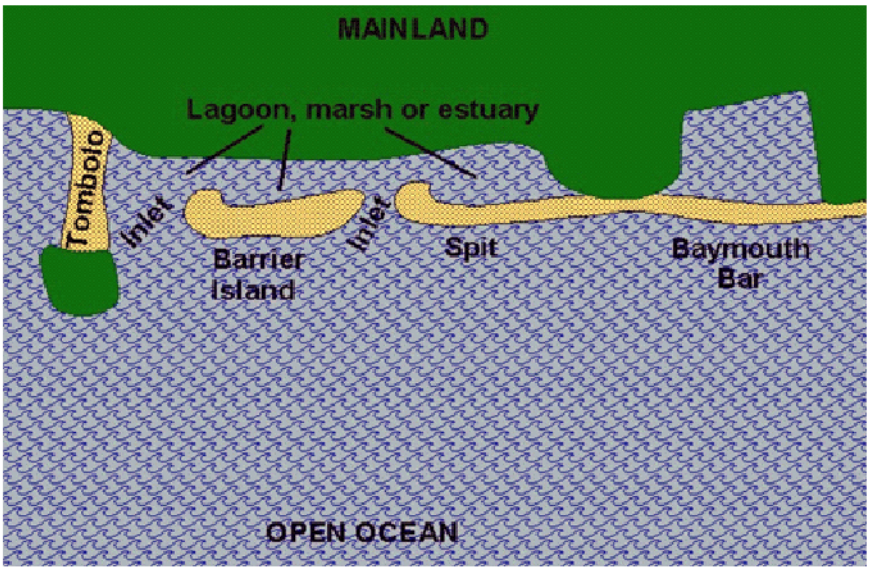
കടലോര മണൽത്തിട്ടകൾ വലുതായി ഉൾക്കടൽ മുഖത്തിലുടനീളം വ്യാപിച്ച് ഉൾക്കടൽ മുഖമണൽത്തിട്ടകളായിത്തീരാറുണ്ട് (ചിത്രം 9.19). തീരത്തിലുടനീളം സ്പിറ്റുകളും ബാറുകളും ഉണ്ടാക്കുന്നത് അവസാദങ്ങളെ വഹിക്കുന്ന കടലോര ജല പ്രവാഹമാണ്. തിരമാലകളുടെ ഊർജം മണൽത്തിട്ടകളിൽ വിനിയോഗിക്കപ്പെട്ട് ഉൾക്കടൽ ഭാഗം കടലിൽ നിന്നും അല്പം വേർപ്പെട്ട് കാണപ്പെടുന്ന കായലുകൾ (lagoons) ആയിത്തീരുകയും ചെയ്യാം. ഈ കായലുകൾ അവസാദങ്ങൾ കൊണ്ട് നിറഞ്ഞ് ലവണ ചതുപ്പ് നിലങ്ങളായി മാറുകയും ക്രമേണ അവസാദങ്ങൾ കടലിലേക്ക് പുരോഗമിച്ച് മുനമ്പുകളായിത്തീർന്ന് ക്രമരഹിതമായ തീരരേഖയായി മാറിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയും ചെയ്യും.

iv) ടൊംബോളോ (Tombolo)

ഒരു ദ്വീപിനെ കരയുമായി ബന്ധിപ്പിച്ചു കൊണ്ട് രൂപപ്പെടുന്ന മണൽത്തിട്ടകളുടെയോ വീതികുറഞ്ഞ കരഭാഗത്തോട് കൂടിയതോ ആയ ഭൂരൂപമാണ് ടൊംബോളോ (ചിത്രം 9.19). കടലോര മണൽത്തിട്ട കരയിൽ നിന്നും വളർന്ന് വലുതായി ഒരു ദ്വീപിനെ ബന്ധിച്ച് ദ്വീപും കരയും തമ്മിൽ ബന്ധിതമാകുമ്പോഴാണ് ടൊംബോളോ ആയിത്തീരുന്നത്.

v) വിലങ്ങൻ ദ്വീപ് അഥവാ പ്രതിബന്ധ ദ്വീപ് (Barrier Island)

ബീച്ചിനപ്പുറം സമുദ്രാവസാദങ്ങളോ കാറ്റ് വഹിച്ചുകൊണ്ടു പോകുന്ന അവസാദങ്ങളോ ദീർഘകാലമായി അടിഞ്ഞു കൂടി രൂപപ്പെടുന്നതാണ് വിലങ്ങൻ മണൽതിട്ടകൾ. തുറസായ സമുദ്രഭാഗത്തെ കരയിൽ നിന്നും അതിനോട് ചേർന്ന ആഴം കുറഞ്ഞ കായൽ ഭാഗത്തു നിന്നും വേർതിരിക്കുന്ന നീണ്ടതും മണൽപരപ്പോട് കൂടിയതുമായ അധികം ഉയരമില്ലാത്ത ദ്വീപുകളാണ് വിലങ്ങൻ ദ്വീപുകൾ (ചിത്രം 9.19). കടലോരമണൽത്തിട്ടകൾ പൊതുവെ വെള്ളത്തിൽ മുങ്ങിക്കിടക്കുന്നവയാണ്. എന്നാൽ വിലങ്ങൻ ദ്വീപുകൾ വേലിയേറ്റസമയത്തുപോലും വെള്ളത്തിൽ താഴ്ന്നു കിടക്കാറില്ല. ബാഹ്യതീരത്തിന് ചരിവു കുറവും വേലിയേറ്റ-വേലിയിറക്ക വ്യാപ്തി നേരിയതും തീരത്തോട് ചേർന്ന് കിടക്കുന്ന താഴ്ന്ന ഭൂപ്രകൃതിയോട് കൂടിയതുമായ സ്ഥലങ്ങളിലാണ് വിലങ്ങൻ ദ്വീപുകളോടു കൂടിയ തീരങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത്.



ചിത്രം 9.19 കടലോര മണൽതിട്ട, ഉൾക്കടൽ മുഖമണൽതിട്ട, ടൊംബോളൊ, വിലങ്ങൻ ദ്വീപ് എന്നിവയുടെ രേഖാചിത്രം.

9.8 സമുദ്രജലനിരപ്പ് വ്യതിയാനങ്ങൾ (Sea Level Changes)

വേലികൾ കൊണ്ടുണ്ടാകുന്ന വ്യത്യാസങ്ങളെ ആശ്രയിച്ച് കരയെ അപേക്ഷിച്ച് സമുദ്രജലത്തിന്റെ ശരാശരി ഉയരത്തെ സമുദ്രജലനിരപ്പായി കണക്കാക്കാം. ഫലക വിവർത്തനികം മൂലം സമുദ്രതടത്തിന്റെ വ്യാപ്തവും കരയുടെ ഉയരവും മാറുന്നതിനാൽത്തന്നെ സമുദ്രജലനിരപ്പിലും മാറ്റം സംഭവിക്കാം. ഹിമാനികൾ ഉരുകുമ്പോഴും രൂപം കൊള്ളുമ്പോഴും സമുദ്രജലനിരപ്പ് വ്യതിയാനമുണ്ടാകുന്നു. സമുദ്രജലം ചൂടാക്കുമ്പോഴും തണുക്കുമ്പോഴും കടൽ വെള്ളം വികസിക്കുകയും സങ്കോചിക്കുകയും ചെയ്യുന്നതിനാലും ജലനിരപ്പ് മാറുന്നതാണ്. കാലങ്ങളായുള്ള സമുദ്രജല നിരപ്പ് വ്യതിയാനം വൻകരാതട്ടുകളെ വികസിപ്പിക്കുകയും സങ്കോചിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. കരയ്ക്കകത്തുള്ള കടലുകളെ സൃഷ്ടിക്കുകയും നശിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. കൂടാതെ, കരയുടെ ഉപരിതലത്തെത്തന്നെ രൂപപ്പെടുത്തിയെടുത്തിട്ടുമുണ്ട്.

സമുദ്രജലനിരപ്പ് വ്യതിയാനത്തിനുള്ള കാരണങ്ങൾ പലതുമാകാം. (1) വൻകരകളുടെയും സമുദ്രതടങ്ങളുടെയും ജ്യാമിതീയ ഘടനയിലെ മാറ്റം (2) സമുദ്രതടത്തിലെ ജലത്തിന്റെ വ്യാപ്തത്തിൽ വരുന്ന മാറ്റം (3) അതിശൈത്യമണ്ഡലത്തിലെ ഹിമപാളികളുരുകി ജലംസമുദ്രത്തിലേക്ക് പ്രവേശിക്കൽ (4) സമുദ്രത്തിലെ വെള്ളത്തിന്റെ താപനിലയിൽ വരുന്ന മാറ്റം (1^0C താപനില കൂടിയാൽ ~20 സെ.മീറ്ററിന്റെ വർധനവ് ഉണ്ടാകാം). വ്യാവസായിക വിപ്ലവത്തിന്റെ ആരംഭം മുതൽ അന്തരീക്ഷ ഹരിതഗൃഹ വാതകങ്ങൾ കൂടുന്നത് അന്തരീക്ഷത്തിലും സമുദ്രത്തിലും ഊഷ്മാവ് വർധിക്കുന്നതിനിടയാകുന്നുവെന്നാണ് കരുതപ്പെടുന്നത്. ആഗോള ശരാശരി അന്തരീക്ഷ താപനില കൂടിവരുന്നതായി കാണപ്പെടുന്നു. 21-ാം നൂറ്റാണ്ടിലെ അന്തരീക്ഷോഷ്മാവിൽ ~3^0C എന്ന കണക്കിന് മാറ്റമാണ് പ്രവചിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളത്.

പ്രാദേശികമായി കടൽ ജലനിരപ്പ് വ്യതിയാനത്തിന് കാരണമാകുന്ന പല ഘടകങ്ങളുമുണ്ട്. അവയിൽ പെട്ടതാണ് (1) ഭൂഗർഭജലം പുറത്തെടുക്കുന്നതുമൂലം നിലം താഴുന്നത് (2) ഭൗമ ചലനങ്ങൾ (ഭൂകമ്പ സമയത്തുണ്ടാകുന്ന വലിയ മാറ്റങ്ങളും ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ വിരൂപണ മാറ്റവും) (3) ഹിമാനികൾ കരയിൽ ആവരണം ചെയ്യപ്പെടുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന ഞെരുക്കത്തിൽ നിന്നും കരഭാഗം ഐസോസ്റ്റാറ്റിക് ബലത്തിന്റെ ഫലമായി പൂർവ്വസ്ഥിതിയിലേക്ക് വരൽ (ഹിമപാളികളുടെ ഭാരം, ഡെൽറ്റകളിൽ അവസാദങ്ങൾ അടിഞ്ഞുകൂടൽ തുടങ്ങിയവമൂലം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിന് ഭാരം കൂടുകയും അതിനനുസൃതമായി മെല്ലെ മാറ്റങ്ങൾ ഉപരിതലത്തിൽ ഉണ്ടാകുകയും ചെയ്യാറുണ്ട്).

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ഒരു ഉൾക്കടൽ മുഖത്തിലൂടനീളം രൂപപ്പെടുന്ന മണൽ വരമ്പിന് ..... എന്നു പറയുന്നു. തത്തുല്യമായ ഒരു വരമ്പ് കരയ്ക്കും അടുത്തുള്ള കായലിന്റെയും ബാഹ്യതീരത്തിന്റെയും ഇടയിൽ രൂപപ്പെടുമ്പോൾ പറയുന്ന പേരാണ്.....
2. മുനമ്പുകളിൽ, താഴെപറയുന്ന ഭൂരൂപങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്ന ക്രമത്തിൽ എഴുതുക.

   (കടലോരശിലാസ്തംഭം, കടൽ കമാനം, കടൽ ഗുഹ)

നമുക്ക് ചെയ്തു നോക്കാം

സമുദ്രജലനിരപ്പ് വ്യതിയാനങ്ങളുടെ കാരണങ്ങളും അനന്തരഫലങ്ങളും സംബന്ധിച്ച് ഒരു പ്രബന്ധം തയാറാക്കുക.

9.9. കേരളതീരം (Coast of Kerala)

കേരളതീരം ഒരു സമ്മിശ്രതീരമാണ്. ചെങ്കല്ലുക്ലിഫുകൾ, കടലിലേക്ക് നീണ്ടു നിൽക്കുന്ന പാറമുനമ്പുകൾ, ബാഹ്യതീരകടൽ ശിലാസ്തംഭങ്ങൾ, നീണ്ട ബീച്ചുകൾ, അഴിമുഖങ്ങൾ, കായലുകൾ, കടലോര മണൽത്തിട്ടകൾ, ബാറുകൾ എന്നിവയെല്ലാം

കേരളതീരത്തെ സവിശേഷതകളാണ്. വിശാലമായ കായലുകളും മണൽ വരമ്പുകളും വിലങ്ങൻ ദ്വീപുകളുമെല്ലാം കാണിക്കുന്നത് ഭൗമ ചരിത്രത്തിൽ കടൽ കയറുകയും പിൻവാങ്ങുകയും ചെയ്തുകൊണ്ടിരുന്ന ഒരു ചലനാത്മകമായ തീരമാണ് എന്നതാണ്. കൊച്ചിക്ക് ചുറ്റുമുള്ള മധ്യകേരള തീരം അടുത്ത കാലത്ത് ഉദ്ഭവിച്ചതാണ്. കേരളത്തിൽ ഏകദേശം എഴുനൂറോളം കരബന്ധിതമായ ദ്വീപുകൾ (വിലങ്ങൻ ദ്വീപകളുൾപ്പെടെ) ഉണ്ട്. മധ്യകേരളത്തിലെ അസംഖ്യം വിലങ്ങൻ ദ്വീപുകളിൽ പ്രധാനപ്പെട്ട ഒന്നാണ് 25 കി.മീറ്റർ നീളമുള്ള വൈപ്പിൻ ദ്വീപ്.

സമാന്തരങ്ങളായ ബീച്ച് വരമ്പുകളും ഇടയ്ക്ക് വെള്ളത്തിലാഴ്ന്ന് കിടക്കുന്ന ചതുപ്പുകളും ധാരാളമായിത്തന്നെ കാണപ്പെടുന്നു. വൈപ്പിൻ ദ്വീപിന്റെ തെക്ക് ഭാഗത്താണ് ബീച്ച് വരമ്പുകളും വെള്ളത്തിലാഴ്ന്ന ചതുപ്പ് നിലങ്ങളുമടങ്ങിയ സങ്കീർണ്ണ സ്ഥിതി വിശേഷം കാണപ്പെടുന്നത്. ഈ വരമ്പുകൾക്ക് ശരാശരി 50 മുതൽ 150 മീറ്റർ വീതിയും ഏകദേശം 1 മീറ്ററോളം ഉയരവുമുണ്ട്. ചതുപ്പുകൾക്ക് 50 മീറ്റർ മുതൽ 200 മീറ്റർ വരെ വീതിയുണ്ട്. കരയിലേക്ക് കയറി വരുന്ന കടലിന്റെ തുടർന്നു കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഓരോ അവസ്ഥയേയും പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നതാണ് ഈ ബീച്ച് വരമ്പുകൾ. വൈപ്പിൻ ദ്വീപിന്റെ തെക്ക് ഭാഗത്ത് ഒരു പുതിയ തീരദേശ ഭൂഭാഗവും 2 കി.മീറ്റർ നീളവും 200 മുതൽ 400 മീറ്റർ വീതിയുമുള്ള നന്നായി വികസിച്ച ഒരു വക്രാകാര മണൽ തിട്ടയും നിരീക്ഷണ വിധേയമാണ്.

വേമ്പനാട്ട് കായൽ കേരളത്തിലെ ഒരു പ്രധാന കായലാണ്. വടക്ക് മുനമ്പം മുതൽ തെക്ക് ആലപ്പുഴ വരെ ഇത് വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്നു. വേമ്പനാട്ട് കായലിന് 80 കി.മീറ്റർ നീളവും ഏതാനും ശതമീറ്ററുകൾ തുടങ്ങി 14.5 കി.മീറ്റർ വരെ വ്യതിയാനത്തിൽ വീതിയുമുണ്ട്. ആഴമാകട്ടെ ഒരു മീറ്ററിന് താഴെ മുതൽ തുടങ്ങി 14 മീറ്റർ വരെ വ്യതിയാനം കാണിക്കുന്നുണ്ട്.

കേരളതീരത്ത് മൺസൂൺ കാലത്ത് പ്രത്യക്ഷപ്പെടാറുള്ള അതുല്ല്യവും താൽക്കാലികവുമായ ഒരു സവിശേഷ പ്രതിഭാസമാണ് ചാകര (mud bank). അവസാദങ്ങൾ ഉയർന്ന അളവിൽ കൊണ്ട് വരുന്ന 41 നദികളുണ്ടെങ്കിലും തീരത്തെ ഉയർന്ന ഊർജസ്ഥിതി നിമിത്തം ഡെൽറ്റകൾ രൂപപ്പെടുന്നില്ല.

രാജ്യത്തെ വലിയ അഴിമുഖ വ്യൂഹമാണ് കൊച്ചി-വേമ്പനാട്ട് അഴിമുഖം. അഷ്ടമുടി മറ്റൊരു അഴിമുഖമാണ്. കേരളതീരത്ത് 30 കി.മീറ്റർ നീളം ഉയർന്ന അളവിൽ അപരദനം നടക്കുമ്പോൾ, 21 കി.മീറ്റർ നീളം അവസാദങ്ങൾ തീരത്തടിഞ്ഞുകൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. വിഭവ ചരിത്രത്തിൽ കേരള തീരത്തെ കണ്ടൽ വനക്കാടെന്ന് വിശേഷിക്കപ്പെടുന്നുവെങ്കിലും ഇപ്പോൾ മുഖ്യമായും വളപട്ടണത്തിലും പുതുവൈപ്പിനിലു (കൊച്ചി) മായി 16 ച.കി.മീറ്റർ വിസ്തൃതിയിലുള്ള കണ്ടൽക്കാടുകളേ ശേഷിക്കുന്നുള്ളൂ.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ഭൗമോപരിതലത്തിന്റെ മൊത്തംവിസ്തൃതിയുടെ മുക്കാൽഭാഗം സമുദ്രങ്ങളും കടലുകളും ആവരണം ചെയ്യുന്നു. പസഫിക് സമുദ്രം, അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രം, ഇന്ത്യൻ സമുദ്രം എന്നിവയാണ് പ്രധാന സമുദ്രങ്ങൾ. സമുദ്ര തറയിൽ പ്രത്യേകം തിരിച്ചറിയാവുന്ന പ്രധാന മേഖലകളാണ് വൻകരാതട്ട്, വൻകരാചായ്‌വ്, വൻകരാഉന്നതി, അഗാധസമതലങ്ങൾ എന്നിവ. മധ്യ സമുദ്രാന്തര വരമ്പുകൾ, അഗാധകടൽ ഗർത്തങ്ങൾ, ഗയോകൾ, സമുദ്രാന്തര ഗഹ്വരങ്ങൾ, ദ്വീപ് കമാനങ്ങൾ എന്നിവയെല്ലാം സമുദ്രതടത്തിലെ പ്രധാന സ്ഥലാകൃതീയ സവിശേഷരൂപങ്ങളാണ്.

സമുദ്രോപരിതലത്തിലൂടെ അടിച്ചുവീശുന്ന കാറ്റ് തിരമാലകളെയുണ്ടാക്കുകയും അതു വഴി കാറ്റിനാലുള്ള ഊർജം തീരരേഖയിലേക്കാവഹിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. സമുദ്രത്തിനു മേലുള്ള സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും ഗുരുത്വാകർഷണ ബലത്താൽ വേലിയേറ്റ വേലിയിറക്ക പ്രതിഭാസങ്ങൾ നടക്കുന്നു.

തീരദേശത്ത് പൊതുവെ കാണുന്ന ഭൂദൃശ്യങ്ങളാണ് കിഴുക്കാംതൂക്കായ പാറക്കെട്ടുകളടങ്ങിയ തീരരേഖ, അതോടനുബന്ധിച്ച ഉൾക്കടലുകൾ, മുനമ്പുകൾ, വിലങ്ങൻ ദ്വീപ് തീരങ്ങൾ എന്നിവയെല്ലാം. മുനമ്പ് പാറകൾക്ക് അപരദനം നടന്നും ഉൾക്കടലുകളിൽ നിക്ഷേപണം സംഭവിച്ചും കാലക്രമേണ തീരരേഖകൾ നേർരേഖയായിത്തീരാവുന്നതാണ്. തിരമാലകൾക്ക് അപവർത്തനം നടന്ന് തിരമാലകളുടെ ശക്തി തള്ളിനിൽക്കുന്ന മുനമ്പുകളിൽ കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെടാനും ഉൾക്കടലുകളിൽ ഊർജം ചിതറി വിനിയോഗിക്കപ്പെടാനും കാരണമാകുന്നതാണ്. കിഴുക്കാംതൂക്കായതും മൃദുവായതുമായ പാറക്കെട്ടുകളിൽ തിരമാലകൾ അപരദനം നടത്തി, അവ കടൽഗുഹകളും കടൽകമാനങ്ങളുമായിത്തീരുന്നതാണ്. കടൽകമാനങ്ങൾ തകർന്നാണ് കടലോര ശിലാസ്തംഭങ്ങളുണ്ടാകുന്നത്. കിഴുക്കാംതൂക്കായ പാറക്കെട്ടുകൾക്ക് കൂടുതൽ പിൻവശത്തേക്ക് അപരദനം നടന്ന്, അതിനടിവശത്ത് അപരദന-അപഘർഷണ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന ശിലാതിട്ട രൂപപ്പെടുന്നു. കൂടുതൽ ആഴമുള്ള വെള്ളമടങ്ങിയ ഭാഗത്ത് തിരമാലകളുടെ നിക്ഷേപണ പ്രക്രിയയാലും തട്ട് രൂപപ്പെടാവുന്നതാണ്.

തീരത്തേക്ക് ഒരു പ്രത്യേക കോണിലായി തിരമാലകൾ സമീപിക്കുന്നതുമൂലം കടലോര ജല പ്രവാഹങ്ങളുണ്ടായി ബീച്ച് അവസാദങ്ങളെ വഹിച്ചുകൊണ്ടുപോവുകയും കടലോര മണൽ തിട്ടകൾ, ഉൾക്കടൽ മുഖമണൽത്തിട്ടകൾ, ബീച്ചുകൾ തുടങ്ങിയ വിവിധ നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങളെ സൃഷ്ടിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു.

മാംഗനീസ് ഉരുളകൾ (Manganese nodules) പോലെയുള്ള നിരവധി അവസാദ നിക്ഷേപങ്ങളും സമുദ്രതടത്തിലടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്. ഉഷ്ണമേഖലാ പ്രദേശത്തെ തെളിഞ്ഞ ഉഷ്ണജലത്തിൽ വളരുന്ന ജീവജാലങ്ങളിലെ കാൽസ്യം അടങ്ങിയ പുറം തോടുകളിൽ നിന്നാണ് പവിഴപ്പുറ്റുകൾ വളർന്നു വരുന്നത്. പ്രാന്തീയകടൽപ്പുറ്റുകൾ, വിലങ്ങൻ പവിഴപ്പുറ്റുകൾ, പവിഴദ്വീപുകൾ എന്നീ രൂപങ്ങളിലൊക്കെ പവിഴപ്പുറ്റുകൾ രൂപപ്പെടുന്നതാണ്.

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- സമുദ്രജലത്തിലെ തിരമാലകൾ, വേലികൾ, ജലപ്രവാഹങ്ങൾ എന്നിവ തമ്മിൽ വേർതിരിക്കുന്നു.
- സമുദ്രതടത്തിലെ സ്ഥലാകൃതിയ സവിശേഷതകൾ ചിത്രീകരിക്കുന്നു.
- സമുദ്രതടത്തിലെ പ്രധാന ഇനം അവസാദങ്ങളെ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.
- പവിഴപ്പുറ്റുകളുടെ ഇനങ്ങളെ വിവരിക്കുന്നു.
- തീരദേശത്തെ അപരദന-നിക്ഷേപണ ഭൂരൂപങ്ങൾ പ്രസ്താവിക്കുന്നു.
- സമുദ്രജലനിരപ്പ് വ്യതിയാനത്തിന്റെ കാരണങ്ങളെ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- കേരളതീരത്തിന്റെ പ്രത്യേകതകൾ വിലയിരുത്തുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. വിട്ട ഭാഗം പൂരിപ്പിക്കുക.

(എ) ഒരു ബാഹ്യതീരദ്വീപിനെ കരയുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന മണൽ കൂമ്പാര നിർമിതിവരമ്പാണ് _____.

(ബി) തീരരേഖയിൽ അപരദനം നടന്നുണ്ടാകുന്നതും വേലിയിറക്ക സമയത്ത് വെളിയിൽ കാണുന്നതുമായ പരന്ന ശിലാതറ (ശിലാതട്ട്) യാണ്.....

(സി) സമുദ്രത്തിൽ കാണുന്ന ഉപരിതലം പരന്ന, ചെങ്കുത്തായ, ഒറ്റപ്പെട്ട അഗ്നി പർവതജന്യകുന്നുകളാണ്.....

2. കടലോര അവസാദചലനത്താൽ രൂപപ്പെടുന്ന രണ്ട് വിശേഷ ഭൂരൂപങ്ങളുടെ പേരെഴുതുക.

3. സമുദ്രജലനിരപ്പ് വർധനവിലേക്ക് നയിക്കുന്ന ഘടകങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?

4. തീരരേഖയിൽ നടക്കുന്ന മൂന്നുതരം അപരദന പ്രക്രിയകൾ ഏതെല്ലാമാണ്?

5. സാധാരണ കടൽജലത്തേക്കാൾ അഴിമുഖത്തെ വെള്ളത്തിന് ലവണത്വം കൂടുതലാകാൻ കാരണമെന്ത്?

6. പവിഴപ്പുറ്റുകൾ രൂപം കൊള്ളുന്നതെങ്ങനെ?

7. താഴെകൊടുത്തിട്ടുള്ള പ്രസ്താവനകൾ ശരിയോ തെറ്റോ എന്ന് പറയുക.

എ) കടലോര ജലപ്രവാഹങ്ങളുണ്ടാകുന്നത് തിരമാലകൾ ബീച്ചിലേക്ക് ഒരു പ്രത്യേക കോണിൽ അടിക്കുന്നതിനാലാണ്.

ബി) എല്ലാ ദിവസവും വേലികളുണ്ടാകുന്നത് ഒരേസമയത്താണ്.

10 പർവ്വതങ്ങൾ (MOUNTAINS)

W6Y7L9

10.1 ആമുഖം

വൻകരകളും മഹാസമുദ്രങ്ങളുമാണ് ഭൂമിയിൽ നിമ്നോന്നതത്വത്തെ ആശ്രയിച്ച് മുഖ്യമായും ദൃശ്യമാകുന്ന രണ്ട് ബൃഹദ്ഭൂപ്രദേശങ്ങൾ. ഭൂരൂപശാസ്ത്രത്തിൽ അക്കാരണത്താൽ ഇവയെ ഒന്നാം ശ്രേണി ഭൂരൂപങ്ങളുടെ പട്ടികയിൽ ഉൾപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. വൻകരാപ്രദേശങ്ങളെ കൂടുതൽ പഠനവിഷയമാക്കുമ്പോൾ പർവ്വതങ്ങൾ, സമതലങ്ങൾ, പീഠഭൂമികൾ എന്നീ മൂന്നുതരം ഭൂപ്രദേശങ്ങൾ അവയിൽ കണ്ടെത്താം. ഇവയെ രണ്ടാം ശ്രേണി ഭൂപ്രദേശങ്ങളായി കണക്കാക്കുന്നു. ഡയാസ്ട്രോഫിസം, മാഗ്മാറ്റിസം തുടങ്ങിയ ആന്തരിക ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങളുടേയും അപക്ഷയം, അപരദനം പോലുള്ള ബാഹ്യഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങളുടേയും നിരന്തരഫലമായാണ് പ്രസ്തുത ഭൂവിഭാഗങ്ങളുടെ രൂപീകരണം സംഭവിക്കുന്നത്. പർവ്വതങ്ങളാണ് ഭൂമുഖത്തെ ഏറ്റവും ശ്രദ്ധയാകർഷിക്കുന്ന ഭൂപ്രദേശങ്ങൾ.

10.2 പർവ്വതങ്ങളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട പദങ്ങൾ (Mountains and Related terms)

പ്രാന്തപ്രദേശങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് പ്രകടമായി ഉയർന്നു നിൽക്കുന്ന ഭൂപ്രദേശത്തെ കുന്ന് അഥവാ പർവ്വതം എന്നു പറയുന്നു. കുന്ന്, പർവ്വതം എന്നീ പദങ്ങളും ആപേക്ഷികമാണ്. പ്രാന്തപ്രദേശങ്ങളുമായുള്ള ആപേക്ഷിക നിമ്നോന്നതത്വം 300 മീറ്ററിൽ താഴെയാണെങ്കിൽ ആ ഭൂപ്രദേശത്തെ 'കുന്ന്' എന്നും അതിലേറെ ഉയരമുള്ള പ്രദേശത്തെ 'പർവ്വതം' എന്നും വിശേഷിപ്പിച്ച് പോരുന്നു. ഹിമാലയം, ആൽപ്സ് തുടങ്ങിയവ പർവ്വതങ്ങൾക്കുദാഹരണങ്ങളാണ്. ഒരു പർവ്വതത്തിന്റെ ഏറ്റവും ഉയർന്നു നിൽക്കുന്ന മിക്കപ്പോഴും കോണാകൃതിയുള്ള കൂർത്ത ഭാഗം ശൃംഗം, കൊടുമുടി (Mountain peak) എന്നീ പേരുകളിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. (ഉദാ: ആനമുടി). പർവ്വതനിര (Mountain ridge) എന്ന പദം കൊണ്ട് വിവക്ഷിക്കുന്നത്, ശ്രദ്ധേയമാംവിധം ദീർഘമായതും അതേസമയം ഇടുങ്ങിയതുമായ പർവ്വതങ്ങളെയാണ്. തനതു സവിശേഷതകൾ നിലനിർത്തിക്കൊണ്ട് ആയിരക്കണക്കിനു കിലോമീറ്ററുകൾ നീളത്തിൽ വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്ന പർവ്വത നിരകളെ പർവ്വതശ്രേണി (Mountain chain) എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഒരേകാലഘട്ടത്തിൽ രൂപം കൊണ്ടിട്ടുള്ള രണ്ടോ അതിലധികമോ പർവ്വതനിരകൾ ചേർന്ന് പർവ്വതവ്യൂഹം (Mountain system) ഉണ്ടാകുന്നു. ഭൂമിയുടെ ഏതെങ്കിലും പ്രത്യേക ഭാഗത്ത് കാണപ്പെടുന്ന പർവ്വതനിരകൾ, പർവ്വതശ്രേണി, പർവ്വതവ്യൂഹം എന്നിവയൊക്കെ ഉൾപ്പെടുന്ന ഉന്നതതട ഭൂപ്രദേശം കോർഡില്ലെറ എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

10.3 പർവ്വതങ്ങളുടെ വർഗീകരണം (Classification of Mountains)

ഉൽഭവത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി പർവ്വതങ്ങളെ മുഖ്യമായും രണ്ടുവിഭാഗമായി തിരിക്കാം. (1) വിവർത്തനിക പർവ്വതങ്ങൾ (Tectnic mountains) (2) അവശിഷ്ട പർവ്വതങ്ങൾ (Relict mountains). പർവ്വത രൂപീകരണ പ്രക്രിയയെ ഓറൊജനി എന്നു പറയുന്നു. ഗ്രീക്ക് ഭാഷയിൽ ഓറോസ് എന്നാൽ പർവ്വതമെന്നും ജെനി എന്നാൽ ഉൽഭവമെന്നുമാണർത്ഥം.

1. ടെക്റ്റോണിക് പർവ്വതങ്ങൾ (Tectonic Mountains)

ഭൂമിക്കകത്ത് നടക്കുന്ന ആന്തരിക ഭൗമപ്രവർത്തനങ്ങളുടെ ഫലമായി ഭൂമുഖത്ത് രൂപം കൊള്ളുന്ന പർവ്വതങ്ങളാണിവ. താഴെപ്പറയുന്നവ ഈ വിഭാഗത്തിൽ പെടുന്നവയാണ്.

1. അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ (Volcanic Mountains)
2. മടക്കുപർവ്വതങ്ങൾ (Fold Mountains)
3. ഭ്രംശപർവ്വതങ്ങൾ (Fault Mountains)
4. അർധഗോളരൂപപർവ്വതങ്ങൾ (Dome Mountains)

i. അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ (Volcanic Mountains)

ഭൂമിക്കുള്ളിൽ നിന്നും ഉരുകി ബഹിർഗമിക്കപ്പെടുന്ന ശിലാദ്രവമായ 'മാഗ്മ', ഉറവ (vent) യ്ക്കുചുറ്റും നിക്ഷേപിക്കപ്പെടുന്നതിന്റെ ഫലമായി ചില സ്ഥലങ്ങളിൽ ഉയർന്ന ഭൂരൂപങ്ങൾ രൂപമെടുക്കുന്നു. ഇങ്ങനെ രൂപം കൊള്ളുന്ന പർവ്വതങ്ങളാണ് അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ. (ചിത്രം 10.1). അഗ്നിപർവ്വത സ്ഫോടനത്തിൽ മിക്കപ്പോഴും ലാവയോടൊപ്പം ഖരരൂപത്തിലുള്ള ശിലാപദാർഥങ്ങളും പുറത്തുവരുന്നു. അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളുടെ പരിഛേദങ്ങൾ പരിശോധിച്ചാൽ ഒന്നിടവിട്ട ലാവാപാളികളും

ചിത്രം 10.1 ഒരു അഗ്നിപർവ്വതത്തിന്റെ ദൃശ്യം

ശകലീകൃത ശിലാപാളികളും കാണാൻ സാധിക്കും. വൃത്താകാരത്തിലുള്ള ചുവടോടുകൂടിയ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ ഉയരം കൂടുന്തോറും കൂർത്തുവരുന്നു. മറ്റൊരുവിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ അവ സമമിതിയാകൃതി (symmetrical) ദൃശ്യമാക്കുന്നവയാണ്. ജപ്പാൻ, അമേരിക്ക, ഫിലിപ്പൈൻസ് തുടങ്ങിയ രാജ്യങ്ങളിലാണ് അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ കൂടുതലായി കണ്ടുവരുന്നത്. വെസുവിയസ് പർവ്വതം, എറ്റ്ന

പർവ്വതം, ഫ്യൂജി പർവ്വതനിരകൾ തുടങ്ങിയവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ആഴക്കടൽ മേഖലകളിലെ അഗ്നിപർവ്വതത്തിന്റെ സമുദ്രനിരപ്പിന് മുകളിൽ കാണുന്ന ഭാഗങ്ങളാണ് ഹവായ് ദ്വീപുകൾ. ആയിരക്കണക്കിന് കിലോമീറ്ററുകൾ വിസ്തൃതിയിൽ പരന്നുകിടക്കുന്ന ഇവ ലോകത്തിലെ ഏറ്റവും വലിയ ആഴക്കടൽ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളിൽ ഒന്നാണ്.

ii. മടക്കു പർവ്വതങ്ങൾ (Fold Mountains)

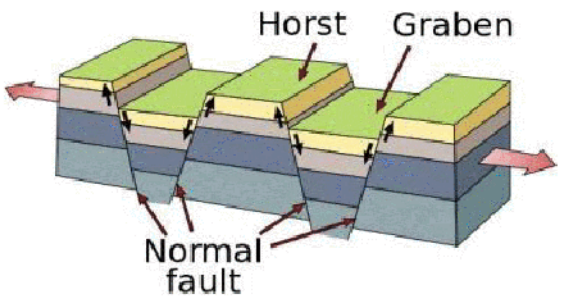
ലോകത്തിലെ ഒട്ടുമിക്ക ഉന്നത പർവ്വതങ്ങളും മടക്കുപർവ്വതങ്ങളാണ്. ശിലാപാളികളുടെ മടക്കുകൾ (വലനം), ഉന്നതീകരണം തുടർന്നുള്ള അപരദനം എന്നിവയാണ് മടക്കുപർവ്വത രൂപീകരണത്തിലെ പ്രധാന ഘട്ടങ്ങൾ. (ചിത്രം 10.2) മണൽക്കല്ല്, ചുണ്ണാമ്പുകല്ല്, കൺഗ്ലോമറേറ്റ് തുടങ്ങിയ അവസാദ ശിലകളാണ് മിക്കപ്പോഴും മടക്കലിന് വിധേയമായി ഉയർത്തപ്പെട്ട് വൻകര പ്രദേശങ്ങളിൽ മടക്കുപർവ്വതങ്ങളായി മാറുന്നത്. ജിയൊസിൻക്ലൈൻ എന്നറിയപ്പെടുന്ന സമുദ്രഭാഗങ്ങളിൽ ആയിരക്കണക്കിന് അടി ഉയരത്തിൽ ഈ അവസാദങ്ങൾ നിക്ഷേപിക്കപെടുന്നു. അതുകൊണ്ടാണ് ഇത്തരം പർവ്വതങ്ങളിൽ സമുദ്രജീവികളുടെ ഫോസിലുകൾ വളരെ സമൃദ്ധമായി കാണപ്പെടുന്നത്. ഏകദേശം 500 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കുമുമ്പ് മധ്യധരണ്യാഴിയുടെ (Mediteranean sea) പൂർവ്വികനായിരുന്ന ടെഥിസ് കടലിൽ നിക്ഷേപിക്കപെട്ട അവസാദ പാളികൾ മടങ്ങി ഉയർത്തപെട്ടാണ് ഹിമാലയ പർവ്വതം രൂപീകൃതമായത്. ഹിമാലയപർവ്വത രൂപീകരണ വേളയിൽ ശിലാപാളികൾ പല പ്രകാരത്തിലും മടക്കപ്പെടുകയും ഭൗമാന്തർഭാഗത്തെ ശിലകൾ ഭാഗികമായി ഉരുകി രൂപമെടുക്കുന്ന മാഗ്മയും മറ്റും അതിലേക്ക് കൂടിക്കലർന്നാണ് ഹിമാലയ പർവ്വതനിരകൾ ഇന്ന് കാണുന്ന വിധത്തിൽ സങ്കീർണ്ണവും വ്യാമിശ്രവുമായ രൂപത്തിലായിട്ടുള്ളത്. ഹിമാലയ പർവ്വതം കൂടാതെ യൂറോപ്പിലെ ആൽപ്സ് പർവ്വതം, വടക്കെ അമേരിക്കയിലെ റോക്കീസ് പർവ്വതം, തെക്കെ അമേരിക്കയിലെ ആൻഡീസ് പർവ്വതം, അപ്പലാച്ചിയൻ പർവ്വതം, റഷ്യയിലെ യൂറാൽ പർവ്വതം മുതലായവ ലോകത്തിലെ പ്രമുഖ മടക്കുപർവ്വതനിരകളാണ്.

ചിത്രം 10.2 മടക്കുപർവ്വതം

iii ഭ്രംശപർവ്വതം (Fault Mountains)

ലോകത്തിലെ ചില പർവ്വതങ്ങൾ പൂർണ്ണമായോ ഭാഗികമായോ രൂപീകൃതമായിരിക്കുന്നത് ഭ്രംശനപ്രക്രിയ വഴിയാണ്. ഭ്രംശനപ്രക്രിയ വഴി ചില ഭൂപ്രദേശങ്ങൾ പ്രാന്തപ്രദേശങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ച് കൂടുതൽ ഉയർത്തപെടുകയും അവ പർവ്വതങ്ങളായി ഉയർന്നു നിൽക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭ്രംശനം സംഭവിക്കുമ്പോൾ ഭ്രംശതലമെന്നറിയപ്പെടുന്ന (Fault plane) പ്രതലത്തിലൂടെ ഇരുഭാഗത്തുമുള്ള ശിലാഭാഗങ്ങൾ പരസ്പരം തെന്നിനീങ്ങുന്നതിനാൽ അവയ്ക്ക് സ്ഥാനചലനം സംഭവിക്കുന്നു. ഈ

സ്ഥാന ചലനം തിരശ്ചീനതലത്തിലോ ലംബമായൊ മറ്റേതെങ്കിലും വിധത്തിലൊ ആയിരിക്കാം. ചിലപ്പോൾ ഒരു ശിലാഭാഗം നാലു ഭാഗത്തും ഭ്രംശനത്തിനു വിധേയമായി മധ്യഭാഗം മാത്രം ഉയർന്നു നിൽക്കുന്ന സ്ഥിതിയുണ്ടാകാം. ഏതു തരത്തിലായാലും ഭ്രംശനഫലമായി ഭൂപ്രദേശങ്ങളിലെ ചില ഭാഗങ്ങൾ ഉയർത്തപ്പെടുകയും പർവ്വതനിരകളായി പരിണമിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇങ്ങനെ ഉയർത്തപ്പെട്ട ഭാഗങ്ങളെ ഖണ്ഡപർവ്വതങ്ങളെന്നും (Horst/Block Mountains) ആപേക്ഷികമായി താഴ്ത്തപ്പെട്ട ഭാഗങ്ങളെ ഭ്രംശ താഴ്വര (Graben/ Rift Valleys) കളെന്നും വിളിക്കുന്നു. (ചിത്രം 10.3) ഖണ്ഡ പർവ്വതങ്ങളും ഭ്രംശ താഴ്വരകളും പരസ്പരം പൂരകഘടന പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ഭൂഭാഗങ്ങളാണ്. ഭ്രംശന പ്രക്രിയ വഴി രൂപമെടുക്കുന്ന പർവ്വതങ്ങൾ ഉത്തര അമേരിക്കൻ വൻകരയിൽ നിരവധിയാണ് (ചിത്രം 10.4). വലിവു ബലങ്ങളുടെ ഫലമായി ഒരു പ്രദേശത്തെ ശിലാപാളികളിലുണ്ടാകുന്ന പൊട്ടലുകളും അതിലൂടെ ശിലാഭാഗങ്ങൾ പരസ്പരം തെന്നിനീങ്ങലുമാണ് ഖണ്ഡപർവ്വത രൂപീകരണത്തിന് കാരണമാകുന്ന മുഖ്യ പ്രക്രിയകൾ. കാലിഫോർണിയയിലെ സിറാനിവേഡ പർവ്വതം ഖണ്ഡപർവ്വതത്തിന് ഉത്തമ ഉദാഹരണമാണ്. വടക്കേ അമേരിക്കയിലെ യൂട്ടാ പർവ്വതം (Uttah Mountains) മറ്റൊരു ഖണ്ഡപർവ്വതമാണ്. ഇന്ത്യയിൽ നർമദാനദിയുടെ താഴ്വര ഒരു പ്രമുഖ ഭ്രംശതാഴ്വരയാണ്.



ചിത്രം 10.3 ഹോസ്റ്റ്, ഗ്രാബെൻ

ചിത്രം 10.4 ഭ്രംശപർവ്വതം

iv. ഡോം പർവ്വതങ്ങൾ (Dome Mountains)

ഭൂമിക്കടിയിൽ രൂപമെടുക്കുന്ന ശിലാദ്രവമാണ് മാഗ്മ. ചിലപ്പോൾ ഉയർന്ന ഊഷ്മാവിലും മർദ്ദത്തിലും ഭൂമിക്കടിയിലെ ശിലകളിലെ ദ്രവണാങ്കം കുറഞ്ഞ (ഫെൽഡ്സ്പാർ, ക്വാർട്സ് മുതലായവ) ഖനിജങ്ങൾ ദ്രവരൂപം പ്രാപിച്ച് മാഗ്മ രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഈ മാഗ്മ മുകളിലേക്ക് ഉയരുകയും എന്നാൽ ഭൗമോപരിതലത്തിലെത്താത്ത അവസ്ഥയുമുണ്ടാകുന്നു. അത്തരം സന്ദർഭത്തിൽ ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങൾ തന്നെ ലാവാസമ്മർദ്ദത്താൽ അർധഗോളാകൃതിയിൽ ഉയർന്നു പൊങ്ങി പർവ്വതങ്ങളായി മാറുന്നു. ഇവിടെ ഭൂമിക്കുള്ളിൽ നിന്നു ഉയർന്നു പൊങ്ങുന്ന മാഗ്മ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിൽ എത്തുന്നില്ല. പകരം ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങൾ തന്നെ ഉയർത്തപ്പെടുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. ഈ പ്രക്രിയയുടെ പരിണിതഫലമായി 'ഡോം'

എന്നറിയപ്പെടുന്ന ശിലാഘടന പ്രദർശിപ്പിക്കുന്ന ഭൂഭാഗങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നു. പിൽക്കാലത്ത് അവിടെ അപക്ഷയം, അപരദനം എന്നിവ മൂലം ഡോമിനെ ആവരണം ചെയ്തിരിക്കുന്ന ശിലാപാളികൾ ക്രമേണ നീക്കം ചെയ്യപെടുകയും തുടർന്ന് 'ഡോം' പർവ്വതങ്ങൾ രൂപമെടുക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഡോം പർവ്വതങ്ങൾ മറ്റിനം പർവ്വതങ്ങളേക്കാൾ താരതമ്യേന വളരെ ചെറിയ പർവ്വതങ്ങളാണ്. ഉയർന്നു കാണപ്പെടുന്ന ഭാഗം മിക്കപ്പോഴും ഗ്രാനൈറ്റ് ശിലകളൊ അതുമായി ജനിതക ബന്ധമുള്ളയിനം ശിലകളൊ ആയിരിക്കും. ഉത്തര അമേരിക്കയിലെ ദക്ഷിണ ഡക്കോട്ടയിലെ കുന്നുകൾ (Black Hills), ന്യൂയോർക്കിലെ അഡിറോൺഡോക്ക് പർവ്വതം എന്നിവ ഡോം പർവ്വതങ്ങൾക്കുദാഹരണങ്ങളാണ്. (ചിത്രം 10.5)

ചിത്രം 10.5 ഡോം പർവതങ്ങൾ

2. അവശിഷ്ടപർവ്വതങ്ങൾ (Relict Mountains)

പലതരം ഭൗമപ്രക്രിയകളുടെ ഫലമായി പീഠഭൂമികൾ പോലുള്ള വിസ്തൃതമായ ഭൂഭാഗങ്ങൾക്ക് അപക്ഷയവും അപരദനവും സംഭവിക്കുന്നു. താരതമ്യേന മൃദുശിലാഭാഗങ്ങൾ അപരദനത്തിനു കൂടുതലായി വിധേയമാകുകയും ദൃഢശിലാഭാഗങ്ങൾ അപരദനത്തെ ഏറെക്കുറെ പ്രതിരോധിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇക്കാരണത്താൽ ദൃഢശിലാഭാഗങ്ങൾ പർവ്വതങ്ങളായി പരിണമിക്കുന്നു. ഇത്തരം പർവ്വതങ്ങൾ അപരദന പർവ്വതങ്ങൾ, അവശിഷ്ട പർവ്വതങ്ങൾ എന്നീ പേരുകളിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. പശ്ചിമഘട്ടം, പൂർവ്വഘട്ടം, വിന്ധ്യാപർവ്വതം തുടങ്ങിയവ അപരദന (അവശിഷ്ട) പർവ്വതങ്ങൾക്കുദാഹരണങ്ങളാണ് (ചിത്രം 10.6).

ചിത്രം 10.6 അവശിഷ്ട പർവ്വതങ്ങൾ

നമുക്ക് ചെയ്തു നോക്കാം

ഭൗമോപരിതലത്തിൽ കാണുന്ന വ്യത്യസ്തതരത്തിലുള്ള പർവ്വതങ്ങളുടെ പട്ടിക തയാറാക്കുക.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

പ്രാന്തപ്രദേശത്തെ അപേക്ഷിച്ച് പ്രകടമായി ഉയർന്നു നിൽക്കുന്ന ഭൂപ്രദേശങ്ങളെ കുന്നുകൾ അഥവാ പർവ്വതങ്ങൾ എന്നു വിളിക്കുന്നു. ഉൽഭവത്തെ അടിസ്ഥാനപെടുത്തി രണ്ടുതരം പർവ്വതങ്ങളുണ്ട്. വിവർത്തനിക (Tectonic) പർവ്വതങ്ങളും അവശിഷ്ട പർവ്വതങ്ങളും. കടുത്ത ആന്തരിക ബലങ്ങളാൽ രൂപീകൃതമാവുന്ന പർവ്വതങ്ങളാണ് വിവർത്തനിക പർവ്വതങ്ങൾ. അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ, വലനപർവ്വതങ്ങൾ, ഭ്രംശപർവ്വതങ്ങൾ, ഡോം പർവ്വതങ്ങൾ എന്നിങ്ങനെ 4 തരം വിവർത്തനിക പർവ്വതങ്ങളുണ്ട്. മാഗ്മ ഭൗമോപരിതലത്തിൽ ഉറവയ്ക്കു ചുറ്റും നിക്ഷേപിക്കപ്പെട്ടാണ് അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നത്. ഖണ്ഡപർവ്വതങ്ങൾ രൂപീകൃതമാവുന്നത് ഭ്രംശന പ്രക്രിയയിലൂടെയാണ്. എന്നാൽ കൂടുതൽ സങ്കീർണ്ണമായ വലന പർവ്വതങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളുന്നത് ശിലാപാളികളുടെ വലനം, ഉന്നതീകരണം, അപരദനം എന്നീ പ്രക്രിയകളിലൂടെയാണ്. ഹിമാലയപർവ്വതം, ആൽപ്സ് എന്നിവ ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. വിസ്തൃതമായ പീഠഭൂമികൾക്ക് വലിയ തോതിലുള്ള അപരദനം സംഭവിച്ചാണ് അപരദന പർവ്വതങ്ങൾ ഉണ്ടാകുന്നത്. പീഠഭൂമികളുടെ ദൃഢശിലാഭാഗങ്ങൾ അപരദനത്തെ പ്രതിരോധിച്ച് അവശിഷ്ട പർവ്വതങ്ങളായി രൂപാന്തരപെടുന്നു. പശ്ചിമഘട്ടവും പൂർവ്വഘട്ടവും ഉദാഹരണങ്ങളാണ്.

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- വ്യത്യസ്തതരം പർവ്വതങ്ങളെ തിരിച്ചറിയുന്നു
- വ്യത്യസ്തതരം പർവ്വതങ്ങൾ രൂപം കൊള്ളുന്ന വിധം മനസിലാക്കുന്നു

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന മൂന്ന് കോളങ്ങൾ ചേരുംപടി ചേർക്കുക

(എ)	(ബി)	(സി)
നിക്ഷേപപർവ്വതങ്ങൾ	ഭൂവൽക്കചലനങ്ങൾ	പശ്ചിമഘട്ടം
അവശിഷ്ടപർവ്വതങ്ങൾ	അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ	സമ്മർദ്ദബലം
ഓറോജെനി	അപരദനപ്രക്രിയ	അഗ്നിപർവ്വതം

2. ഹിമാലയം _____ പർവ്വതത്തിനുദാഹരണമാണ്.
3. പശ്ചിമഘട്ടം _____ വിഭാഗത്തിൽപെട്ട പർവ്വതത്തിനുദാഹരണമാണ്.
4. ഹോസ്റ്റ്, ഗ്രാബെൻ ഇവ തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസമെന്ത്?
5. അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളും അവശിഷ്ട പർവ്വതങ്ങളും തമ്മിലുള്ള വ്യത്യാസം ഉദാഹരണ സഹിതം വിശദമാക്കുക.

11 ചലനാത്മക ഭൂമി
(THE DYNAMIC EARTH)

I9T3T5

11.1 ആമുഖം

ഭൂമുഖത്തെ അജ്ഞാതമായ കരഭാഗങ്ങൾ കണ്ടെത്താനായി നടത്തിയ പര്യവേഷണങ്ങളുടെയും മനുഷ്യന്റെ അന്വേഷണത്വരയുടെയും ഫലമായി ഏകദേശം 350 കൊല്ലങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് തന്നെ നിരവധി ലോക ഭൂപടങ്ങൾ നിർമിക്കപ്പെട്ടിരുന്നു. ഭൂപടങ്ങളിലും ഗ്ലോബുകളിലും തെക്കെ അമേരിക്കയുടെ കിഴക്കേ തീരത്തിന്റെയും ആഫ്രിക്കയുടെ പടിഞ്ഞാറെ തീരത്തിന്റെയും രൂപസാദൃശ്യം അക്കാലം മുതൽ തന്നെ ഭൗമശാസ്ത്രജ്ഞരുടെയും പര്യവേഷകരുടെയും ശ്രദ്ധയെ ആകർഷിച്ചിരുന്നു. ആഫ്രിക്കയുടെയും തെക്കെ അമേരിക്കയുടെയും തീരത്തേക്കാളുപരി അവയുടെ വൻകരാതട്ടിനെ ചേർത്തുവെച്ചാൽ ഈ വൻകരകൾ വളരെ നന്നായി ചേർന്നിരിക്കും.

11.2. ഭൂഖണ്ഡചലന (വൻകരാവിസ്ഥാപന) പരികൽപ്പന (Continental Drift Hypothesis)

ഭൂമിയിൽ ഇന്ന് കാണുന്ന ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെല്ലാം ഒരു പ്രാചീന ബ്രഹദ്ഭൂഖണ്ഡത്തിന്റെ വിഘടന ഫലമായുണ്ടായ ഭൂഭാഗങ്ങൾ അകന്ന് മാറി രൂപപ്പെട്ടതാണെന്നാണ് ഭൂഖണ്ഡചലന പരികൽപ്പന പ്രസ്താവിക്കുന്നത്. ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ പിളർന്ന് വേർപെട്ട് അവ ആപേക്ഷികമായി ഭൂമിയുടെ ധ്രുവത്തിൽ നിന്നും വിസ്ഥാപനം സംഭവിച്ച് ഇന്നത്തെ സ്ഥാനങ്ങളിലേക്കെത്തിയതാണെന്നാണ് ഈ പരികൽപ്പനയുടെ സംഗ്രഹം.

ഭൗമോപരിതലമോ ഭൂഖണ്ഡമോ മാറ്റത്തിന് വിധേയമാകാതെ സുസ്ഥിരമായി നിലകൊള്ളുന്നുവെന്നാണ് പലരും ധരിച്ചിരുന്നത്. ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ സ്ഥാനാന്തരചലനം ഇന്ന് ശാസ്ത്രജ്ഞന്മാർക്ക് വ്യക്തമായി കണ്ടുപിടിക്കാൻ കഴിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ ഇരു കരകളിലുമായി നിലകൊള്ളുന്ന വൻകരകളായ ആഫ്രിക്കയും തെക്കെ അമേരിക്കയും തമ്മിലുള്ള സാമ്യതകളും പരസ്പരം കൂടിച്ചേരാൻ തക്ക വണ്ണമുള്ള ഈ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ അതിരുകളുടെ സവിശേഷതകളും ഭൂപട നിർമാതാക്കളുടെ ശ്രദ്ധയാകർഷിച്ച ഒരു വസ്തുതയായിരുന്നു. ചിത്രത്തിൽ (ചിത്രം 11.1) കാണുന്നതുപോലെ ആഫ്രിക്കൻ വൻകരയുടെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരത്തെ ഉൾക്കടലിന്റെ ആകൃതിക്ക്

ചിത്രം 11.1
തെക്കെ അമേരിക്കയുടെയും ആഫ്രിക്കയുടെയും തീരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ജിഗ്സോ രൂപ സാദൃശ്യം

സമാനമായി തെക്കെ അമേരിക്കൻ വൻകരയുടെ കിഴക്ക് തീരത്തിന്റെ (ബ്രസീലിന്റെ) 'മുഴപ്പ്' അവ തമ്മിലുള്ള ഘടനാപരമായ ചേർച്ചയെ വിളിച്ചറിയിക്കുന്നു. ഒരു ജിഗ്സോ പ്രശ്നത്തിലെ കഷണങ്ങൾ തമ്മിൽ ചേർത്തുവച്ചാൽ കിട്ടുന്നതിന് സമാനമായ രൂപ സാദൃശ്യം ഇവിടെ കാണാവുന്നതാണ്.

വൻകരകളുടെ രൂപ സാദൃശ്യം കേവലം യാദൃശ്ചികമായിട്ടല്ല ശാസ്ത്രജ്ഞർ കണ്ടത്. ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ എന്നും സ്ഥായിയായി നില നിന്നിരുന്നില്ല എന്നും അവ വ്യതിചലിച്ചിരുന്നിരിക്കാം എന്നും വിവിധ ശാസ്ത്രജ്ഞർ അഭിപ്രായപ്പെട്ടിരുന്നു. എന്നാൽ ഈ വിഷയത്തിൽ ഏറ്റവും മൗലികവും ബൃഹത്തുമായ ആശയങ്ങൾ അവരിപ്പിച്ചത് 1912-ൽ ജർമ്മൻ കാലാവസ്ഥാശാസ്ത്രജ്ഞനായിരുന്ന ആൽഫ്രഡ് വെഗ്നറാണ് (ചിത്രം 11.2)

ചിത്രം 11.2
ആൽഫ്രഡ് വെഗ്നർ

ലോകഭൂപടം പഠനവിധേയമാക്കി വെഗ്നർ തെക്കെ അമേരിക്കയുടെയും ആഫ്രിക്കയുടെയും ഭൂഖണ്ഡാകൃതിയിലുള്ള പരസ്പര ബന്ധം ശ്രദ്ധിച്ചു. അഭിമുഖമായി കിടക്കുന്ന ഈ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ തീരങ്ങൾ തമ്മിൽ ചേർത്തുവെച്ചാൽ അവ പണ്ടെപ്പോഴോ ഒന്നായിരുന്നു എന്ന് വിശദീകരിക്കാൻ മതിയായ ചേർച്ച കാണപ്പെടുന്നതായി വെഗ്നർ വാദിച്ചു. അതുപോലെത്തന്നെ യൂറോപ്യൻ ഭൂഖണ്ഡവും ആഫ്രിക്കൻ ഭൂഖണ്ഡവും തമ്മിലും ഘടനാപരമായ ചേർച്ച കാണാവുന്നതാണ്.

വിവിധ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിൽ നിന്നും ലഭ്യമായ ഫോസിലുകളുടെ സമാനസ്വഭാവും, ഭൂമുഖത്തുണ്ടായ ഹിമയുഗത്തിന്റെ സൂചനകളും വ്യത്യസ്ത ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിൽ സമാന ശിലാപാളികൾ കാണപ്പെടുന്നതുമെല്ലാം ഭൂഖണ്ഡചലനമെന്ന ആശയത്തിന് സൈദ്ധാന്തിക രൂപം നൽകുവാൻ വെഗ്നർ ആശ്രയിച്ചിരുന്നു.

ഇന്ന് നാം കാണുന്ന ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെല്ലാം ഏകദേശം 225 ദശലക്ഷം കൊല്ലങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് ഒന്നായിരുന്നുവെന്ന് വെഗ്നർ അനുമാനിക്കുകയുണ്ടായി. ഒന്നായ ഭൂമി എന്നർഥം വരുന്ന 'പാൻജിയ' എന്ന പേരിൽ ആ ബൃഹത്വൻകര അറിയപ്പെടുന്നു. അതിനെ ചുറ്റി അതിവിസ്തൃതമായൊരു മഹാസമുദ്രം (പന്തലാസ്സ) മാത്രമാണുണ്ടായിരുന്നത്. ഏകദേശം 200 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് (ജുറാസ്സിക് മഹായുഗം) പാൻജിയ പിളർന്ന് രണ്ട് വലിയ വൻകരകളായി അകന്നുമാറാനാരംഭിച്ചു. കാലാന്തരത്തിൽ ഈ വൻകരകളോരോന്നും പരസ്പരം അകന്നു മാറിയതോടൊപ്പം വീണ്ടും പിളരുകയും അവയുടെ ഭാഗങ്ങൾ വിവിധ ദിശകളിലേക്ക് സ്ഥാനചലനത്തിനു (വിസ്ഥാപനം) വിധേയമാകുകയും ചെയ്തു. വൻകരകൾ ഇന്ന് കാണുന്ന സ്ഥാനങ്ങളിലേക്ക് ഇത്തരത്തിൽ ചലനം സംഭവിച്ചെത്തിയതാണെന്നാണ് വെഗ്നറുടെ കണ്ടെത്തൽ.

തന്റെ കണ്ടെത്തലുകൾക്ക് ബലമേകാൻ വെഗ്നർ നിരവധി തെളിവുകൾ ക്രോഡീകരിക്കുകയും ഒരു സിദ്ധാന്തരൂപേണ തന്റെ ആശയങ്ങൾ അവതരിപ്പിക്കുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. വിവിധ ഭൗമശാസ്ത്രശാഖകളെ അടിസ്ഥാനമാക്കി വിശദമായ പഠനങ്ങൾ നടത്തി ഭൗമശാസ്ത്രത്തിന് വിപ്ലവകരമായ സംഭാവനകൾ നൽകിയ പ്രഥമവ്യക്തിയായി വെഗ്നറെ അംഗീകരിക്കേണ്ടതുണ്ട്.

11.2.1 ഭൂഖണ്ഡ ചലനത്തിന്റെ തെളിവുകൾ (Evidences for Continental Drift)

ഭൂഖണ്ഡചലനത്തെ പിന്തുണയ്ക്കുന്ന ഏതാനും തെളിവുകൾ താഴെ പ്രസ്താവിക്കുന്നു.

i) ഭൂഖണ്ഡ (വൻകര)അതിരുകളുടെ ചേർച്ച

ii) ശിലാപാളികളുടെയും ശിലാഘടനാ സവിശേഷതകളുടെയും സമാനത

iii) പുരാതന കാലാവസ്ഥാതെളിവുകൾ

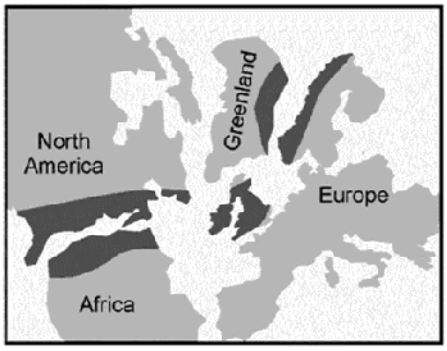
iv) ഫോസിൽ സംബന്ധമായ തെളിവുകൾ

ഇനി നമുക്ക് ഓരോ തെളിവുകളെയും കുറിച്ച് അല്പം ചുരുക്കി പഠിക്കാം.

ചിത്രം 11.3 അറ്റലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ ഇരു തീരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള ചേർച്ച

i) ഭൂഖണ്ഡ അതിരുകളുടെ ചേർച്ച (Fit of Continental Margins)

ബെൽജിയൻ ഭൂപട നിർമാതാവായിരുന്ന എബ്രഹാം ഓർട്ടീലിയസ്, മൂന്ന് നൂറ്റാണ്ടുകൾക്ക് മുമ്പുതന്നെ ശ്രദ്ധിച്ചിരുന്ന തെക്കെ അമേരിക്കയുടെയും ആഫ്രിക്കയുടെയും കടൽത്തീരങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള പൊരുത്തം വൻകരാവിസ്ഥാപനത്തിന്റെ ഏറ്റവും പ്രധാന തെളിവായി ആൽഫ്രഡ് വെഗ്നർ സ്വീകരിച്ചു. (ചിത്രം 11.3). നേരത്തെ സൂചിപ്പിച്ചിരുന്നതു പോലെ, തെക്കെ അമേരിക്കയുടെയും ആഫ്രിക്കയുടെയും വൻകരാത്തട്ടിന് (continental shelf) പകരം വൻകരാ ചരിവ് (continental slope) അതിരായെടുത്ത് സമുദ്രജല നിരപ്പിൽ നിന്നും 2000 മീറ്റർ താഴെ കൂടുതൽ മെച്ചമായ രീതിയിൽ തന്നെ ചേർച്ച കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്.



ചിത്രം 11.4 പർവ്വത മേഖലകളുടെ തുടർച്ച (കരുത്ത ഷേഡ്)

ii) ശിലാ ശ്രേണികളുടെയും ശിലാഘടന സവിശേഷതകളുടെയും സമാനത (Similarity of rock sequences and structural features)

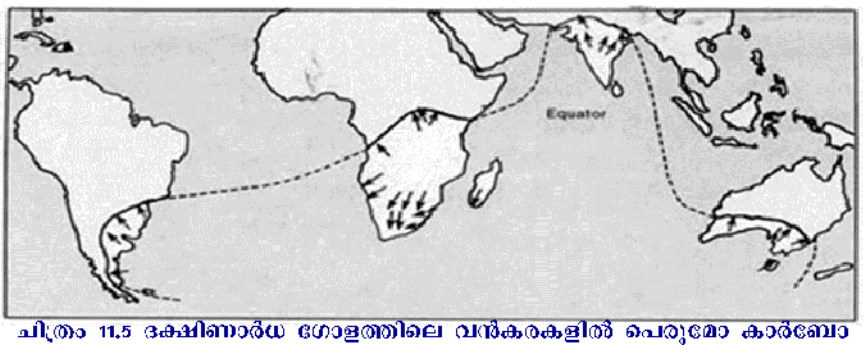
ഒരു വൻകരയിലെ ചില ഭൂവൈജ്ഞാനിക സവിശേഷതകളുടെ തുടർച്ചയെ മറ്റൊരു വൻകരയിൽ കാണാം. ശിലാ ഖണ്ഡങ്ങൾ, ഫോൾഡുകൾ, ഭ്രംശനങ്ങൾ പോലെയുള്ള ശിലാഘടനാരൂപങ്ങൾ, ഒരേ പ്രായത്തിലുള്ള ശിലാമണ്ഡലങ്ങൾ, തുടങ്ങിയവയെല്ലാം സമുദ്രങ്ങളാൽ വേർപെട്ട് കിടക്കുന്ന വിവിധ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിൽ സമാനതകളോടെ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. പർവ്വത മേഖലകളുടെ വിന്യാസക്രമം ഒരുദാഹരണമാണ്. (ചിത്രം 11.4). വടക്കെ അമേരിക്കയിലെ അപ്പലാച്യൻ പർവ്വതനിര കിഴക്കൻ കാനഡയിലൂടെ ന്യൂഫൗണ്ട് ലാൻഡിൽ വച്ച് അപ്രത്യക്ഷമാവുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. വളരെ സമാനത പുലർത്തുന്നതും തത്തുല്യ പഴക്കവുമുള്ള ശിലകളടങ്ങിയതുമായ

ഒരു പർവ്വതനിര ഇതിന്റെ തുടർച്ചയെന്നോണം കിഴക്കൻ ഗ്രീൻലാൻഡ്, അയർലാൻഡ്, ഗ്രേറ്റ് ബ്രിട്ടൻ, നോർവെ എന്നിവിടങ്ങളിൽ പ്രത്യക്ഷമാവുകയും ചെയ്യുന്നുണ്ട്. ഈ കരഭാഗങ്ങളെല്ലാം ചേർത്തുവച്ചാൽ, പർവ്വതങ്ങളെല്ലാംകൂടി നീണ്ട ഒരൊറ്റ നിരയായി നിലകൊള്ളുന്നതാണ്.

iii) പുരാതന കാലാവസ്ഥ തെളിവുകൾ (Palaeoclimatic Evidence)

സവിശേഷമായ ഓരോ കാലാവസ്ഥകളിലും രൂപം കൊള്ളുന്ന ശിലാനിക്ഷേപങ്ങൾ ഇന്ന് തികച്ചും വ്യത്യസ്തമായ കാലാവസ്ഥ അനുഭവപ്പെടുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നത് മറ്റൊരു പ്രധാന തെളിവാകുന്നു. പാലിയോസോയിക് കാലഘട്ടത്തിലുണ്ടായ ഹിമാനികൾ നിക്ഷേപിച്ച അവസാദശിലാസ്തരങ്ങളുടെ സമാനതയാണ് ഇത്തരത്തിൽ തെളിവ് നൽകുന്നത്. പാലിയോസോയിക് ഹിമയുഗത്തിന്റെ സൂചന നൽകുന്ന ഒട്ടേറെ തെളിവുകൾ ദക്ഷിണാർധഗോളത്തിൽ അങ്ങോളമിങ്ങോളം കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. തെക്കെ അമേരിക്ക, ആഫ്രിക്ക, അന്റാർട്ടിക്ക, ആസ്ട്രേലിയ, ഇന്ത്യൻ ഉപദ്വീപ് എന്നിവിടങ്ങളിലെല്ലാം പാലിയോസോയിക് കാലത്തെ ഹിമാനി നിക്ഷേപങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. അതുപോലെ, ഉഷ്ണ മേഖലപ്രദേശങ്ങളിൽ മാത്രം കാണേണ്ട കൽക്കരി അവശിഷ്ടങ്ങൾ വടക്കേ അമേരിക്കയിലും യൂറോപ്പിലും കാണപ്പെടുന്നത് ഈ ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ പണ്ട് ഭൂമധ്യരേഖാ പ്രദേശത്തോടടുത്തായിരുന്നു എന്നതിന്റെ തെളിവാണ്.

ഹിമാനികൾ നീങ്ങുമ്പോൾ അവ പലതരം ശിലാശകലങ്ങൾ വഹിച്ചുകൊണ്ട് വന്ന് നിക്ഷേപിക്കും. ഇതിൽ നിന്നുണ്ടാകുന്ന നിക്ഷേപങ്ങളായ ടില്ലൈറ്റുകളും ഹിമാനികൾ ശിലോപരിതലത്തിൽ ഉരസി കാർന്ന് നീങ്ങുമ്പോഴുണ്ടാകുന്ന അടയാളങ്ങളായ സ്ട്രയേഷനുകളും (striations) വൻകരാ വിസ്ഥാപനത്തിന് സുപ്രധാന തെളിവിലേക്കാണ് നയിക്കുന്നത്. ഹിമാനികൾ ഒഴുകി നീങ്ങിയതിന്റെ ദിശ നിർണയിക്കാൻ ശിലോപരിതലങ്ങളിൽ അവശേഷിച്ച പാടുകളായ സ്ട്രയേഷനുകൾ സഹായകമാണ്. വൻകരകളെല്ലാം ഇന്നത്തെ സ്ഥാനത്ത് തന്നെയായിരുന്നു അക്കാലഘട്ടത്തിലെന്ന് സങ്കൽപ്പിച്ചാൽ ഹിമാനികൾ സമുദ്രത്തിൽ നിന്ന് ഈ വൻകരകളുടെ ഉൾഭാഗത്തേക്കാണ് സഞ്ചരിച്ച് നീങ്ങിയതെന്ന് വരുന്നതാണ്! (ചിത്രം 11.5). ഹിമാനികൾ പർവ്വതങ്ങളിൽ നിന്നും ഒഴുകി സമതലത്തിലിറങ്ങി കടലിലേക്ക് നീങ്ങുക എന്ന യാഥാർഥ്യത്തിന് നിരക്കാത്തതാണ് ഇക്കാര്യം.



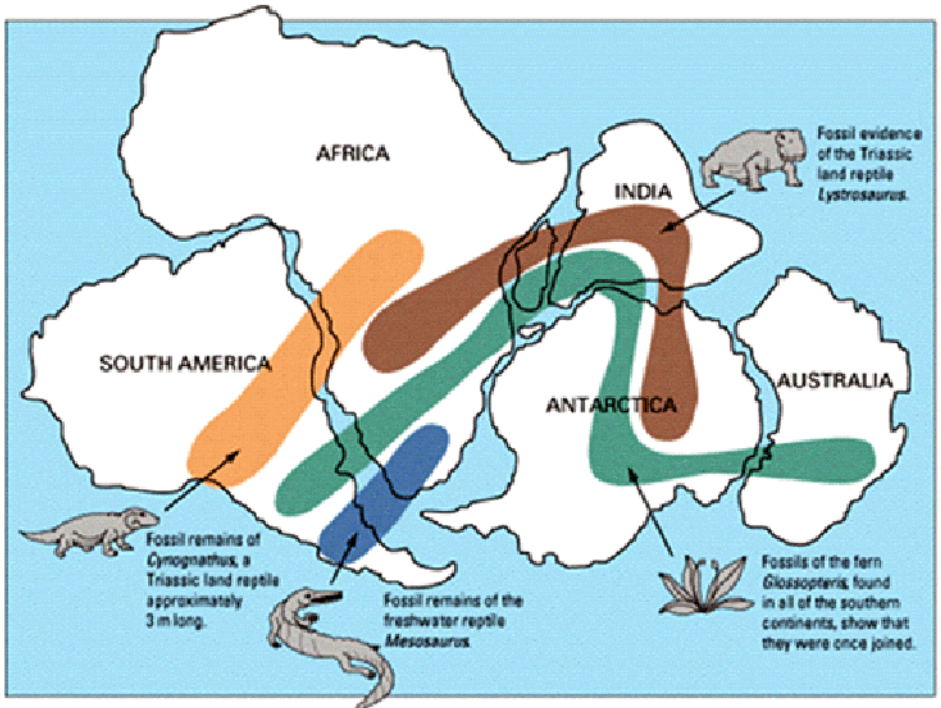
ചിത്രം 11.5 ദക്ഷിണാർധ ഗോളത്തിലെ വൻകരകളിൽ പെരുമോ കാർബോണിഫെറസ് കാലഘട്ടത്തിൽ രൂപം കൊണ്ട ഹിമാനീയ പാടുകളുടെ ദിശ.

ചിത്രം 11.6 പെർമോ-കാർബോണിഫെറസ് കാലഘട്ടത്തിൽ ദക്ഷിണാർധ ഗോളത്തിലെ വൻകരകളുടെ പുനരാവിഷ്കാരം

എന്നാൽ, വെഗ്നർ പ്രസ്താവിച്ച ബ്രഹത് വൻകര സങ്കൽപത്തെ അംഗീകരിച്ചാൽ ഈ പ്രശ്നത്തിന് പരിഹാരമാകും. വൻകരകൾ എല്ലാം കൂടിച്ചേർന്ന ബൃഹദ് ഭൂഖണ്ഡത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് ഹിമാനികൾ പെർമോ - കാർബോണിഫേറസ് കാലഘട്ടത്തിൽ കേന്ദ്രീകരിച്ചിരുന്നുവെന്ന് ഈ ഗ്ലേഷ്യൽ സ്ട്രയേഷനുകൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നു.ദക്ഷിണ ധ്രുവപ്രദേശത്ത് കേന്ദ്രീകരിച്ചിരുന്ന ഈ ബൃഹദ് ഭൂഖണ്ഡം ഏകദേശം 250 നും 350 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കു മുമ്പ് ഹിമാനികൾ കൊണ്ട് മൂടിക്കിടന്നിരുന്നതായി മനസ്സിലാക്കുകയും ചെയ്യാം.

iv) ഫോസിൽ സംബന്ധമായ തെളിവുകൾ (Fossil Evidences)

പ്രാചീന ജന്തുക്കളുടെയും സസ്യജാലങ്ങളുടെയും അവശിഷ്ടങ്ങളും തെളിവുകളുമാണ് ഫോസിലുകൾ. സമാനമായ ജീവിവർഗങ്ങളുടെ ഫോസിലുകൾ വ്യത്യസ്ത സ്ഥാനങ്ങളിൽ വിന്യസിക്കപ്പെട്ട് കിടക്കുന്ന വൻകരകളിൽ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. തെക്കെ അമേരിക്കയിൽ നിന്നും ആഫ്രിക്കയിൽ നിന്നും സമാനമായ സസ്യ- ജന്തുജാലങ്ങളുടെ ഫോസിൽ കണ്ടെത്തിയത് വിശദീകരിക്കാൻ, സമുദ്രങ്ങളെ തമ്മിൽ ബന്ധപ്പെടുത്തുന്ന പ്രകൃതിദത്ത മൺപാലങ്ങളെ സങ്കൽപ്പിച്ച് കൊണ്ടുള്ള നിരീക്ഷണങ്ങൾ വേഗ്നറുടെ ശ്രദ്ധയിൽപ്പെട്ടിരുന്നു. സമുദ്രങ്ങളും ഭൂഖണ്ഡങ്ങളും അതിൽ വളരുന്ന



ചിത്രം 11.7 ദക്ഷിണാർധ ഗോളത്തിലെ ഫോസിൽ തെളിവുകളുടെ ഭൂമിശാസ്ത്ര വിതരണ ക്രമം

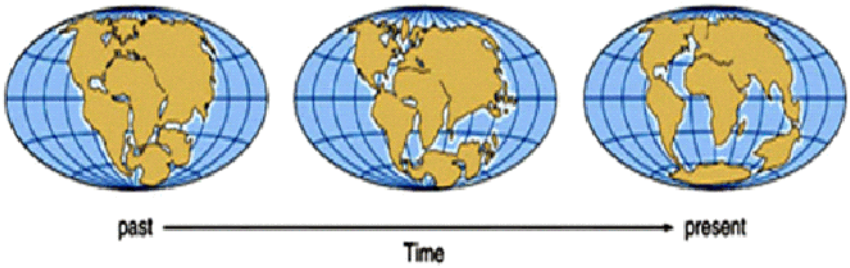
സസ്യജന്തു ജാലങ്ങൾക്ക് ഒരു സീമയായി ഭവിക്കാറുണ്ടല്ലോ? അതിനാൽ യൂറോപ്പ്, മഡഗാസ്കർ, വടക്കെ അമേരിക്ക, ഇന്ത്യ തുടങ്ങിയ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിൽ നിന്നും ലഭിച്ച സമാനമായ ഫോസിൽ തെളിവുകൾ വളരെ പ്രാധാന്യമർഹിക്കുന്ന സംഗതിയാണ്. ഒരു ഭൂഖണ്ഡത്തിൽ നിന്ന് മറ്റൊന്നിലേക്കോ ഒരു സമുദ്രത്തിൽ നിന്നും മറ്റൊരു സമുദ്രത്തിലേക്കോ ജീവജാലങ്ങൾ സഞ്ചരിച്ചെത്തിയതാണെന്ന് കരുതുന്നത് വളരെ പ്രയാസകരമാണ്. വെഗ്നർക്ക് മുമ്പുള്ളവർ സങ്കൽപിച്ചിരുന്ന മൺപാലവും സങ്കൽപ്പാതീതമാണ്. വെഗ്നർ സങ്കൽപ്പിച്ചത് പോലെ ഒരു കാലത്ത് ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെല്ലാം ഒന്നായിരുന്നു എന്ന അനുമാനമാണ് കൂടുതൽ വിശ്വസനീയമാകുന്നത്. വിശദമായ പഠനങ്ങളിൽ നിന്നും ബോധ്യപ്പെട്ട പ്രകാരം വിവിധ ഫോസിലുകൾ ഇത്തരത്തിൽ സമാനതകൾ കാട്ടുന്നതായി തെളിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. ഇന്ന് കാണുന്ന ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെയെല്ലാം കൂടി ചേർത്തുവച്ചാൽ താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചിത്രത്തിലേത് പോലെ (ചിത്രം 11.7) ചില ജീവജാലങ്ങളുടെ ഫോസിലുകളുടെ സാന്നിധ്യം പല ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിലുമായി വ്യാപിച്ചുകിടക്കുന്നതു വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയും.

ഒരേ ജനുസ്സിൽ പെട്ട ഫോസിൽ വളരെ ദൂരത്തിൽ അകന്നു കിടക്കുന്ന വൻകരകളിൽ കാണപ്പെടുന്നത് വൻകരാവിസ്ഥാപനത്തിന് തെളിവേകുന്ന സുപ്രധാന വസ്തുതയാണ്. ഓരോ വൻകരകളിലെയും പരിസ്ഥിതി ഘടകങ്ങളും ശീതോഷ്ണ സ്ഥിതിയുമെല്ലാം വ്യത്യസ്തമാണല്ലോ. വൻകരാ വിസ്ഥാപനത്തിന് ബലമേകുന്ന സുപ്രധാന തെളിവാണ് ഫോസിലുകളുടെ വിതരണക്രമം. ഏറെക്കുറെ സമാനമായ സസ്യഫോസിലുകൾ (ഗ്ലോസോപ്ടെറിസ് (Glossopteris) എന്നറിയപ്പെടുന്ന) നിലവിലെ ദക്ഷിണാർധഗോള വൻകരകളിലെ തത്തുല്യ പ്രായമുള്ള അവസാദശിലാപാളികളിൽ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. സമുദ്രങ്ങളാൽ വളരെയധികം വേർപ്പെട്ട് കിടക്കുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ ഇവയുടെ വ്യാപകമായ വിതരണം വിശദീകരിക്കാൻ പ്രയാസമാണ്. ചിലർ ധരിച്ചതു പോലെ ഈ സസ്യത്തിന്റെ വിത്തുകൾ കാറ്റിനാൽ ദീർഘദൂരം വഹിക്കപ്പെട്ടതാകാമെന്നത് ശരിയല്ല. കാരണം, വംശനാശം സംഭവിച്ച ഗ്ലോസോപ്ടെറിസ് സസ്യജാലത്തിന്റെ വിത്തുക്കൾ സമുദ്രത്തിന് കുറുകെ കാറ്റിന് വഹിച്ച് കൊണ്ട് പോകാൻ സാധിക്കുന്നതിനേക്കാൾ വലുപ്പമേറിയവയായിരുന്നു.

കശേരുക്കളോട് കൂടിയ ചില ഉരഗങ്ങളുടെ ഫോസിലുകളുടെ ഭൂമിശാസ്ത്രപരമായ വിതരണക്രമവും തെക്കെ അമേരിക്ക, ആഫ്രിക്ക, അന്റാർട്ടിക എന്നിവയുടെ മുൻകാലയോജിപ്പിലേക്ക് വിരൽ ചൂണ്ടുന്നുണ്ട്. വംശനാശം സംഭവിച്ച ശുദ്ധജല ഉരഗമായ മീസോസോറസി (Mcsosaurus) ന്റേയും കരയിൽ ജീവിക്കുന്ന മറ്റ് ചല ഉരഗങ്ങളുടെയും ഫോസിലുകൾ ഇത്തരത്തിൽ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. കൂടാതെ, അന്റാർട്ടിക്കയിൽ നിന്നും ഉഷ്ണമേഖലാ സസ്യജാലങ്ങളുടെ ഫോസിലുകൾ (കൽക്കരി നിക്ഷേപങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ) കണ്ടെത്തിയതിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കുന്നത്, ഈ ശീതഭൂമി, ഭൂമധ്യരേഖയോടടുത്ത് മുമ്പുകാലത്ത് സ്ഥിതി ചെയ്യിരുന്നുവെന്നാണ്. തെക്കെ അമേരിക്കയിലെയും ആഫ്രിക്കയിലെയും സമാനപഴക്കമുള്ള ശിലകൾ സമുദ്രതടത്തിന് കുറുകെ ചേർത്തുവച്ചാൽ സവിശേഷമായ ഒരു വിതരണക്രമം തന്നെ കാണിക്കുന്നുണ്ട്.

11.2.2 വൻകരാവിസ്ഥാപന പരികൽപ്പനയുടെ വിലയിരുത്തൽ (Evaluation of the Continental Drift Hypothesis)

വൻകരകളെല്ലാം കൂട്ടിയോജിപ്പിച്ചാൽ അവയിലെ ഭൂവൈജ്ഞാനികവും ഫോസിൽ സംബന്ധവും മറ്റുമായ തെളിവുകളെല്ലാം കീറിയ ഒരു വർത്തമാന പത്രം ചേർത്തു വെച്ചാൽ ലഭിക്കുന്നത് പോലെ പരസ്പരം ചേർന്നു വരുന്നതാണ്. ഭൂവൈജ്ഞാനികവും പുരാ ജൈവ ശാസ്ത്രപരവുമായ തെളിവുകളെല്ലാം ഏകോപിച്ചുകൊണ്ട് ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലഘട്ടത്തിൽ ഒരൊറ്റ പുരാതന ബ്രഹദ്‌വൻകര (പാൻജിയ എന്ന് നാമകരണം ചെയ്യപ്പെട്ട) നിലനിന്നിരുന്നതായി വെഗ്നർ അഭിപ്രായപ്പെട്ടു. ഭൗമ ചരിത്രത്തിൽ, 200 ദശലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്ക് മുമ്പ് ഈ പുരാതനവൻകര പിളരാനാരംഭിക്കുകയും അതിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ പരസ്പരം അകന്ന് മാറുകയും ചെയ്തുവെന്ന് അദ്ദേഹം നിർദേശിച്ചു. അമേരിക്കയുടെ പരിഞ്ഞാറോട്ടുള്ള ചലനം അറ്റ്‌ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ



ചിത്രം 11.8 വിവിധ കാലഘട്ടത്തിലെ വൻകരകളുടെ സ്ഥാനചലനം

രൂപീകരണത്തിന് കാരണമായി. ഇന്ത്യൻ ഉപദ്വീപ് വടക്കോട്ട് സഞ്ചരിച്ച് യൂറേപ്യൻ വൻകരയുമായി കൂടിച്ചേരുകയും ഹിമാലയൻ പർവ്വതരൂപീകരണത്തിൽ കലാശിക്കുകയും ചെയ്തു. വിവിധ കാലഘട്ടത്തിലൂടെ വൻകരകൾക്കുണ്ടായ സ്ഥാനചലനം ചിത്രം 11.8 കാണിക്കുന്നു.

വൻകരാവിസ്ഥാപന പരികൽപ്പന പർവ്വതങ്ങളുടെ രൂപീകരണത്തിനും അവയുടെ നിലവിലെ വിതരണക്രമത്തിനും ഒരു യുക്തമായ വിശദീകരണം നൽകുന്നുണ്ട്. സങ്കോച സിദ്ധാന്തം (contraction theory) ചർച്ച ചെയ്യപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരുന്ന സമയമായിരുന്നു വെഗ്നറുടെ കാലഘട്ടം. ഈ സിദ്ധാന്തം ശരിയാണെങ്കിൽ ഭൂമുഖത്ത് പർവ്വത നിരകൾ ഏറെക്കുറെ തുല്യമായി വിന്യസിക്കപ്പെടുകയും അവയുടെ പ്രായം തുല്യമായിരിക്കുകയും ചെയ്യണം. ഇത് ശരിയല്ലെന്ന് വ്യക്തമായി അറിയാവുന്നതാണ്. ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ ചലിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ മുന്നോട്ട് നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന അറ്റത്ത് അതിനെതിരെ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന ചെറുത്തുനിൽപ് മൂലം അവിടെ ചെന്നിടിച്ച് ഞെരുങ്ങിയമർന്ന് ശിലാപാളികൾ വലനം സംഭവിച്ച് മടക്കു പർവ്വതങ്ങളായി ഉയർത്തപ്പെടുന്നുവെന്നാണ് വെഗ്നർ നൽകിയ വിശദീകരണം. ഉപദ്വീപീയ ഇന്ത്യയുടെ വടക്കോട്ടുള്ള സഞ്ചാരമാണ് ഹിമാലയ പർവ്വത രൂപീകരണത്തിന് കാരണമായതെന്നുമാണ് അദ്ദേഹം വാദിച്ചത്.

ഭൂഖണ്ഡചലനത്തിന് ഒരു യന്ത്രസൂത്രം (Mechanism) നൽകുവാൻ വെഗ്നർ ശ്രമിച്ചിരുന്നു. ഭൂഭ്രമണത്തിന്റെ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന അപകേന്ദ്രബലത്തിന്റെ പ്രവർത്തനഫല

മായി ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾ വലിക്കപ്പെടുകയും അവ അകന്നുമാറുകയും ചെയ്യുന്നുവെന്ന് അദ്ദേഹം വിശ്വസിച്ചു. ഉത്തരദക്ഷിണ ധ്രുവപ്രദേശങ്ങളിലുള്ള വസ്തുക്കളെ ഭൂമധ്യ രേഖാപ്രദേശത്തേക്ക് വലിക്കുന്ന ശക്തിയാണിത്. "ധ്രുവ പ്രദേശത്തു നിന്നും അടർന്നു പോകുന്ന ബലം" (Polflucht or "polefleeing force") എന്നാണിതിന് അദ്ദേഹം അതിന് പേർ നൽകിയത്. വൻകരകളെ നീക്കാനുള്ള ബലമൊന്നും അതിനില്ല എന്നതിനാൽ ഈ വ്യാഖ്യാനങ്ങളെ ശാസ്ത്രലോകം തള്ളികളയുകയുണ്ടായി. ഭൂമിയിലെ വേലിയേറ്റ പ്രതിഭാസത്തിന് കാരണമായിത്തീരുന്ന സൂര്യന്റെയും ചന്ദ്രന്റെയും ആകർഷണ ബലവും ഭൂഖണ്ഡചലനത്തിന് കാരണമായതായി അദ്ദേഹം പ്രസ്താവിച്ചിരുന്നു.

തന്റെ ആശയത്തിന് ബലമേകുന്ന ഒട്ടേറെ തെളിവുകളുണ്ടായിരുന്നിട്ടും വൻകരകളെ പിളർക്കാനും തുടർന്ന് പാർശ്വദിശകളിലേക്ക് വിശാല വൻകരാഭാഗങ്ങളുടെ സ്ഥാന ചലനത്തിനും ആവശ്യമായ ബലം ഏതായിരുന്നുവെന്ന് തൃപ്തികരമായി വിശദീകരിക്കാൻ വെഗ്നർക്കായില്ല. പ്രമുഖരായ ഭൂവൈജ്ഞാനികരിൽ ഭൂരിഭാഗവും വെഗ്നറുടെ സിദ്ധാന്തത്തെ തള്ളിക്കളഞ്ഞിരുന്നു. ഭീമമായവയും ഉറച്ചവയുമായ വൻകരകളെ ഭൂമുഖത്ത് കൂടി വലിച്ചുകൊണ്ട് നടക്കാനുള്ള ചാലകശക്തി വിഭാവനം ചെയ്യാൻ ഈ സിദ്ധാന്തത്തിന് കഴിയുന്നില്ല എന്നതായിരുന്നു പ്രധാന കാരണം. തെളിവുകൾ കൂടുതലും ദക്ഷിണാർധ ഗോളത്തിലെ വൻകരകളിൽ നിന്ന് ശേഖരിച്ചവയായിരുന്നു. ഭൂരിഭാഗം ഭൂവൈജ്ഞാനികരും ഉത്താർധ ഗോളത്തിൽ വസിച്ചിരുന്നുവെന്നതും അവിശ്വസനീയതയ്ക്ക് കാരണമായി. വൻകരകളുടെ നീക്കത്തിന് വേണ്ട ശക്തി എവിടെ നിന്ന് വരുന്നുവെന്നോ, നീക്കത്തിന്റെ യന്ത്രസൂത്രം (mechanism) ഏതെന്നോ ശരിയായി വിശദീകരിക്കാൻ കഴിയാതെ ഭൂഖണ്ഡചലനസിദ്ധാന്തം ആദ്യകാലത്ത് അംഗീകരിക്കപ്പെടാതെ പോകുകയായിരുന്നു. എന്നാൽ പലർക്കും ഇന്ന് അദ്ദേഹത്തിന്റെ കണ്ടെത്തലുകൾ തികച്ചും ശരിയായിരുന്നുവെന്ന് പിൽക്കാല പഠനങ്ങളിലൂടെ വ്യക്തമായിട്ടുണ്ട്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. വൻകരാചലനത്തിന് ഉപോത്ബലകമായി വെഗ്നർ ശേഖരിച്ച തെളിവുകൾ ഏതെല്ലാം?
2. വൻകരാചലനത്തിന് നിദാനമായ ചാലക ബലത്തെ വെഗ്നർ വിശദീകരിച്ചത് എപ്രകാരമായിരുന്നു?

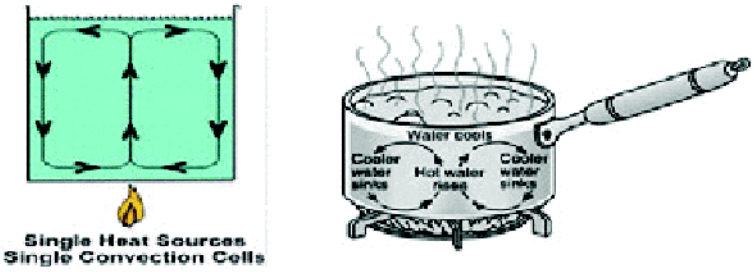
വൻകരാവിസ്ഥാപന സിദ്ധാന്തം - പുനരവലോകനം (Revival of the Continental Drift Hypothesis)

1928 ൽ അമേരിക്കൻ അസോസിയേഷൻ ഓഫ് പെട്രോളിയം ജിയോളജിസ്റ്റ്സ് സംഘടിപ്പിച്ച അന്താരാഷ്ട്ര സിമ്പോസിയത്തിൽ ഭൂഖണ്ഡചലനസിദ്ധാന്തം പുനഃപരിശോധിക്കുകയുണ്ടായി. വൻകരകളെ സമുദ്രത്തറയിലൂടെ തള്ളി നീക്കപ്പെടുന്നുവെന്ന ആശയത്തെ അംഗീകരിക്കാൻ പല ശാസ്ത്രജ്ഞർക്കും കഴിഞ്ഞില്ല. വ്യക്തമായ ശാസ്ത്രീയ വ്യാഖ്യാനം നൽകാൻ കഴിയാത്തതിനാൽ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ ചലനമെന്ന ആശയത്തിന് പിൻബലമേകാൻ ശാസ്ത്രലോകത്തിന് കഴിഞ്ഞില്ല. എന്നിരുന്നാലും

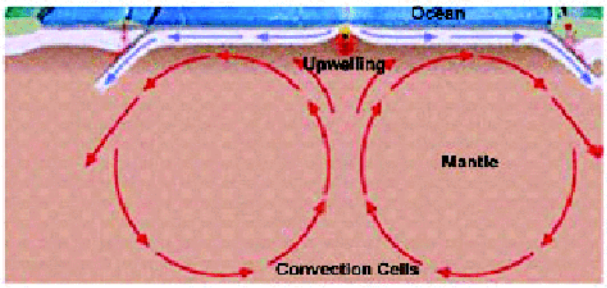
ഒരിക്കൽക്കൂടി ഇതിന്റെ കാരണങ്ങളെ വിശകലനം ചെയ്യേണ്ടതായി പലർക്കും അഭിപ്രായമുണ്ടായിരുന്നു. വെഗ്നർ തന്റെ ജീവിതം തുടർന്നും പര്യവേഷണങ്ങൾക്കും തെളിവു ശേഖരണത്തിനുമായി നീക്കിവക്കുകയായിരുന്നു. ഗ്രീൻലാൻഡിൽ ശൈത്യ കാല കാലാവസ്ഥാകേന്ദ്ര സ്ഥാപനത്തിനായി പര്യവേഷണം നടത്തിക്കൊണ്ടിരിക്കേ 1930 ൽ പക്ഷെ വെഗ്നർ യാദൃശ്ചികമായി മരണപ്പെടുകയാണുണ്ടായത്. എന്നാൽ അദ്ദേഹം ആളിക്കത്തിച്ച വിവാദം പിൽക്കാലത്ത് തുടർന്നുകൊണ്ടേയിരുന്നു.

വെഗ്നർക്ക് പിന്തുണയുമായി 1937 ൽ അലക്സ് എൽ. ഡു.ടോയിറ്റ് രംഗത്തു വന്ന് ഭൂഖണ്ഡചലനസിദ്ധാന്തത്തെ പുനരാവിഷ്കരിക്കുകയുണ്ടായി. അദ്ദേഹം രണ്ട് അതി ബൃഹദ് ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെ പ്രാക് ഭൂഖണ്ഡങ്ങളായി വിഭാവനം ചെയ്തു. ആഫ്രിക്ക, തെക്കെ അമേരിക്ക, ആസ്ട്രേലിയ, അന്റാർട്ടിക്ക എന്നീ വൻകരകളും കൂടാതെ ഇന്ത്യൻ ഉപ ദ്വീപ്, മഡഗാസ്ക്കർ എന്നിവയും അടങ്ങിയ ' ഗോണ്ട്വാനാലാൻഡ് ' ദക്ഷിണാർധ ഗോളത്തിലും ഏഷ്യയിലെ ഇന്ത്യ ഒഴികെയുള്ള മിക്ക ഭാഗങ്ങൾ, ഗ്രീൻലാൻഡ്, യൂറോപ്പ്, വടക്കെ അമേരിക്ക എന്നിവയെല്ലാം ഉൾക്കൊള്ളുന്ന 'ലാറേഷ്യ' ഉത്തരാർധഗോളത്തി ലുമായി നിലനിന്നിരുന്നു എന്നാണദ്ദേഹം സമർഥിച്ചത്. സമാനകാലഘട്ടത്തിലെ കൽക്കരി നിക്ഷേപങ്ങൾ, പുരാതന കാലത്തെ ശിലാപാളികൾ, ഹിമാനി നിക്ഷേപ ങ്ങൾ തുടങ്ങിയവയെല്ലാം അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തിയായിരുന്നു അദ്ദേഹവും ഈ നിഗ മനം രൂപികരിച്ചത്.

1928 ൽ സ്കോട്ടിഷ് ജിയോളജിസ്റ്റായ ആർതർ ഹോംസ് ഭൂവൽക്കത്തിനടിയിലെ മാന്റിലിൽ രൂപമെടുക്കുന്ന സംവഹനപ്രവാഹ (Convection current) ങ്ങളാകാം ഭൂഖ ണ്ഡങ്ങളുടെ ചലനത്തിന് നിദാനമായിത്തീരുന്നതെന്ന് പ്രസ്താവിക്കുകയുണ്ടായി. റേഡിയോആക്ടീവ് താപനം കാരണം ഭൂമിയുടെ അന്തർഭാഗത്ത് സംവഹന പ്രവാഹ ങ്ങളുണ്ടാകുമെന്ന് ആദ്യമായി മനസ്സിലാക്കിയത് അദ്ദേഹമാണ്. താപം കടത്തിവിടു ന്നതിന് ചാലനം (conduction), വികിരണം (radiation) എന്നിവ പോലെയുള്ള ഒരു



ചിത്രം 11.9 താപ സംവഹന പ്രവാഹമെന്ന ആശയം



ചിത്രം 11.10 ഭൂമിയിലെ താപ സംവഹന പ്രവാഹങ്ങൾ

രീതിയാണ് സംവഹനം (convection). ദ്രവസ്വഭാവമുള്ള പദാർഥങ്ങളിൽ മാത്രമായാണ് സംവഹനം നടക്കുന്നത്. ഈ പ്രക്രിയയിൽ പദാർഥങ്ങൾ യഥാർഥത്തിൽ ചലിക്കുന്നതുകൊണ്ടാണ് താപം പ്രവഹിക്കുന്നത്. ചൂടാകുന്ന ദ്രവം സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞ് മുകളിലേക്കുവരുകയും മുകളിൽ നിന്നും സാന്ദ്രത കൂടിയ ദ്രവം താഴേക്ക് സഞ്ചരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഒരു ബീക്കറിൽ വെള്ളം ചൂടാക്കുമ്പോൾ സംവഹന പ്രവാഹങ്ങളുണ്ടാകുന്നതുപോലെ, മാന്റിലിലും സംവഹനപ്രവാഹമുണ്ടാകുന്നു. ചിത്രം 11.9 ൽ താപസംവഹനപ്രവാഹം എങ്ങനെ പ്രവർത്തിക്കുന്നുവെന്ന് കാണിക്കുന്നുണ്ട്.

മാന്റിലിലെ പദാർഥങ്ങൾ അത്യുന്നതമായ താപനിലയിലും മർദത്തിലുമാണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതെന്ന് നിങ്ങൾക്കറിയാമല്ലോ. അത് ഒരു സാന്ദ്രമായ ദ്രവമായി നിലകൊള്ളുന്നുണ്ടാകണം. അണു വികിരണ ഊർജം മൂലം ചൂടായിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന മാന്റിലിൽ, മുകളിലുള്ള ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ ചൂട് പുറത്തേക്ക് പോകുന്നത് മൂലം അവിടെ ആപേക്ഷികമായി തണുത്തിരിക്കും. ചൂട് കുറവുള്ള മുകൾഭാഗം സാന്ദ്രത കൂടിയതായിരിക്കുകയും ചെയ്യും. സ്വാഭാവികമായും സാന്ദ്രത കൂടിയ മുകൾ ഭാഗം താഴോട്ടിറങ്ങുന്നു. അതേ സമയം ചൂടുകൂടിയ സാന്ദ്രതകുറഞ്ഞ അടിഭാഗത്തെ ദ്രവ പദാർഥങ്ങൾ മുകളിലേക്ക് പൊന്തുന്നു. ഇത്തരം സംവഹന സെല്ലുകളായി മാന്റിൽ വിഭജിക്കപ്പെട്ട് കിടക്കുകയാണെന്ന് മനസ്സിലാക്കാം. താപസംവഹനം ഒരു കൺവെയർ ബെൽറ്റ് പോലെ പ്രവർത്തിച്ച്, ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ നീക്കത്തിന് ശക്തിയേകുന്നുവെന്നാണ് ആർതർ ഹോംസ് വിശദീകരിച്ചത്. എന്നാൽ അക്കാലത്ത് ഈ വാദഗതി ആരും ഗൗരവത്തിലെടുത്തില്ലായിരുന്നു. ഭൂമിയുടെ താപസംവഹനപ്രവാഹം കാണിക്കുന്ന ചിത്രമാണ് (ചിത്രം 11.10) മുകളിൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്.

നമുക്ക് ചെയ്തുനോക്കാം

1. ഒരു ലോക ഭൂപടം ഉപയോഗിച്ചുകൊണ്ട് ഇന്ന് ഭൂമുഖത്ത് കാണുന്ന വൻകരകളെയെല്ലാം ചേർത്തു വെച്ച് ഗോണ്ടാനാലാൻഡ്, ലാറേഷ്യ എന്നീ ബ്രഹത്ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെ പുനഃസൃഷ്ടിക്കാൻ ശ്രമിക്കുക.
2. ഭൂഖണ്ഡചലനത്തിന് അനുകൂലവും പ്രതികൂലവുമായ ആശയങ്ങൾ ക്രോഡീകരിച്ച് ഈ വിഷയത്തിൽ ഒരു സംവാദം സംഘടിപ്പിക്കുക.

11.2.3. പിൽക്കാല വികാസപരിണാമങ്ങൾ (Subsequent Developments)

1950 കൾ ആയപ്പോഴേക്കും സമുദ്രത്തിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ പര്യവേഷണങ്ങൾ കൂടുതൽ വിശദമായി നടത്തപ്പെടുകയും സമുദ്രത്തിന്റെ ആഴം പ്രതിധ്വനി (എക്കോസൗണ്ടിംഗ്) രീതിയിലൂടെ നിർണയിക്കപ്പെടാൻ ശ്രമങ്ങൾ ആരംഭിക്കുകയും ചെയ്തു. സമുദ്രാന്തര പർവ്വത നിരകളുടെ കണ്ടെത്തലുകൾ, പുരാകാന്തികത സംബന്ധിച്ച പഠനങ്ങൾ, സമുദ്രതടത്തിലെ ദ്വീപുകമാനങ്ങൾ (island arcs), സമുദ്ര ഗർത്തങ്ങൾ എന്നിവയുടെ സാന്നിധ്യത്തെ സംബന്ധിച്ച അറിവുകൾ തുടങ്ങിയ വിശദമായ വിവരം സമുദ്രതടത്തെക്കുറിച്ച് ലഭിച്ചു തുടങ്ങിയിരുന്നു.

ആർതർ ഹോംസ് മുന്നോട്ടുവച്ച താപസംവഹനപ്രവാഹമെന്ന ആശയം പുനരുജീവിപ്പിച്ചുകൊണ്ട് 1961 ൽ റോബർട്ട്. എസ്. ഡിയറ്റ്സ്, 1962 ൽ ഹാരി ഹെസ്സ് എന്നിവർ രംഗത്ത് വരികയുണ്ടായി. സമുദ്രതട വ്യാപനം (Sea floor spreading) എന്നറിയപ്പെടുന്ന ഈ ആശയം താഴെ പറയുന്ന വസ്തുതകളെല്ലാം കണക്കിലെടുത്തുകൊണ്ടാണ് രൂപീകരിക്കപ്പെട്ടത്.

എ) മധ്യ - അറ്റ്ലാന്റിക് പർവ്വതനിരയുടെ തുടർച്ച (Extension of Mid-Atlantic Ridge)

ഏറ്റവും ദൈർഘ്യമേറിയതും ബൃഹത്തായതുമായ പർവ്വത നിരകൾ ഭൂമിയിൽ കടലിലാണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതെന്ന് പുതിയ പര്യവേഷണങ്ങൾ തെളിയിക്കുകയായിരുന്നു. മധ്യ അറ്റ്ലാന്റിക് പർവ്വതനിര അറ്റ്ലാന്റിക്സമുദ്രത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് കൂടി കടന്നുപോകുന്ന അത്തരം ഒരു പർവ്വതനിരയാണ്. സമുദ്രമധ്യ പർവ്വതനിരകൾ അറ്റ്ലാന്റിക്കിൽ മാത്രമല്ല, എല്ലാ സമുദ്രങ്ങളുടെയും അടിത്തറയിൽ കാണുന്ന പ്രതിഭാസമാണ് എന്നതും ഒരു വസ്തുതയാണ്. ശാഖകളും ഉപശാഖകളും ചേർന്ന് അളന്ന് നോക്കിയാൽ സമുദ്രമധ്യപർവ്വത നിരയ്ക്ക് ഏകദേശം 80,000 കിലോമീറ്റർ ദൈർഘ്യമുണ്ടാകും.

(ബി) കടൽത്തറ (സമുദ്രതട) വ്യാപനവും, സമുദ്രതടത്തിന്റെ പ്രായക്കുറവും സമുദ്രതടത്തിന്റെ പുനഃചംക്രമണവും (Seafloor spreading and relatively youthful nature of the ocean floor and recycling of oceanic crust)

സമുദ്രഗവേഷണങ്ങളിൽ നിന്നും ബോധ്യപ്പെട്ട പ്രധാന കണ്ടെത്തലുകൾ ചുവടെ പറയുന്നു.

1. സമുദ്രാന്തരപർവ്വത നിരകളുടെ കേന്ദ്രഭാഗത്തു നിന്നും ഇരുവശത്തേക്കും പോകുന്നതിനനുസരിച്ച് സമുദ്രതടത്തിന്റെ പ്രായം ക്രമാനുഗതമായി വർധിച്ച് കൊണ്ടിരിക്കുന്നുണ്ട്.

2. സമുദ്രശിലാതട്ടുകൾക്ക് വൻകരാശിലകളെ അപേക്ഷിച്ച് താരതമ്യേന പ്രായം കുറവാണ്. 4800 ദശലക്ഷം വർഷം പഴക്കമുള്ള പാറകളെ വൻകരകളിൽ കാണാം. എന്നാൽ സമുദ്രത്തറകളിലെ ശിലകൾക്കാകട്ടെ, 200 ദശലക്ഷം വർഷത്തെ പഴക്കമാണ് കാണപ്പെടുന്നത്.

3. സമുദ്രമധ്യ പർവ്വത നിരകളുടെ അക്ഷസ്ഥാനത്ത് അവസാദങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നില്ല.

4. സമുദ്രമധ്യ പർവ്വതനിരകൾക്കിരുവശത്തേക്കും നീങ്ങുന്നതിനനുസൃതമായി അവസാദങ്ങളുടെ കനം കൂടുതലായി കണ്ടുവരുന്നു.

5. 200 ദശലക്ഷം വർഷത്തേക്കാൾ പ്രായക്കൂടുതലുള്ള ശിലകൾ സമുദ്രതടത്തിൽ കാണാത്തതിന് കാരണം അവയേക്കാൾ പ്രായക്കൂടുതലുള്ള ശിലകൾ എവിടെയോ നശിപ്പിക്കപ്പെടുന്നുവെന്നതാണ്. സമുദ്രമധ്യപർവ്വതനിരകളുടെ ഭാഗത്ത് ഭൂവൽക്കം പുതുതായി ഉണ്ടാകുന്നുവെന്നും പഴയ സമുദ്രഭൂവൽക്കം മറ്റെവിടെയോ വച്ച് നശിപ്പിക്കപ്പെടുന്നുവെന്നുമാണ് ഇതിൽ നിന്നും അനുമാനിക്കപ്പെടുന്നത്.

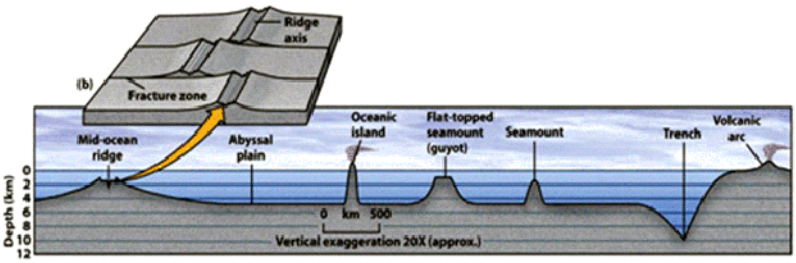
6. സമുദ്രഗർത്തങ്ങളുടെ ഭാഗത്താണ് സമുദ്രത്തിലെ ഏറ്റവും പഴക്കമേറിയ ശിലകൾ കണ്ടുവരുന്നത്. സമുദ്ര ഭൂവൽക്കം ഇത്തരം ഗർത്തങ്ങളുടെ ഭാഗത്തുവച്ചാണ് നശിപ്പിക്കപ്പെടുന്നതെന്നാണ് നിഗമനം. സമുദ്ര ഭൂവൽക്കം മാന്റിലിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങി നശിപ്പിക്കപ്പെടുന്ന ഈ പ്രദേശത്തെ നിമജ്ജന മേഖലകളെന്ന് (subduction zones) വിളിക്കുന്നു. സമുദ്രാന്തര മധ്യ പർവ്വതനിരകളും സമുദ്രഗർത്തങ്ങളും കാണിക്കുന്ന ചിത്രം (ചിത്രം 11.11)ചുവടെ നൽകിയിരിക്കുന്നു. മുകളിൽ കൊടുത്തിട്ടുള്ള കണ്ടെത്തലുകളെല്ലാം സമുദ്രതട വ്യാപനമെന്ന സിദ്ധാന്തത്തിലേക്കാണ് നയിച്ചത്.

1. Aleutian
2. Kurile-Japan
3. Mariana
4. Philippine
5. Bougainville
6. Tonga-Kermadec
7. Central America
8. Peru-Chile
9. PuertoRico
10. South Sandwich
11. Java

ചിത്രം 11.11 സമുദ്രാന്തര പർവ്വത നിരകളുടെ (വെള്ള നിറം)യും സമുദ്ര ഗർത്തങ്ങളുടെ (ചുവപ്പ് നിറം) യും വിതരണം.

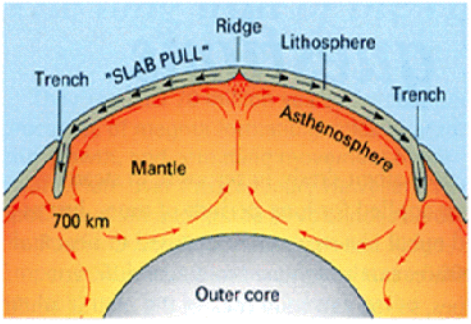
11.3 സമുദ്രതട വ്യാപനം (Sea Floor Spreading)

സമുദ്രത്തിനടിയിൽ സമുദ്രഗർത്തങ്ങളോട് ചേർന്ന് പരന്ന മുകൾഭാഗത്തോടുകൂടിയ ഗയോ (Guyot) എന്നറിയപ്പെടുന്ന കടൽ കുന്നുകളുടെ കണ്ടെത്തലുകൾ, സമുദ്രാന്ത രപർവ്വത നിരകളുടെ ഭാഗത്ത് കടൽത്തറയുടെ പ്രായക്കുറവ്, സമുദ്രഗർത്തങ്ങളോട് ചേർന്ന് ഏറ്റവും പ്രായം ചെന്ന സമുദ്രഭൂവൽക്കം കാണപ്പെടുന്നതുൾപ്പെടെയുള്ള സമസ്യകൾ എന്നിവയെല്ലാം സമുദ്രതടവ്യാപനമെന്ന സിദ്ധാന്തത്തിലേക്ക് എത്തിക്കുക യാണുണ്ടായത്. 1960 ൽ ഹാരി. എച്ച്. ഹെസ്സാണ് ഈ സിദ്ധാന്തം വിശദമായി അവ തരിപ്പിച്ചത്. സമുദ്രങ്ങളുടെ നടുവിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന സമുദ്രാന്തരമധ്യ പർവ്വതനിര കൾ പുതിയ സമുദ്രഭൂവൽക്കമുണ്ടാകുന്ന കേന്ദ്രമാണ്. ലാവ പുറത്തേക്ക് വന്ന് പുതിയ സമുദ്രഭൂവൽക്കം ഇവിടെ രൂപവൽക്കരിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് സമുദ്രതടം മധ്യസമുദ്രാ ന്തരപർവ്വത നിരകളുടെ ഇരുവശത്തേക്കുമായി തുടർച്ചയായി വ്യാപിച്ചുകൊണ്ടിരി ക്കുന്നു. അങ്ങനെ ഒരു വശത്ത് നിർമിക്കപ്പെടുന്നതിനനുസൃതമായി സമുദ്രഗർത്തങ്ങ ളുടെ ഭാഗത്ത് വെച്ച് മറുവശത്ത് പഴക്കം കൂടിയ സമുദ്ര ഭൂവൽക്കം അഗാധമായ കിട ങ്ങിലേക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുന്നു. ചിത്രത്തിൽ (ചിത്രം 11.12) കൊടുത്തിട്ടുള്ള സമുദ്രതട ത്തിന്റെ സ്ഥലാകൃതി പരിശോധിച്ച് സമുദ്രതടത്തിന്റെ നിർമാണവും നശീകരണവും നടക്കുന്ന മേഖലകൾ തിരിച്ചറിയാവുന്നതാണ്.



ചിത്രം 11.12 സമുദ്ര ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ നിർമാണം നടക്കുന്ന സമുദ്രാന്തര പർവ്വതനി രകളും നശീകരണം നടക്കുന്ന സമുദ്രഗർത്തങ്ങളെയും കാണിക്കുന്ന സമുദ്രതട സ്ഥലാകൃതി

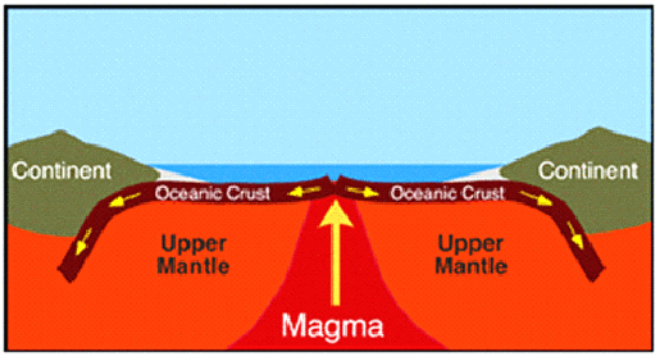
മധ്യഅറ്റ്ലാന്റിക്ക് പർവ്വതനിരയുടെ ശിഖരത്തിന് താരതമ്യേന പ്രായം ഏറ്റവും കുറ വാണ്. അവിടെ നിന്നും ഇരുവശത്തേക്ക് നീങ്ങുമ്പോൾ പ്രായം ഏറിവരും. അറ്റ്ലാന്റി



ചിത്രം 11.13 സമുദ്രതട വ്യാപനത്തിന് നിദാനമായ ചാലകബലം

ക്കിലെ മധ്യപർവ്വതനിരാശിഖരത്തിന് ഇരുവശവും കടലിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ പുതിയ സമുദ്രപുറംതോട് രൂപപ്പെടുകയായിരുന്നു എന്നാണ് ഇതിനർഥം. പുതിയ പാളി രൂപപ്പെടുന്നതിനനുസരിച്ച് സമുദ്രതലം ഇരുവശങ്ങളിലേക്ക് തള്ളി നീക്കപ്പെടുന്നു. വടക്കെ അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിൽ ഒരു വർഷം 2 സെ. മീറ്റർ മുതൽ പസഫിക് സമുദ്രത്തിൽ വർഷത്തിൽ 18 സെ. മീറ്റർ വരെ വേഗതയിൽ സമുദ്രതടവ്യാപനം നടക്കുന്നുവെന്നാണ് കണക്കുകൾ സൂചിപ്പിക്കുന്നത്. കടൽത്തറവ്യാപനമെന്ന ആശയം ഭൂഖണ്ഡചലനത്തിന് നിദാനമായ ചാലകശക്തിയായി വിശദീകരിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഇതുപ്രകാരം സമുദ്രമധ്യപർവ്വതനിരയുടെ വളരെ ആഴത്തിൽ നിന്ന് ഉയർന്ന് വരുന്ന സംവഹനപ്രവാഹം പുതിയ കടൽത്തറ ഉണ്ടാക്കുന്നതിനോടൊപ്പം ഇരുകരകളിലെ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെ ഇരുവശങ്ങളിലേക്കുമായി തള്ളി നീക്കുന്നതിനും കാരണമാകുന്നു. താപസംവഹനം എന്ന പ്രതിഭാസം ഇങ്ങനെ വിവിധ ദിശകളിലേക്ക് വലിക്കപ്പെടുന്ന ഭൂവൽക്കഭാഗങ്ങൾക്ക് ശക്തിയേകുന്ന ബലമായി അനുഭവപ്പെടുന്നു (ചിത്രം 11:13). താപസംവഹന പ്രവാഹങ്ങളെ വ്യാഖ്യാനിക്കുന്നതിലൂടെ ഭൂഖണ്ഡചലനം, സമുദ്രതടവ്യാപനം തുടങ്ങിയ പ്രതിഭാസങ്ങൾക്ക് കാരണമായ ചാലകബലത്തെക്കുറിച്ചും വിവരം ലഭിക്കുകയുണ്ടായി.

മധ്യസമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരകളുടെ ഭാഗത്ത് സമുദ്രതറയുടെ നിർമാണം നടക്കുകയും സമുദ്രഗർത്തങ്ങളിൽ അവ അപ്രത്യക്ഷമാവുകയും ചെയ്യുന്നുവെങ്കിൽ സമുദ്രതടം പുതുക്കപ്പെട്ട് പുനഃസംക്രമണം നടന്ന് കൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെന്ന് സാരം. അല്ലാതെ സമുദ്രതട വ്യാപനത്തിനനുസരിച്ച് ഭൂമിയുടെ വിസ്തൃതി അധികരിച്ച് ഭൂമിയുടെ വലിപ്പം കൂട്ടുകയല്ല ചെയ്യുന്നത്. ഭൗമവിസ്തൃതി പണ്ടേയുള്ള അളവിൽ തന്നെ ഇപ്പോഴും തുടരുന്നു. ഒരു കൺവെയർ ബെൽറ്റിലെന്ന പോലെ സമുദ്രഭൂവൽക്കം മധ്യസമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരയുടെ ഇരുഭാഗത്തേക്കും നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതിനനുസരിച്ച് ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ മൊത്തം വ്യാപ്തി വർധിപ്പിക്കപ്പെടുന്നില്ല എന്ന് ബോധ്യമായില്ലേ?

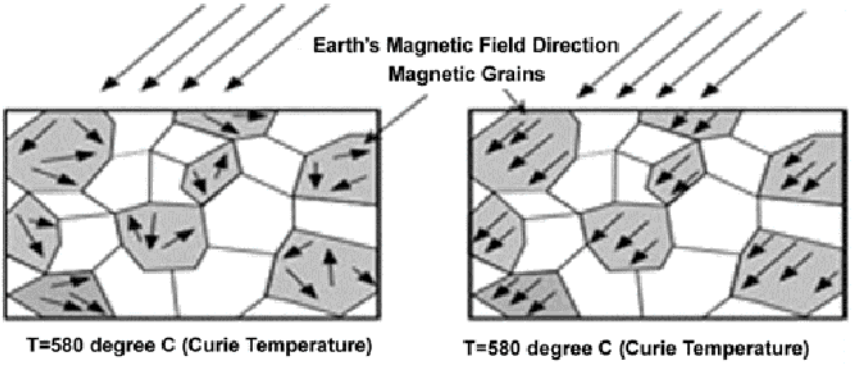


ചിത്രം 11.14 സമുദ്രതട വ്യാപനവും നിമജ്ജനവും

ഒരു വശത്ത് പുതുതായി ഉണ്ടാകുന്ന ഭൂവൽക്കം മാന്റിലിലേക്ക് തന്നെ തിരിച്ച് പോകുന്ന മേഖലക്കാണ് നിമജ്ജനമേഖല (Subduction Zone) എന്നുപറയുന്നത് (ചിത്രം 11.14). ഗയോഡുകൾ സമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരകളിലെ ഭാഗത്ത് അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളായിട്ടായിരിക്കും ആദ്യം ഉടലെടുക്കുന്നത്. പുതിയ സമുദ്രത്തറ നീങ്ങുന്നതോടൊപ്പം അവയും പാർശ്വഭാഗങ്ങളിലേക്ക് നീങ്ങിപ്പോകുന്നു. അതോടെ അവ ലാവയുടെ ഉറവിടത്ത് നിന്നും നീങ്ങിപ്പോകും. ഇങ്ങനെ നിർജീവമായ അഗ്നിപർവ്വതം സമുദ്രജലപ്രവർത്തനത്തിന്റ ഫലമായി നിരത്തപ്പെട്ട് മുകൾഭാഗം പരന്ന കടൽ കുന്നുകളായിത്തീരുന്നു. ഇവ ഗർത്തങ്ങളോട് ചേർന്ന ഭാഗങ്ങളിൽ ചരിഞ്ഞ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതായിട്ടാണ് കാണപ്പെടുന്നത്. കടൽത്തറയെ സമുദ്രഗർത്തങ്ങളിലൂടെ സാവധാനം വിഴുങ്ങുന്ന മേഖലയാണ് നിമജ്ജന മേഖലകളെന്ന് ഇവയും സാക്ഷ്യപ്പെടുത്തുന്നു. നിമജ്ജനമേഖലകളിലൂടെയാണ് സമുദ്രവൽക്കം മാന്റിലിലേക്ക് തിരിച്ചുപോകുന്നത്.

11.4 പുരാകാന്തികത (Palaeomagnetism)

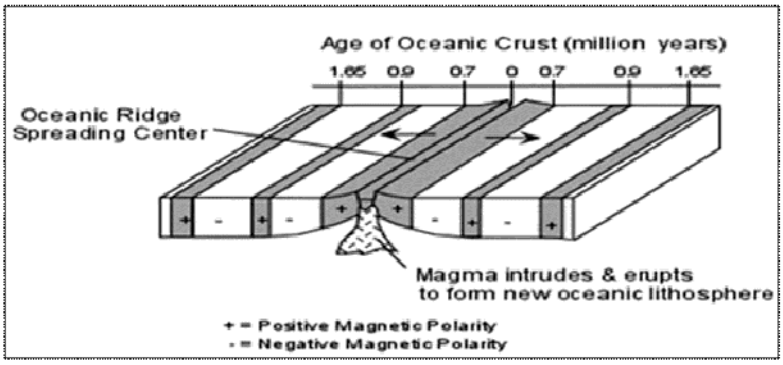
ശിലകളുണ്ടാകുമ്പോൾ അവയിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുന്ന ഭൗമകാന്തികത സംബന്ധിച്ച രേഖകളാണ് പുരാകാന്തികത എന്നു പറയുന്നത്. 1950 കളിൽ തന്നെ വിവിധ ശിലകളിൽ അവയുടെ ജനനത്തിൽ തന്നെ സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്ന കാന്തികത സംബന്ധിച്ച പഠനങ്ങൾ തുടങ്ങിയിട്ടുണ്ട്. ആഗ്നേയ ശിലകളുണ്ടാകുമ്പോൾ അവയിലെ ഇരുമ്പടങ്ങിയ ധാതുക്കൾ ഭൂമിയുടെ കാന്തിക മണ്ഡലം ഏതുദിശയിലായിരുന്നോ അവിടേക്ക് തിരിഞ്ഞിരിക്കും. ആഗ്നേയ ശിലകളുടെ രൂപികരണത്തിന് നിദാനമായ മാഗ്മ, ക്യൂറി താപനില (Curie temperature) യിൽ നിന്ന് താഴുമ്പോഴാണ് കാന്തിക ശേഷിയാർജിക്കുന്നത്. ഇത്തരം മാഗ്മ/ലാവ തണുത്തുറഞ്ഞ് പാറയാകുമ്പോൾ അവയിലെ ഇരുമ്പടങ്ങിയ ധാതുക്കളുടെ തരികൾ അക്കാലത്തെ ഭൂമിയുടെ കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിനനുസരിച്ച് ക്രമീകരിക്കപ്പെടും. ഒരിക്കൽ ലാവ കട്ടിയായി ശിലയായി മാറിയാൽ ഈ കാന്തിക രേഖകൾ ആ ശിലയിൽ സംരക്ഷിക്കപ്പെടും. ശിലകളുണ്ടാകുന്ന കാലഘട്ടത്തെ കാന്തികധ്രുവത്തിന്റെ സ്ഥാനം നിർണയിക്കാൻ ഈ ധാതുതരികളുടെ സ്ഥാന നിർണയത്തിലൂടെ സാധിക്കുന്നതാണ്. (ചിത്രം 11.15). പാറകളിലെ കാന്തിക ധാതുക്കളുടെ തരിയിലെ കാന്തിക ദിക്പാതം (declination) അഥവാ ശരിയായ വടക്ക് നിന്നുള്ള കോണളവും ചരിവ് (inclination) അഥവാ തിരശ്ചീന ദിശയിൽ നിന്നുമുള്ള വ്യതിചലനവും നോക്കി അതുണ്ടായ കാലത്തെ ധ്രുവസ്ഥാനവും രേഖാംശവും കണ്ടുപിടിക്കാൻ സാധിക്കും.



ചിത്രം 11.15 കാന്തിക ധാതുക്കളുടെ തരികളുമായി ബന്ധപ്പെട്ട് കാണുന്ന ഭൗമ കാന്തിക വലയത്തിന്റെ ദിശ

ഭൗമകാന്തികധ്രുവത്തിന്റെ ആവർത്തിച്ചുള്ള മുൻകാല ദിശാമാറ്റങ്ങൾ (Repeated reversals of the Earth's Magnetic field in the geologic past)

പാറകളുണ്ടാകുമ്പോൾ അവയിലെ ഇരുമ്പടങ്ങിയ ധാതുക്കളുടെ തരികൾക്ക് കാന്തിക ശക്തി കിട്ടുന്നതിനെ സംബന്ധിച്ച് നേരത്തെ നിങ്ങൾ മനസ്സിലാക്കിയില്ലേ? ഒരു ആഗ്നേയശില രൂപപ്പെടുമ്പോൾ അതിനുള്ളിലെ കാന്തികസ്വഭാവം കാണിക്കുന്ന ധാതുക്കളുടെ തരികൾ ഭൂമിയുടെ കാന്തിക ധ്രുവത്തിനഭിമുഖമായിത്തന്നെ തിരിഞ്ഞിരിക്കുമെന്നാണല്ലോ പറഞ്ഞത്. എന്നാൽ ഭൗമചരിത്രത്തിലുടനീളം ഭൂമിയുടെ ധ്രുവത്വം (polarity) പലപ്പോഴായി മാറി മറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. 1960 കളിൽ നടന്നിട്ടുള്ള സമുദ്രതടങ്ങളുടെ കാന്തികമാപ്പിങ്ങിൽ നിന്നും വ്യക്തമാവുന്നത് സമുദ്രാന്തരമധ്യപർവ്വതനിരകൾക്ക് സമാന്തരമായി ഇരുവശത്തും ഉണ്ടായിട്ടുള്ള സമുദ്രതട ബസാൾട്ടിക്ക് ശിലകളിൽ കാന്തികധാതുക്കൾ കാന്തികധ്രുവത്തിന്റെ ദിശാമാറ്റം കാണിക്കുന്നുവെന്നാണ്. നിലവിലെ കാന്തികധ്രുവത്തിന്റെ ദിശയിലുള്ള പാറകൾക്കിടയിൽ വിപരീത ദിശയിലുള്ള കാന്തികധ്രുവങ്ങളുള്ള പാറകളും കണ്ടുവരുന്നു. (ചിത്രം. 11:16).



ചിത്രം 11.16 സമുദ്രാന്തര പർവ്വത നിരകൾക്കിരുവശവും ക്രമാനുസരണമായും വിപരീത ദിശയിലും കാന്തിക ധ്രുവത്വം പ്രാപിച്ച ശിലകളുടെ സമാന്തരവും സമിതീയവുമായ പട്ടകൾ

സമുദ്രതട ശിലകളിലെ പുരാതനകാന്തികത സംബന്ധിച്ച പഠനങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ബോധ്യപ്പെട്ടത് ഭൂമിയുടെ കാന്തികധ്രുവം അതിന്റെ നിലവിലെ സാധാരണ ദിശയായ വടക്ക് നിന്നും വിപരീത ദിശയായ തെക്കിലേക്കും അവിടെ നിന്ന് തിരിച്ചും ആവർത്തിച്ച് പലതവണ മാറിയിരുന്നുവെന്നാണ്. ഏതാനും ലക്ഷം വർഷങ്ങളുടെ ഇടവേളയിൽ ഭൂമിയുടെ കാന്തികധ്രുവം കീഴ്മേൽ മറിഞ്ഞ് ദിശ മാറുന്നുണ്ട്. പാറ ഉണ്ടായ സമയത്തെ കാന്തിക ധ്രുവിയത അതിൽ രേഖപ്പെടുത്തപ്പെടുകയും ചെയ്യും. വ്യത്യസ്ത കാലങ്ങളിൽ ഭൂമിയിലുണ്ടായ ബസാൾട്ട് പാറകളുടെ കാന്തിക മണ്ഡലത്തിലുണ്ടാകുന്ന വ്യതിയാനങ്ങളെ സമുദ്രതടവ്യാപനത്തിനുള്ള ശക്തമായ തെളിവായി ഭൗമശാസ്ത്രജ്ഞർ എടുത്തുകാണിക്കുന്നുണ്ട്.

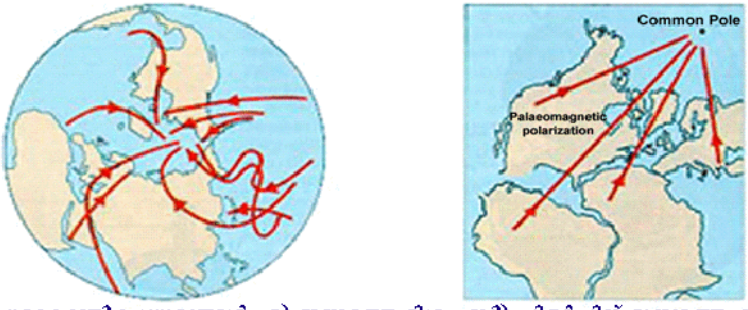
സമുദ്രാന്തരമധ്യവരമ്പിൽ കൂടി മാഗ്മ പുറത്തു വരുമ്പോൾ ഉണ്ടാകുന്ന കടൽത്തറയിലെ ശിലകളിലെ കാന്തികധാതുക്കൾ ആ സമയത്ത് നിലവിലുള്ള കാന്തികക്ഷേത്രത്തിനനുസരിച്ച് കാന്തികതയുള്ളതായിത്തീരുന്നു. ഓരോ തവണ പുതിയ സമുദ്ര ഭൂവൽക്കം രൂപപ്പെടുമ്പോഴും ആ ശിലകളിലെ കാന്തിക പദാർഥങ്ങൾ അപ്പോഴുള്ള

ഭൗമകാന്തികധ്രുവത്തിന് സമാന്തരമായി നിരക്കുന്നു. സമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരയിൽ നിന്നും ഇരുവശത്തേക്കും വ്യാപിച്ചു കിടക്കുന്ന സമുദ്രതറയിലെ പാറകൾ സമിതീയ മായി (symmetrical) ക്രമാനുസരണമായും (normal) വിപരീത ദിശയിലും (reversal) കാന്തിക ധ്രുവത്വം കാണിക്കുന്നതായിട്ടാണ് ബോധ്യപ്പെടുന്നത്. ഇന്നത്തെപോലെ ഉത്തരധ്രുവം (വടക്ക്) ദിശയിലേക്ക് കാന്തിക ധ്രുവം സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നതിനെ ക്രമാനുസ രണനില (normal) എന്നും തിരിച്ചാണെങ്കിൽ വിപരീതദിശാനില (reverse) എന്നും പറ യുന്നു.

കാന്തിക ക്ഷേത്രത്തിന്റെ ഈ തലതിരിയലും കാന്തിക പാറ്റേണിൽ കാണുന്ന സമി തീയതയും കാണിക്കുന്നത് സമുദ്രമധ്യപർവ്വത വരമ്പിൽ നിന്നും സമുദ്രത്തറ തുല്യ മായി ഇരുവശത്തേക്കും പരക്കുകയായിരുന്നുവെന്നാണ്. അതിനാലാണ് അനുരൂ പ്യമുള്ള കാന്തികമണ്ഡലങ്ങളുടെ മാതൃക സമുദ്രാന്തരമധ്യനിരയുടെ ഇരുവശത്തു മുള്ള ശിലകളിൽ കാണുന്നത്. ഈ ശിലകളുടെ കാലഗണന ശാസ്ത്രീയമായി നിർണ യിക്കുന്നതിലൂടെയും മധ്യസമുദ്രാന്തര വരമ്പുകളിൽ നിന്നും ഇവയ്ക്കുള്ള അകലം കണക്കാക്കുന്നതിലൂടെയും കാലാകാലങ്ങളിലുണ്ടാവുന്ന സമുദ്രതട വ്യാപനത്തിന്റെ നിരക്ക് നിർണയിക്കാൻ സാധിക്കും.

യൂറോപ്പിലെയും വടക്കെ അമേരിക്കയിലെയും പാറകളുടെ സാമ്പികളുപയോഗിച്ച് പുരാകാന്തികധ്രുവത്തെ സംബന്ധിച്ച് പഠനം നടത്തിയപ്പോൾ വിചിത്രമായ കാര്യങ്ങ ളായിരുന്നു കണ്ടത്. പണ്ടുകാലത്ത് ഉത്തരധ്രുവം പലസ്ഥലങ്ങളിലായിരുന്നു എന്ന സൂചനയായിരുന്നു ലഭിച്ചത്. ഭൂമിയുടെ ചരിത്രത്തിൽ ധ്രുവങ്ങൾ അലഞ്ഞു നടന്നി രുന്നു എന്ന നിഗമനത്തിലാണ് ശാസ്ത്രജ്ഞർ ആദ്യമെത്തിയത്. കാന്തിക ധ്രുവ ങ്ങൾ ഭൗമചരിത്രത്തിലെ വ്യത്യസ്ത കാലഘട്ടങ്ങളിൽ വ്യത്യസ്ത സ്ഥാനങ്ങളിലാ യിരുന്നു എന്നതാണ് കാണപ്പെട്ട വസ്തുത. ഇതിന്റെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ താഴെ പറ യുന്ന മൂന്ന് നിഗമനങ്ങളിൽ എത്തിച്ചേരാൻ കഴിയും.

1. ഭൗമചരിത്രത്തിൽ കാന്തികധ്രുവത്തിന് വിവിധ ദിശകളിലേക്ക് സ്ഥാനാന്തരണം നടന്നിരുന്നു.
2. സുസ്ഥിരമായ ഒരു ധ്രുവത്തെ അപേക്ഷിച്ച് വൻകരകൾക്ക് സ്ഥാനചലനം സംഭ വിച്ചിരുന്നു.
3. വൻകരകളും കാന്തിക ധ്രുവവും ഓരോ സമയത്തും അവയുടെ യഥാസ്ഥാനത്ത് നിന്നും മാറ്റത്തിന് വിധേയമായിരുന്നു.



ചിത്രം 11.17 പുരാകാന്തിക ധ്രുവങ്ങൾ എ) ഇന്നത്തെ ദിശ, ബി) പിളർപ്പിന് മുമ്പത്തെ കാന്തിക ദിശ.

തുടർന്ന് നടന്ന പഠനങ്ങളിൽ നിന്നും ബോധ്യപ്പെട്ടത് വിവിധ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളിൽ ധ്രുവങ്ങളുടെ സ്ഥാനാന്തരണമാതൃക വ്യത്യസ്തമായി കാണിക്കുന്നുവെന്നായിരുന്നു. ഉത്തരധ്രുവം ഒരു സമയത്ത് തന്നെ വ്യത്യസ്തങ്ങളായ വൻകരകളിൽ പല സ്ഥലങ്ങളിലായിരുന്നതായി കണ്ടുവെന്ന് സാരം. ഉത്തരധ്രുവം ഒന്ന് മാത്രമായിരിക്കയാൽ, ഒരു സമയത്ത് അത് ഒരു സ്ഥലത്ത് മാത്രമേ ആകാൻ നിവൃത്തിയുള്ളൂ. ഈ ഘട്ടത്തിൽ ഭൂഖണ്ഡചലനത്തെ ഗൗരവമായി കാണേണ്ടത് അനിവാര്യമായിത്തീർന്നു. ഉത്തരധ്രുവമല്ല, മറിച്ച് വൻകരകൾക്കാണ് സ്ഥാനാന്തരണം സംഭവിച്ചതെന്ന് അനുമാനിച്ചാൽ പ്രശ്നത്തിന് പരിഹാരമായി. വൻകരകൾ കൂട്ടി യോജിപ്പിച്ചുവെച്ചാൽ പുരാ കാന്തിക രേഖകൾ പ്രകാരം കാന്തിക ധ്രുവം ഒരേ ദിശയിലേക്ക് പിളർപ്പിനു മുമ്പുള്ള കാലത്ത് തിരിഞ്ഞിരുന്നതായി കാണാവുന്നതാണ്. (ചിത്രം 11.17).

ഭൂകമ്പ പഠനങ്ങൾ കാണിക്കുന്നത് ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഭൂമുഖത്ത് അങ്ങിങ്ങായി നടക്കുന്നുവെന്നല്ല, മറിച്ച് വ്യവസ്ഥാപിതമായി കാണപ്പെടുന്ന ചില മേഖലകളിലാണെന്നാണ്. 1954 ൽ ഫ്രഞ്ച് ഭൂകമ്പശാസ്ത്രജ്ഞനായ ജെ.പി. റോത്തെ ഭൂകമ്പങ്ങൾ വളരെ കൃത്യമായ നേർരേഖാമേഖലകളിലായി സംഭവിക്കുന്നുവെന്ന് കാണിക്കുന്ന ആദ്യ ഭൂപടം തയാറാക്കിയിരുന്നു. ലോകത്തിലെ ഭൂകമ്പങ്ങളെയും അഗ്നിപർവ്വത പ്രവർത്തനങ്ങളെയും സംബന്ധിച്ച് തയാറാക്കിയ ആധികാരിക പഠനങ്ങൾ കാണിക്കുന്നത് ഇവയെല്ലാം കൂടുതലും സമുദ്രഗർത്തങ്ങളിലും സമുദ്രാന്തര പർവ്വത നിരകളിലുമായി കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്നുവെന്നാണ്. ഈ പഠനങ്ങൾ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും രൂപീകരണത്തെ സംബന്ധിച്ച പുതിയ ഫലകചലന സിദ്ധാന്തത്തിലേക്ക് നയിക്കുകയുണ്ടായി.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. കാന്തികതലതിരിച്ചിലുകൾ എന്നതുകൊണ്ട് ഉദ്ദേശിക്കുന്നതെന്താണ്?
2. സമുദ്രാന്തര പർവ്വത നിരകൾക്കിരുവശത്തും അനുരൂപ്യമായ പുരാകാന്തിക പട്ടകളുടെ മാതൃക കാണപ്പെടുന്നതെന്തുകൊണ്ട്?
3. വൻകരാ ഭൂവൽക്കത്തെ അപേക്ഷിച്ച് സമുദ്ര ഭൂവൽക്കത്തിന് പ്രായക്കുറവ് കാണപ്പെടുന്നുവെന്നത് എങ്ങനെ വിശദീകരിക്കാനാകും?

11.5 ഫലകവിവർത്തനികം (Plate Tectonics)

ഭൗമാന്തർഭാഗത്ത് നിന്നും ഉദ്ഭൂതമാകുന്ന ആന്തരജന്യ ബലങ്ങളും തത്ഫലമായി സംഭവിക്കുന്ന വിവർത്തനിക - വിരൂപണ പ്രക്രിയകളും സംബന്ധിച്ച ഭൂവിജ്ഞാനീയ പഠന ശാഖയാണ് 'ടെക്റ്റോണിക്സ്.' 'ടെക്റ്റോണിക്സ്' എന്ന പദം നിർമാണമെന്നാണ് വിവക്ഷിക്കുന്നത്. 1960 കളുടെ അവസാനത്തോടെ ഒരു കൂട്ടം അമേരിക്കൻ ശാസ്ത്രകാരന്മാരും പര്യവേഷകരും ചേർന്ന് രൂപപ്പെടുത്തിയ ആശയങ്ങളാണ് ഫലകവിവർത്തനിക സിദ്ധാന്തമായി രൂപപ്പെട്ടത്. വൻകരാവിസ്ഥാപനം, സമുദ്രതട വ്യാപനം തുടങ്ങിയ സിദ്ധാന്തങ്ങളെയെല്ലാം സമന്വയിപ്പിച്ചുകൊണ്ടാണ് ഈ സിദ്ധാന്തം ആവിഷ്കരിച്ചിട്ടുള്ളത്.

ഫലകവിവർത്തനികസിദ്ധാന്ത പ്രകാരം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലം ഒട്ടനവധി ചെറുതും വലുതുമായ ഫലകങ്ങളാൽ നിർമിതമാണ്. ഓരോ ഫലകവും ആപേക്ഷികമായി ചലിക്കുകയും ഫലകാതിരുകളിൽ വ്യത്യസ്ത പ്രതിഭാസങ്ങൾക്ക് കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഭൂകമ്പങ്ങൾ, അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ, പർവ്വതങ്ങൾ, തുടങ്ങിയ പ്രതിഭാസങ്ങ

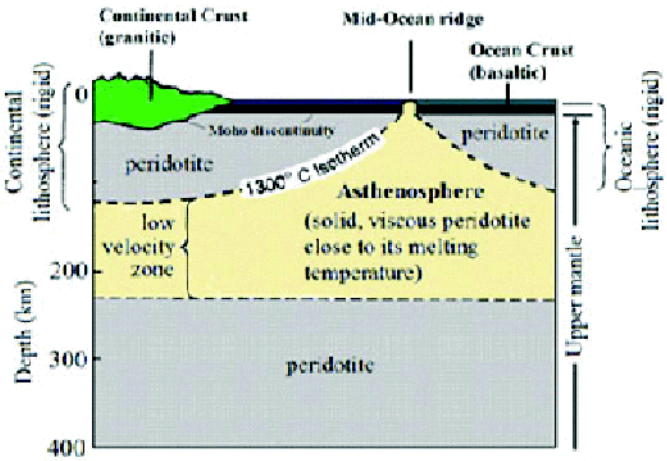
ളെയെല്ലാം വിശദീകരിക്കാൻ ഫലകവിവർത്തനികസിദ്ധാന്തത്തിന് കഴിയുന്നു. ഭൗമ പ്രതിഭാസങ്ങളെ വിശദീകരിക്കുന്നതിനും ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും ചലനത്തെ വിവരിക്കുന്നതിനും പുത്തൻ വ്യാഖ്യാനങ്ങൾ നൽകുന്ന ഈ സിദ്ധാന്തം ഭൗമശാസ്ത്രത്തിലെ വിപ്ലവകരമായ ആശയങ്ങളിലൊന്നാണ്.

ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങൾ (Lithospheric plates)

ഭൂമിയുടെ പുറം പാളിയായ ഭൂവൽക്കവും ഉപരി മാന്റിലിന്റെ ഉറച്ച മേൽഭാഗവും ചേർന്നതാണ് ലിത്തോസ്ഫിയർ (ശിലാമണ്ഡലം). ലിത്തോസ്ഫിയറിനു താഴെയുള്ള പാളിയെ അസ്തെനോസ്ഫിയർ എന്നു വിളിക്കുന്നു. അതിതാപവും ഉന്നത മർദ്ദവും നിലനിൽക്കുന്ന ആസ്തെനോസ്ഫിയറിൽ ശിലാ പദാർഥങ്ങൾ അർധദ്രവാവസ്ഥയിലാണ്. അതിനാൽ ലിത്തോസ്ഫിയറിന് ഇതിനു മുകളിലൂടെ തെന്നി നീങ്ങുവാൻ കഴിയുന്നു.

ലിത്തോസ്ഫിയറിന് നിരവധി വിള്ളലുകളുണ്ട്. അതിനാൽ അവയെല്ലാം വലിയതുണ്ടുകളായാണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. ഈ ശിലാമണ്ഡല കഷണങ്ങൾക്ക് കൊടുത്ത പേരാണ് 'പ്ളേറ്റ്' അഥവാ 'ഫലകം.' ഫലകങ്ങൾക്ക് ശരാശരി 125 കിലോമീറ്റർ കനമുണ്ട്. പ്ലേറ്റുകൾ അർധദ്രവാവസ്ഥയിലുള്ള അല്ലെങ്കിൽ വളരെയധികം ഇലാസ്തികതയുള്ള ഖരപദാർഥമായ ആസ്തനോസ്ഫിയറിന് മുകളിൽ തെന്നി നീങ്ങുന്ന പ്രകൃതമുള്ളവയാണ്.

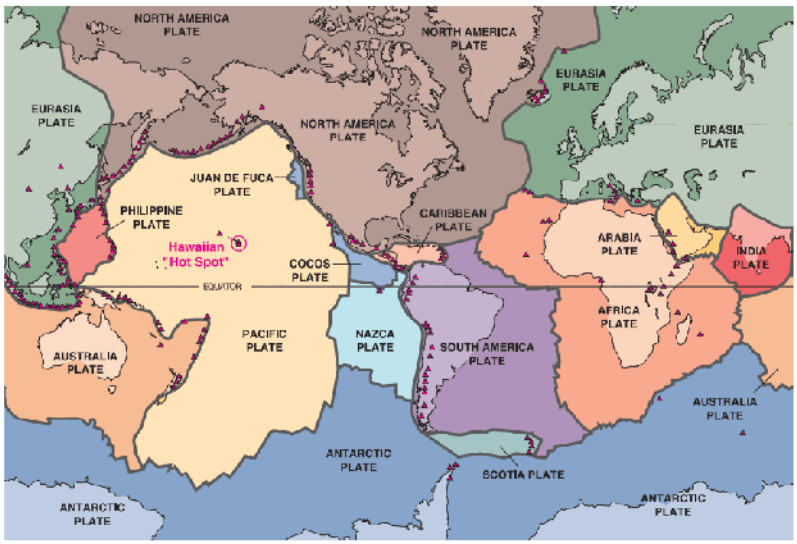
ചില വസ്തുക്കൾക്ക് ഖരാവസ്ഥയിൽ തന്നെ മെല്ലെ ഒഴുകുവാനാകും. ഒരു ചോക്ലേറ്റ് കഷണം സാധാരണ താപനിലയിൽ ഉരുകാതെ തന്നെ ഒഴുകാൻ പ്രവണത കാണിക്കാറുള്ളത് ശ്രദ്ധിച്ചിട്ടില്ലേ? റോഡ് നിർമാണത്തിനുപയോഗിക്കുന്ന പിച്ച് അഥവാ ടാർ പതുക്കെ ഒഴുകിപ്പോകുന്നത് നിങ്ങൾ കണ്ടിരിക്കും. ആസ്തനോസ്ഫിയറിലെ ശിലകൾ മുകളിലും താഴെയുമുള്ള ശിലാ പദാർഥങ്ങളെ അപേക്ഷിച്ചു കൂടുതൽ ദുർബലാവസ്ഥയിലാണ്. ഭൂകമ്പ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന സീസ്മിക്ക് തരംഗങ്ങൾ താരതമ്യേന വളരെ കുറഞ്ഞ പ്രവേഗത്തിൽ ഈ പാളിയിലൂടെ കടന്ന് പോകുന്നു. അതുകൊണ്ട് ഈ മണ്ഡലത്തെ അല്പ പ്രവേഗമേഖല (Low Velocity Zone - LVZ) എന്നാണ് ഭൗമശാസ്ത്രത്തിൽ വിശേഷിപ്പിക്കാറുള്ളത്.



ചിത്രം 11.18 ആസ്തനോസ്ഫിയറിന് മുകളിലുള്ള ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങൾ (സമുദ്രഫലകവും ഭൂഖണ്ഡ ഫലകവും)

ലിത്തോസ്ഫിയറിന് വിവർത്തനികം സംഭവിച്ചിട്ടുണ്ടാകുന്ന ഫലകങ്ങളെ ടെക്റ്റോണിക് ഫലകങ്ങളെന്നും വിളിക്കുന്നു. മിക്ക ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങളും വൻകര പ്രദേശങ്ങളും കടൽത്തറ പ്രദേശങ്ങളും ഉൾപ്പെടുന്നവയാണെങ്കിലും കടൽത്തറ പ്രദേശം മാത്രമായുള്ള ഫലകങ്ങളുമുണ്ട്. ലിത്തോസ്ഫിയർ പ്രത്യേക ടെക്റ്റോണിക് ഫലകമായി നിലകൊള്ളുകയും അടിയിലുള്ള അർധദ്രവാവസ്ഥയിലുള്ള ആസ്തനോസ്ഫിയറിനു മുകളിലൂടെ ഒഴുകി നടക്കുകയും ചെയ്യുന്നു (ചിത്രം 11.18).

പന്ത്രണ്ടോളം വലിയ ഫലകങ്ങളും ധാരാളം ചെറു ഫലകങ്ങളുമായി ശിലാമണ്ഡലം വിഭജിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. അവ വ്യത്യസ്ത ദിശകളിലേക്ക് വ്യത്യസ്ത വേഗത്തിൽ നിങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. താഴെ കൊടുത്തിട്ടുള്ള ലോകഭൂപടം (ചിത്രം 11.19) ശ്രദ്ധിച്ച് വിവിധ തരം ഫലകങ്ങളെ തിരിച്ചറിയാവുന്നതാണ്. പല ഫലകങ്ങളുടെയും അതിരുകൾ കടന്ന് പോകുന്നത് സമുദ്രങ്ങൾക്കും ഭൂഖണ്ഡങ്ങൾക്കും കുറുകെയായിട്ടാണ്. ഉദാഹരണത്തിന് ഇന്ത്യൻ ഫലകാതിര് ഇന്ത്യൻ മഹാസമുദ്രത്തിലൂടെ കടന്ന് ഹിമാലയൻ പർവ്വത മേഖലകളിലൂടെയാണുപോകുന്നത്. പസഫിക് ഫലകം പോലുള്ളവ പൂർണ്ണമായും സമുദ്രതറയുൾക്കൊള്ളുന്ന ഫലകമാണെന്ന് ചിത്രത്തിൽ നിന്നും മനസ്സിലാക്കാവുന്നതാണ്. സാധാരണയായി വർഷത്തിൽ ഏതാനും സെന്റിമീറ്റർ, അല്ലെങ്കിൽ ദിനംപ്രതി 0.1 മില്ലിമീറ്റർ വേഗതയിലാണ് ഫലക ചലനം സംഭവിക്കുന്നത്. ആലങ്കാരികമായി ഇതിനെ 'നഖങ്ങൾ വളരുന്ന വേഗത്തിൽ' എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കാം.



ചിത്രം 11.19 ടെക്റ്റോണിക് (ലിത്തോസ്ഫെറിക്) ഫലകങ്ങളുടെ ലോക ഭൂപടം

നമുക്ക് ചെയ്തു നോക്കാം

ചിത്രം 11.19 ൽ കാണിച്ചിട്ടുള്ള എല്ലാ ചെറുതും വലുതുമായ ഫലകങ്ങളെ കണ്ടെത്തുക. വൻകരാപ്രദേശങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്ന ട്രിപ്പിൾ ജങ്ഷനുകൾ ഏതൊക്കെയാണെന്ന് തിരിച്ചറിയുകയും ചെയ്യുക.

11.5.1 ഫലകചലനം (Plate Motion)

ഫലകചലനത്തിന് വേണ്ട പ്രേരകശക്തിയെന്താണെന്നതിനെക്കുറിച്ച് ഭിന്നാഭിപ്രായ മാണുള്ളത്. മാന്റിലിലെ സംവഹന പ്രവാഹങ്ങളാണ്, ഫലകങ്ങളുടെ നീക്കത്തിന്റെ യന്ത്രസൂത്രമായി വിശദീകരിക്കപ്പെട്ട ഒരാശയം. മാന്റിലിലെ ചൂട് കൂടിയതും സാന്ദ്രത കുറഞ്ഞതുമായ ശിലാപദാർഥങ്ങൾ മുകളിലേക്കും മുകളിലെ സാന്ദ്രത കൂടിയ തണുത്ത ശിലാപദാർഥങ്ങൾ താഴേക്കുമായി പ്രവഹിച്ച് സംവഹനം നടക്കുന്നു. വളരെ കുറഞ്ഞ വേഗതയിലുള്ള ഈ പ്രവാഹം ലിത്തോസ്ഫിയറിലേക്ക് ബലം ചെലുത്തപ്പെട്ട് ലിത്തോ സ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങളെ ചലിപ്പിക്കാൻ കാരണമാകുന്നു. എന്നാൽ ഈ വാദഗതിക്ക് വേണ്ടത്ര പിന്തുണ ഇപ്പോൾ ശാസ്ത്രജ്ഞർ നൽകി വരുന്നില്ല.

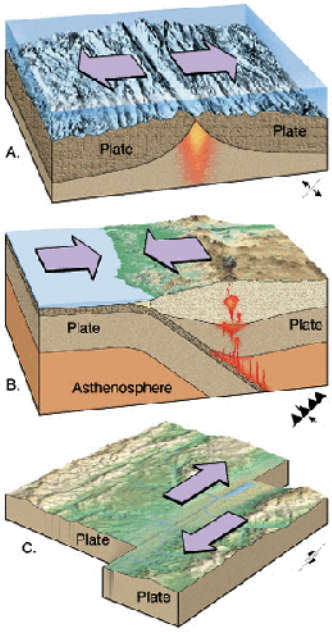
11.5.2 ഫലകസീമകൾ (Platc Boundaries)

പൊതുവായി മൂന്നു തരം ഫലക അതിരുകളാണ് നിർവ്വചിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളത്.

1. വിയോജക സീമകൾ
2. സംയോജക സീമകൾ
3. ഛേദകസീമകൾ അഥവാ ട്രാൻസ്ഫോം ഫോൾട്ട് സീമകൾ (ചിത്രം 11.20)

1. വിയോജക ഫലകസീമകൾ (Divergent boundaries)

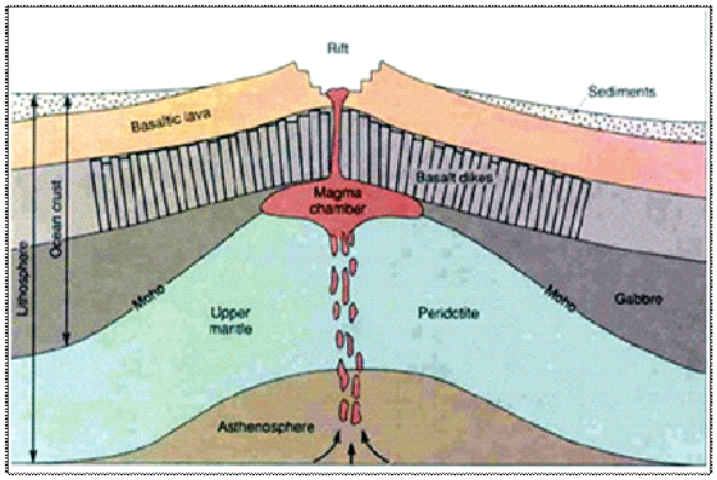
രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ ഇരു വശങ്ങളിലേക്ക് അകന്നു പോകുന്ന തരം സീമകളാണിവ. ഇത്തരം ഫലക സീമ കളിൽ ഫലകങ്ങൾ അകന്നു മാറുകയും പുതിയ ശിലാ മണ്ഡലം അവയ്ക്കിടയിൽ ഉണ്ടായിക്കൊണ്ടിരിക്കു കയും ചെയ്യുന്നു. മന്ദഗതിയിൽ പരസ്പരം ഫലക ങ്ങൾ അകന്നു പോകുന്നതിന്റെ ഫലമായി അവയ്ക്കി ടയിൽ ശിലാമണ്ഡലഭാഗത്ത് അതിദീർഘകങ്ങളായ വിള്ളലുകളുണ്ടാകുന്നു. ഈ വിള്ളലുകളിലൂടെ മാന്റി ലിലെ ശിലാദ്രവം മുകളിലേക്ക് വന്ന് തണുത്തുറഞ്ഞ് ഫലകങ്ങളുടെ അതിരുകളോട് ചേർന്ന കടൽത്തറ പ്രദേശങ്ങളിൽ ലിത്തോസ്ഫിയറിന്റെ ഭാഗമായിത്തീ രുന്നു. പുതിയ കടൽത്തറ രൂപം കൊള്ളുന്ന ഈ അതിരുകൾക്ക് നിർമാണാത്മക അതിര് (constructive margin) എന്നുപറയാറുണ്ട്. സമുദ്രതടങ്ങളിൽ വിയോ ജക സീമകൾ കടന്ന് പോകുന്നത് സമുദ്രമധ്യ പർവ്വത നിരകളുടെ ഏറ്റവും ഉയരമുള്ള മേഖലകളായ ശിഖര ഭാഗങ്ങളിലൂടെയാണ്.



ചിത്രം 11.20 വിവിധ തരം ഫലകസീമകൾ എ) വിയോജന സീമ. ബി) സംയോജന സീമ, സി) ഛേദക സീമ

അറ്റ്ലാന്റിക്കിന്റെ നടുവിലൂടെ കടന്നുപോകുന്ന മധ്യ അറ്റ്ലാന്റിക് പർവ്വതശിഖരത്തിൽ 19,000 കി.മീ നീളത്തിൽ വലിയൊരു പിളർപ്പ് തന്നെയുണ്ട്. ഈ സമുദ്ര മധ്യ വരമ്പു കൾക്കിരുവശത്തുമുള്ള ശിലാമണ്ഡല ഫലകങ്ങൾ വർഷത്തിൽ ഏകദേശം 2.5

സെന്റിമീറ്റർ വീതം ഇരുഭാഗത്തേക്കും അനുക്രമം നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നതായി കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. നോർത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകവും യൂറേഷ്യൻ ഫലകവും തമ്മിലുള്ള വിയോജന ചലനം നടക്കുന്ന സീമയാണിവിടെ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്. അറ്റ്ലാന്റിക്കിലെ ഈ പർവ്വത ശിഖരത്തിന് സമാന്തരമായി കടലിന്റെ അടിത്തട്ടിൽ ഭൂമിക്ക് പുതിയ ലിത്തോസ്ഫിയർ രൂപപ്പെടുകയാണ്. അടിയിൽ പുതിയ ഭൂവൽക്ക ഫലകം രൂപപ്പെടുന്നതിനനുസരിച്ച് ഇത് വശങ്ങളിലേക്കു തള്ളിനീക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യുന്നു. യൂറേഷ്യൻ ഫലകം നോർത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകവുമായും ആഫ്രിക്കൻ ഫലകം സൗത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകവുമായും നടക്കുന്ന വിയോജന ചലനം ഈ സീമയിലൂടെയാണ് സംഭവിക്കുന്നത്. മധ്യസമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരകളെ കേന്ദ്രമാക്കിയുള്ള ഈ പിളർക്കലും അനുബന്ധ ആഗ്നേയ പ്രവർത്തനങ്ങളും ചിത്രം 11.21 ൽ കാണിച്ചിരിക്കുന്നു.

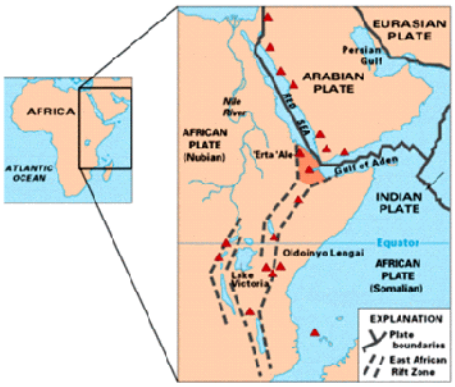


ചിത്രം 11.21 മധ്യ സമുദ്രാന്തര പർവ്വത നിരയുടെ അക്ഷീയ പിളർപ്പ്

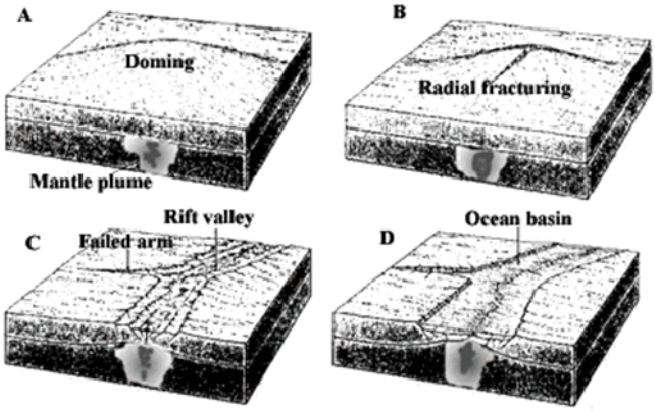
വൻകരകളിൽ വിയോജകസീമകൾ കടന്നുപോകുന്ന പ്രദേശങ്ങളിൽ വലിയ ഭ്രംശ താഴ്‌വരകൾ (rift valleys) രൂപമെടുക്കുകയും അതിനുള്ളിൽ കാലാന്തരത്തിൽ പുതിയ കടൽത്തറ ഉണ്ടായി വൻകരകളുടെ ഇരുവശത്തേക്കുമുള്ള ചലനത്തിന് കാരണമാകുകയും ചെയ്യുന്നു. ചെങ്കടൽ പിളർപ്പ് (Red Sea Rift), കിഴക്ക് ആഫ്രിക്കൻ പിളർപ്പ് (East African Rift), പശ്ചിമ അന്റാർട്ടിക്ക് പിളർപ്പ് (West Antarctic Rift) എന്നിവയെല്ലാം ഇതിനുദാഹരണങ്ങളാണ്. വടക്കെ എത്യോപ്യയിലെ അഫാർ മേഖല 'Y' ആകൃതിയിലുള്ള പിളർപ്പ് കാണിക്കുന്ന റിഫ്റ്റ് മേഖലയാണ്. വൻകരാശിലാമണ്ഡലം പിളർന്ന് വലിഞ്ഞ് നീങ്ങുന്ന അഫാർ പിളർപ്പ് മൂന്ന് ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ സന്ധിക്കുന്ന ഒരു ത്രിമുഖ സന്ധി (triple junction) ആകുന്നു. അറേബ്യൻ ഫലകം, ആഫ്രിക്കൻ ഫലകത്തിൽ നിന്നും അകന്ന് നീങ്ങി ചെങ്കടലും ഏദൻ ഉൾക്കടലും രൂപം കൊണ്ടത് ഇപ്പോഴും സജീവമായ ഈ വിയോജകവരമ്പിലൂടെയാണ്. ഈ വിള്ളൽ തുടർന്ന് കിഴക്ക് ആഫ്രിക്കൻ വിള്ളൽ മേഖലയിലൂടെ വലിഞ്ഞ് നീങ്ങി, നൂബിയൻ പ്ളെയ്റ്റും (Nubian Plate) സൊമാലിയൻ പ്ളെയ്റ്റും (Somalian Plate) രൂപം കൊണ്ട് അറേബ്യൻ പ്ളെയറ്റുക

ളിൽ നിന്നും അകന്നുപോകുകയും ചെയ്യുന്നു. എത്യോപ്യയുടെ മധ്യഭാഗത്തായി സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന അഫാർ പിളർപ്പും പ്രദേശത്തെ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളും ചിത്രത്തിൽ (ചിത്രം 11.22) സൂചിപ്പിച്ചിരിക്കുന്നു.

ഫലകങ്ങൾ അകന്ന് നീങ്ങുമ്പോൾ, അതുണ്ടാകുന്ന വലിവ്ബലം (tensional stress) വൻകരാപിളർപ്പിലേക്ക് എത്തിക്കുന്നു. ഭൂവൽക്ക ഭാഗം അവിടെ ഡോം ആകൃതിയിൽ ഉയർന്ന് പൊങ്ങി ഒരു ഉയർന്ന കേന്ദ്ര ഭൂഭാഗം സൃഷ്ടിക്കപ്പെടുന്നു. അവിടെ നിന്നും മൂന്ന് കൈവഴികളിലായി പിളർപ്പ് വ്യാപിക്കാൻ ശ്രമമാരംഭിക്കുന്നതാണ്. ഇത്തരത്തിലുള്ള വലിയ പിളർപ്പ് താഴ്‌വരയുടെ രണ്ട് കൈവഴികൾ ചേർന്ന് രൂപപ്പെട്ടതാണ് കിഴക്ക് ആഫ്രിക്കൻ ഭ്രംശതാഴ്‌വര (East African Rift Valley). ഈ പിളർപ്പ് താഴ്‌വര പിന്നീട് ഒരു ചെങ്കടൽ പോലെ ആയി മാറി ആത്യന്തികമായി ഒരു സമുദ്രമായും (അറ്റ്‌ലാന്റിക് സമുദ്രം പോലെ) രൂപാന്തരപ്പെടുന്നതായി കണക്കാക്കുന്നു (ചിത്രം 11.23). അവശേഷിക്കുന്ന ഒരു കൈവഴി അലസിപ്പോവുകയാണുണ്ടായത്. അതു പിന്നീട് ഒരു പ്രധാന നദീചാനലായി മാറിയേക്കാം. ആഫ്രിക്കയിൽ കാണുന്ന അലസിപ്പോയ പിളർപ്പ് ഇതിനുദാഹരണമാണ്.



ചിത്രം 11.22 അഫാർ മേഖലയിൽ ത്രിമുഖ സന്ധി (അഫാർ: ഇരുണ്ട ഷേഡ്, അഗ്നിപർവ്വതങ്ങൾ, ചുവന്ന ത്രികോണങ്ങൾ)



ചിത്രം 11.23

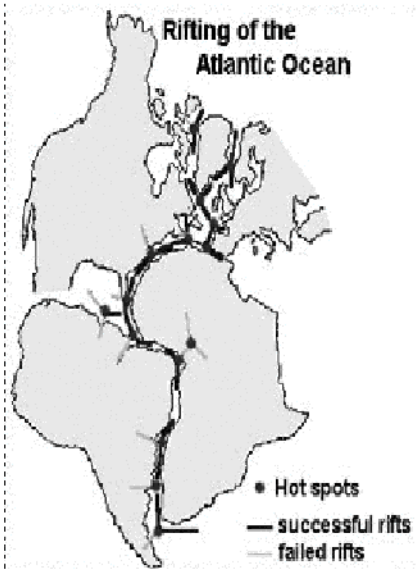
മാന്റിലിൽ നിന്നും മുകളിലേക്ക് ഉയർന്നു വരുന്ന, ഉന്നതഊർജമുള്ളതും ദൃഢമായതും ചുടുള്ളതുമായ ശിലയുടെ പ്രവാഹമായ മാന്റിൽ ശിഖ (Mantle Plume) വൻകരാപിളർപ്പിന്റെ തുടക്കം കുറിക്കുന്ന ഒരു ഘടകമാണ്. മുകളിലേക്ക് ഉയരുന്ന മാന്റിൽ ശിഖ, ലിത്തോസ്ഫിയറിനെ ഉരുക്കി ഒരു വിള്ളലുണ്ടാക്കുന്നു. ഇതിനെ താപബിന്ദു (Hot Spot) എന്നു വിളിക്കുന്നു. താപബിന്ദുവിലൂടെ ഉയർന്നു വരുന്ന മാഗ്മയാണ് ഭൂവൽക്കം ഡോം ആകൃതിയിൽ ഉയരുവാൻ ഹേതുവാകുന്നത്. ശാഖകളായിപ്പിരി

യുന്ന ആഫ്രിക്കൻ ഭ്രംശതാഴ്‌വര പ്രദേശത്ത് മാന്റിലിൽ നിന്ന് മാഗ്മ വന്നെത്തി തണുത്തുറഞ്ഞ് പുതിയ ലിത്തോസ്ഫെറിക് കടൽത്തറാഫലകം രൂപമെടുക്കുന്ന പ്രക്രിയ നടക്കുന്നതിനാൽ ആഫ്രിക്കൻ വൻകര അനുക്രമം പിളർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്നുവെന്ന് മനസ്സിലാക്കിയിട്ടുണ്ട്. ഈ പിളർപ്പിലൂടെ രൂപംകൊണ്ട കടലാണ് ചെങ്കടൽ എന്ന് നിങ്ങൾ നേരത്തെ മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ? പിളർപ്പിന്റെ മധ്യഭാഗത്ത് ഇരുവശങ്ങളിലേക്കും വ്യാപിക്കുന്ന ഒരു വരമ്പുണ്ട് (spreading ridge). ഇരുവശത്തുമുള്ള വൻകരാഭാഗം വളരെയധികം അകന്ന് നീങ്ങുമ്പോൾ ഇതൊരു സമുദ്രവരമ്പ് (Oceanic ridge) ആയിത്തീരും. ഇരുപതോളം താപ ബിന്ദുക്കളുടെയും അവയിലൂടെ പുറത്ത് വരുന്ന മാഗ്മയുടേയും പ്രവർത്തഫലമായിട്ടാണ് മധ്യഅറ്റ്‌ലാന്റിക്പർവതവരമ്പ് (Mid Allantc Ridge) രൂപപ്പെട്ട് ഇരുവശത്തേയ്ക്കും ലിത്തോസ്ഫിയർ വ്യാപിച്ചു പോകുന്നത്. ഇത് അവിടെ കാണപ്പെടുന്ന ദ്വീപുകളുടെ സാന്നിധ്യം ഈ പ്രക്രിയ സാക്ഷ്യപ്പെടുത്തുന്നു. ചിത്രത്തിൽ (ചിത്രം. 11.24) അറ്റ്‌ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ മധ്യഭാഗത്തിലൂടെയുള്ള പിളർപ്പ് കാണിക്കുന്ന താപബിന്ദുക്കളുടെ സ്ഥാനവും അലസിപ്പോയ പിളർപ്പുകളും കാണിക്കുന്നുണ്ട്.

(2) സംയോജക സീമകൾ (Convergent boundaries)

രണ്ടു ഫലകങ്ങൾ പരസ്പരം അടുത്തുവന്ന് പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടുന്ന തരത്തിലുള്ള ഫലകാതിരുകളാണിവ. ഇവയെ വിനാശക അതിരുകൾ (Destructive margins) എന്നു വിശേഷിപ്പിക്കാറുണ്ട്. കാരണം ഇവിടെ കൂട്ടിമുട്ടുന്ന ഫലകങ്ങൾ വിനാശത്തിന് വിധേയമാകുന്നുവെന്നതാണ്. വലിയ പർവ്വത നിരകളും സജീവഅഗ്നിപർവ്വതങ്ങളും ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്ന മേഖലകളാണ് സംയോജന സീമകൾ.

ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടുന്ന ഭാഗങ്ങളെ മൂന്നായി തരം തിരിക്കാം. സമുദ്രത്തറ മാത്രമുള്ള രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ അടുക്കാം. വൻകരയെ വഹിക്കുന്ന രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ സമുദ്രത്തറ മാത്രമുള്ള ഒരു ഫലകവും വൻകരയെ വഹിക്കുന്ന മറ്റൊരു ഫലകവും തമ്മിലുള്ള കൂട്ടി മുട്ടലും സംഭവിക്കാം.



ചിത്രം 11.24 അറ്റ്‌ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ പിളർക്കൽപ്രക്രിയ

വിയോജക സീമകളിൽ രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ അകന്നുപോവുകയാണല്ലോ സംഭവിച്ചു കൊണ്ടിരിക്കുന്നത്. എന്നാൽ ഭൂമിയുടെ ഉപരിതല വിസ്തീർണം ആനുപാതികമായി കൂടുന്നുമില്ല. സ്വാഭാവികമായും ഭൂമിയിൽ മറ്റൊരിടത്ത് ഫലകങ്ങൾ തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടാതെ നിർവാഹമില്ല.

മധ്യസമുദ്രാന്തരപർവ്വതവരമ്പുകൾ പോലെയുള്ള വിയോജന സീമകളിൽ വ്യാപനത്തിന്റെ ഫലമായി മാഗ്മ പുറത്ത് വന്ന് പുതിയ ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകം രൂപം കൊള്ളുന്നുവെന്ന് മുമ്പ് മനസ്സിലാക്കിയല്ലോ? ഇത്തരം ലിത്തോസ്ഫിയർ ഭാഗത്ത്

കടൽത്തറ തണുത്തുറഞ്ഞ് ക്രമേണ സാന്ദ്രത കൈവരിക്കുന്നു. കൂടുതൽ വിയോജന ചലനം നടന്ന് അകലുന്ന കടൽത്തറ സാന്ദ്രത വർധിച്ച് സംയോജക സീമകളിലൂടെ മാന്റിലിലേക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്. മാന്റിലിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങുന്ന ഈ പ്രക്രിയ നിമജ്ജനം (subduction) എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കപ്പെടുന്നു. നമുക്ക് മൂന്ന് തരത്തിലുള്ള സംയോജന രീതികൾ മനസ്സിലാക്കാം.

(i) സാമുദ്രിക – സാമുദ്രിക സംയോജനം (Oceanic - Oceanic Convergence)

കടൽത്തറ ഭാഗങ്ങളോട് കൂടിയ രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ കൂട്ടിമുട്ടുന്ന സമീപന സീമയാണിത്. ഇവിടെ ഏതെങ്കിലും ഒരു സാമുദ്രിക ഫലകഭാഗം സമീപസ്ഥ ഫലകത്തിനടിയിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങി ഫലകഭാഗം ഉരുകി മാന്റിലിന്റെ ഭാഗമായിത്തീരുന്നു. ശിലാമണ്ഡല ഫലകം മാന്റിലിലേക്ക് താണുപോയി ആഴ്ന്നിറങ്ങി വിനാശത്തിന് വിധേയമാകുന്ന ഇത്തരം മേഖലകളെ നിമജ്ജനമേഖലകൾ (Subduction Zones) എന്നാണ് വിശേഷിപ്പിക്കാറുള്ളത്. സമുദ്രഗർത്തങ്ങൾ, നിമജ്ജന മേഖലയെയാണ് സൂചിപ്പിക്കുന്നത്.

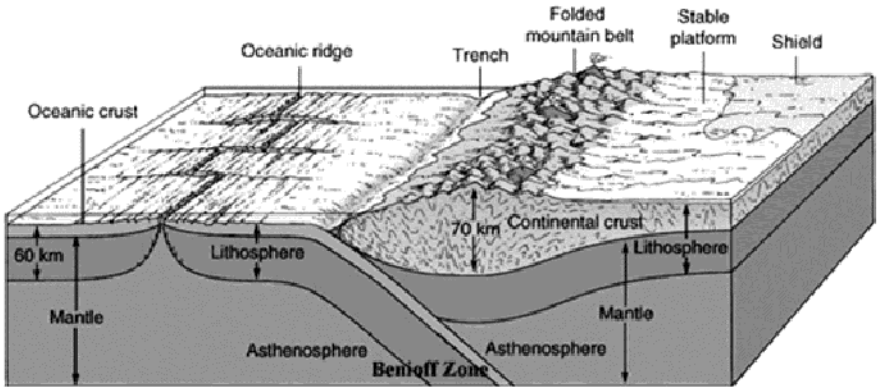
മധ്യഅറ്റ്ലാന്റിക്പർവ്വതനിരകളുടെ ഭാഗത്തുനിന്നും പടിഞ്ഞാറോട്ട് അകലുന്ന സൗത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകം, കരീബിയൻ ഫലകവുമായി കൂട്ടിമുട്ടി സംയോജന സീമയായി മാറിയത് ഉദാഹരണമായെടുക്കാം. അവിടെ സൗത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകം കരീബിയൻ ഫലകത്തിനടിയിലേക്ക് തള്ളപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. നിമജ്ജനം നടക്കുന്ന മേഖലയുടെ തൊട്ടുമുമ്പിലായി സമുദ്രത്തിലെ അവസാദശിലകളും സമുദ്ര ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകത്തിന്റെ കഷണങ്ങളുമെല്ലാം കുന്നുകൂടി ഞെരുങ്ങി ഉയർന്നുവരുന്ന ഒരു ആപ്പിന്റെ (accretion wedge) ആകൃതിയിലാകും. ഇങ്ങനെ താഴേക്ക് നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന ഫലകത്തിന്റെ ചെറിയൊരുഭാഗം മുകളിലേക്ക് തന്നെ തിരിക്കപ്പെടുന്ന ഈ പ്രക്രിയ നിമജ്ജനത്തിന്റെ വിപരീതമാണ്. ഇതിനെ ഒബ്ഡക്ഷൻ എന്ന് പറയാവുന്നതാണ്. അതേസമയംതന്നെ താഴോട്ട് ഇറങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന സമുദ്ര ലിത്തോസ്ഫിയറിന്റെ ഭാഗങ്ങൾ കുറെ അടിയിലേക്ക് ചെല്ലുമ്പോൾ ഉയർന്ന താപം കാരണം ഉരുകി മുകളിലേക്കുയരും. തത്ഫലമായി, നിമജ്ജന മേഖലയിൽ നിന്നും അല്പം അകലെയായി അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളുടെ ഒരുനിര രൂപം കൊള്ളുന്നു. ഈ അഗ്നി പർവ്വത ശൃംഖലകൾ പിന്നീട് ദ്വീപുസമൂഹങ്ങളായിത്തീരുന്നതാണ്. കമാന രൂപത്തിൽ വിന്യസിക്കപ്പെടുന്ന ഈ ദ്വീപ് സമൂഹങ്ങളെ ദ്വീപുകമാനങ്ങൾ (island arcs) എന്നാണ് വിശേഷിപ്പിക്കപ്പെടുന്നത്. കരീബിയൻ ദ്വീപ് സമൂഹങ്ങൾ പ്യൂർട്ടോറിക്കോ ട്രഞ്ചിന് സമാന്തരമായി കമാനരൂപത്തിൽ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്ന അഗ്നിപർവ്വതദ്വീപുകളാണ്.

(ii) സാമുദ്രികഫലക – ഭൂഖണ്ഡഫലക സംയോജനം (Oceanic - Continental convergence)

നിമജ്ജനപ്രക്രിയ സാധാരണ സജീവമായി സംഭവിക്കുന്നത് ഒരു സമുദ്രഫലകവും മറ്റൊരു ഭൂഖണ്ഡഫലകവും തമ്മിലുള്ള സംയോജനത്തിലാണ്. ഭൂഖണ്ഡഫലകത്തിന് കട്ടി കൂടുതലും സാന്ദ്രത കുറവുമാണ്. സ്വഭാവികമായും സാന്ദ്രത കുറവുള്ള ഭൂഖണ്ഡഫലകത്തിന് ആസ്തനോസ്ഫിയറിലേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങാനാവില്ല. എന്നാൽ ഇവിടെ സാന്ദ്രത കൂടുതലുള്ള സമുദ്രഫലകം ഭൂഖണ്ഡഫലകത്തിനടിയിലേക്ക് നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെടാറാണ് പതിവ്.

തെക്കെ അമേരിക്കയുടെ പടിഞ്ഞാറേ തീരത്ത് നടക്കുന്ന ഫലകസംയോജനം ഉദാഹരണമായെടുക്കാം. ഇവിടെ പസഫിക്കിലെ നാസ്കാ ഫലകം സൗത്ത് അമേരിക്കൻ വൻകരാഫലകവുമായി കൂട്ടിമുട്ടുന്നു. സാന്ദ്രത കുറവുള്ള വൻകരാഫലകത്തിലെ ശിലകൾ മുകളിൽത്തന്നെ നിലകൊള്ളുമെന്ന് മുമ്പ് പറഞ്ഞുവല്ലോ. സമുദ്രഭൂവൽക്കം വളഞ്ഞ് താഴേക്ക് ആഴ്ന്നിറങ്ങുകയും ചെയ്യുന്നു. പെറു - ചിലി ഗർത്തം നിലകൊള്ളുന്ന ഭാഗത്തുകൂടി നാസ്കാ സമുദ്രഫലകം സൗത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകത്തിനടിയിലേക്ക് നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെടുന്നുവെന്ന് മനസ്സിലാക്കേണ്ടതാണ്.

സമുദ്രതീരത്ത് വർഷങ്ങളായി അടിഞ്ഞുകൂടുന്ന അവസാദങ്ങൾ, സംയോജന സീമകളിലൂടെ ഫലകം താഴേക്ക് നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെട്ട് തുടങ്ങുമ്പോൾ, അവിടെ അടിഞ്ഞുചേർന്നൊരു ഭീമാകാരമായ പ്രിസം രൂപപ്പെടും. തുടർന്നുണ്ടാകുന്ന സമ്മർദ്ദബലത്താൽ ഭൂവൽക്കത്തിൽ മടക്കുകളുണ്ടായിത്തീരും. അത് ഞെരുങ്ങി കട്ടി കൂടിക്കൊണ്ടിരിക്കും. അവസാനം പ്രിസത്തിലെ പാറകൾ ഉയർത്തപ്പെട്ട് മടക്കു പർവ്വതങ്ങളായി ഉയർന്നുവരും. സൗത്ത് അമേരിക്കൻ ഫലകത്തിന്റെ അതിരു രൂപപ്പെടുത്തുന്ന ആൻഡീസ് മടക്കുപർവ്വതം ഇത്തരത്തിൽ രൂപം കൊണ്ടതാണ്. അതേ സമയം താഴോട്ടിറങ്ങുന്ന ഫലകത്തിന്റെ മുഴുവൻ ഭാഗവും ആസ്തനോസ്ഫിയറിലേക്ക് നഷ്ടപ്പെടുന്നില്ല. താഴോട്ടിറങ്ങുമ്പോൾ സമുദ്രജലത്തിന്റെ കുറച്ചൊരംശം വെള്ളം മാന്റിലിൽ എത്തിച്ചേർന്ന് കൂടിക്കലരാനിടവരുമ്പോൾ പല ധാതുക്കളുടെയും തിളനില കുറയുകയും ബാഷ്പീകരണ സ്വഭാവമുള്ള വാതകങ്ങൾ ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുകയും ചെയ്യും. ഭാഗികമായി പാറകളുടെ ഉരുകൽ സംഭവിച്ചുണ്ടാകുന്ന ഇത്തരം മാഗ്മ ആൻഡിസൈറ്റ് എന്ന ആഗ്നേയശില ആയിത്തീർന്ന് അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളുടെ രൂപത്തിൽ മുകളിലേക്കുയർന്ന് വരുന്നു. വളരെ സ്ഫോടനാത്മകമായ അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളാണ് അവിടെ നിമജ്ജനമേഖലയെ ചുറ്റി രൂപം കൊള്ളുന്നത്. തെക്കെ അമേരിക്കയിലെ പടിഞ്ഞാറൻ തീരത്തുള്ള ആൻഡിസ് പർവ്വതത്തിലുടനീളം വലിയ അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളുണ്ട്.



ചിത്രം 11.25 ഫലകങ്ങളുടെ നിമജ്ജനം മുലമുള്ള ബെനിയോഫ് മേഖലാ രൂപീകരണം

അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളെപ്പോലെ ഫലകാതിർത്തികളിൽ ഭൂകമ്പങ്ങളും ധാരാളമായി കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. സമുദ്ര ലിത്തോസ്ഫെറിക്ക് ഫലകം താഴോട്ട് ഊർന്നിറങ്ങുമ്പോൾ, പാറകളുടെ വലിയ സ്ലാബുകളിൽ ഘർഷണം ഉളവാകുകയും ഇടയ്ക്കിടെയുണ്ടാകുന്ന തള്ളലുകളായി സ്ഥാനചലനം സംഭവിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഫലക ചലനം ഇവിടെ തുടർച്ചയായി നടക്കുകയല്ല. മറിച്ച് ചെറിയ ചെറിയ ഉന്തലും തള്ളലുമായിട്ടാണ് നടക്കുന്നത്. ഈ തള്ളൽ ഫലമായുണ്ടാകുന്ന കമ്പനങ്ങളാണ് ഭൂകമ്പങ്ങൾ. ഫലക സംയോജനം മൂലമുള്ള ഞെരുക്കലുകൾ ശക്തമായിത്തീരുമ്പോൾ ഭൂവൽക്കത്തിലെ പാറകൾ പിളർന്ന് വിള്ളലുകളുണ്ടായി വിരൂപചലനങ്ങൾ സൃഷ്ടിക്കുന്നതാണ്. അതിനാൽ ഫലകങ്ങൾ നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെടുന്ന മേഖലകളോട് ചേർന്ന് ഭൂകമ്പങ്ങൾ ഇടയ്ക്കിടെ ആവർത്തിക്കുന്നു. ആഴം കുറഞ്ഞ ഭൂകമ്പ കേന്ദ്രങ്ങൾ അടങ്ങിയ പ്രത്യേക മേഖലകൾ തന്നെ ഫലക സംയോജനം നടക്കുന്ന അരികുകളിൽ രേഖപ്പെടുത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഇത്തരം പ്രദേശങ്ങളെ ബെനിയോഫ് മേഖലകൾ (Benioff zones) എന്നാണ് വിശേഷിപ്പിച്ചിട്ടുള്ളത് (ചിത്രം 11.25). ഇവ ക്രമേണ ആഴം കൂടിയ ഭൂകമ്പ കേന്ദ്രങ്ങളായിത്തീരുകയും ചെയ്യുന്നു.

(iii) വൻകരാ – വൻകരാ സംയോജനം (Continent - Continent Convergence)

രണ്ട് വൻകരാഫലകങ്ങൾ പരസ്പരം കൂട്ടിമുട്ടുന്ന ഒരു സംയോജന സീമയാണിത്. രണ്ട് ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെ സംയോജനമായതിനാൽ, സാന്ദ്രതാ വ്യത്യാസമില്ലാത്തതുകൊണ്ട് നിമജ്ജനം സംഭവിക്കുന്നില്ല. എന്നാൽ ഭൂഖണ്ഡ അതിരിൽ അതിശക്തമായ സമ്മർദ്ദഫലമായി ചലനങ്ങൾ ഉണ്ടാവുകയും മടക്കു പർവ്വതങ്ങളുടെ നിർമിതിക്കു കാരണമാവുകയും ചെയ്യുന്നു. ഇന്ത്യൻ ഫലകം യൂറേഷ്യൻ ഫലകവുമായി കൂട്ടിമുട്ടിയതിന്റെ ഫലമായി രൂപമെടുത്തിട്ടുള്ള ഹിമാലയം പർവ്വത പ്രദേശം ഇതിന് മികച്ച ഒരു ഉദാഹരണമാണ്.

ചിത്രം 11.26 ഇന്ത്യയുടെ വടക്കോട്ടുള്ള പ്രയാണം

ശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ അഭിപ്രായത്തിൽ ഹിമാലയ പ്രദേശത്ത് 'ടെതീസ്' എന്ന ഒരു സമുദ്രമുണ്ടായിരുന്നു. ഇന്ത്യാഫലകവും ഏഷ്യൻഫലകവും തമ്മിൽ സംയോജിക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി ഇന്ത്യൻ ഫലകത്തിന്റെ മുൻഭാഗത്തുണ്ടായിരുന്ന സമുദ്രഫലകം നിമജ്ജനം ചെയ്തു താഴേക്കിറങ്ങി തുടങ്ങി. ഈ സമയം ഏഷ്യൻ ഫലകത്തിന്റെ അതിർത്തിയിൽ ഉരുകിയ മാഗ്മ പൊങ്ങിവരാൻ ആരംഭിച്ചു. അങ്ങനെ അവിടെ അഗ്നി പർവതങ്ങളുണ്ടായി. പിന്നീടവ നിർജീവമായി. ശേഷമുള്ള അവിശിഷ്ടങ്ങളാണ് ഇന്നു ഹിമാലയത്തിൽ കാണുന്ന ആഗ്നേയ ശിലകൾ. ക്രമേണ ടെതീസ് സമുദ്രം ചുരുങ്ങി ഒടുവിൽ അപ്രത്യക്ഷമാവുകയും ചെയ്തു. സമുദ്ര

ഭൂവൽക്ക ഭാഗം മുഴുവനും അപഹരിക്കപ്പെട്ടു കഴിഞ്ഞപ്പോൾ വൻകരാഫലകഭാഗം തന്നെ ഏഷ്യൻ ഫലകത്തോടഭിമുഖമായി കൂട്ടിയിടിച്ചു. അപ്പോൾ ഇന്ത്യാ ഉപഭൂഖണ്ഡത്തിന്റെ ap³ h i- ¯ \k ap‡Z- ¯ dl¦ nÂ D- nh¦ nc¦¶ A h k nZ- ne- Ä aS§ nDb À¶ p C´ ym `q Þ wG j yt b nSv l q«nap«nt¨ ep‡ ¼ nÄ `qn Â¡ ¯ ns â ap Ä `nKh pwA h - k nZ i ne nj nfn- f pw ap f nte¡ vaS- s¸ «vcq s¸ «X nWv vl nane b] Àh X t aJ e . C´ ymD] - q Þ wG l t Zi w 2000 കി. മീറ്ററോളം വടക്കോട്ടു സഞ്ചരിച്ചിട്ടാണ് ഇപ്പോഴുള്ള സ്ഥാനത്തെത്തിച്ചേർന്നിട്ടുള്ളത് (ചിത്രം 11.26). ഇപ്പോഴും ഇന്ത്യാ ഭൂഖണ്ഡം ഏഷ്യക്കുള്ളിലേക്ക് തള്ളിക്കയറിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. ടിബറ്റിന്റെ ഉയർച്ച സംഭവിക്കുന്നത് ഉപഭൂഖണ്ഡത്തിന്റെ ഉള്ളിലേക്കുള്ള തള്ളൽ കൊണ്ടാണ്. ഹിമാലയ പർവ്വതം ഇപ്പോഴും ഉയർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്നുണ്ട്. എവറസ്റ്റ് കൊടുമുടിയുടെ ഉയരം കൂടിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നത് സൂക്ഷ്മ നിരീക്ഷണത്തിലൂടെ കണ്ടെത്തിയിട്ടുണ്ട്. ഹിമാലയം ഇന്നും വളർന്നുകൊണ്ടിരിക്കുന്നതിന്റെ ലക്ഷണങ്ങളായി അവിടങ്ങളിലെ ഭൂചലനങ്ങളെയും കാണാവുന്നതാണ്. ഭൂവൽക്ക ശിലകളിൽ സംയോജന ചലനം മൂലം നിരന്തരമായി സമ്മർദ്ദം ഏൽക്കുമ്പോൾ അവയിൽ ഭ്രംശങ്ങളുണ്ടാകുന്നു. ഇത്തരം ഭ്രംശങ്ങളാണ് ഭൂചലനങ്ങളുടെ മുഖ്യ കാരണങ്ങളായി ഭവിക്കുന്നത്.

3. ഛേദകസീമ/യാഥാസ്ഥിതിക സീമ (ട്രാൻസ്ഫോം ഭ്രംശ സീമ) (Shear boundaries/Transform boundaries)

രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ തിരശ്ചീന തലത്തിൽ പരസ്പരം ഉരസി എതിർദിശകളിലേക്ക് തെന്നി നീങ്ങുന്ന അതിരുകളാണ് ഛേദക സീമകൾ. ഇതിനെ യാഥാസ്ഥിതിക അതിര് (conservative boundary) എന്നും വിശേഷിപ്പിക്കാറുണ്ട്. കാരണം ഈ അതിരുകളിൽ പുതിയ ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകം ഉണ്ടാവുകയോ നശിപ്പിക്കപ്പെടുകയോ ചെയ്യപ്പെടുന്നില്ല. വടക്കെ അമേരിക്കയുടെ പടിഞ്ഞാറെ തീരത്ത് സാൻ ആൻഡ്രിയാസ് ഭ്രംശത്തിനു പടിഞ്ഞാറുള്ള ഭൂപ്രദേശം വൻകരയുടെ കിഴക്കുഭാഗത്ത് ഉരസിക്കൊണ്ട് വടക്കോട്ട് തെന്നി നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയാണ്. സമുദ്രാന്തരമധ്യപർവ്വതനിരകളോടനുബന്ധിച്ച് തന്നെയാണ് ഛേദകസീമകളും കണ്ടുവരുന്നത്. വടക്കെ അമേരിക്കൻ ഫലകത്തേയും പസഫിക് ഫലകത്തേയും സന്ധിക്കുന്ന ഭ്രംശമേഖലയായ സാൻ ആൻഡ്രിയാസ് ഭ്രംശത്തിന് 1300 കിലോമീറ്റർ നീളമുണ്ട്. ഭ്രംശമേഖലയിലൂടെയുള്ള ഫലകചലനം ഒറ്റയടിക്ക് നടക്കുകയല്ല. ഘർഷണം മൂലം ചെറുത്തു നിൽക്കപ്പെടുകയും ഇടക്കിടെ തെന്നി നീങ്ങുകയുമാണ് ചെയ്യുന്നത്. അതിനാൽ ഈ ഭ്രംശ മേഖലയിലും ഭൂകമ്പങ്ങൾ പലപ്പോഴായി സംഭവിക്കുന്നുണ്ട്. കൂടെക്കൂടെയുണ്ടാകുന്ന ഭൂകമ്പങ്ങളാൽ സജീവമായ പ്രദേശങ്ങളാണ് എല്ലാ ഛേദകസീമകളും.

മൂന്ന് ടെക്റ്റോണിക് ഫലകങ്ങൾ കൂട്ടിമുട്ടുന്ന സ്ഥലങ്ങൾക്ക് ത്രിമുഖ സന്ധി അല്ലെങ്കിൽ ട്രിപ്പിൾ ജങ്ഷൻസ് (Triple Junctions) എന്നാണ് പറയാറുള്ളത്. മിക്ക ട്രിപ്പിൾ ജങ്ഷനുകളും സമുദ്രത്തിൽ തന്നെയാണ് സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നത്.

പഠനപുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ഫലകമെന്നാലെന്ത്? അത് എത്രമാത്രം വേഗതയിലാണ് സഞ്ചരിക്കുന്നത്?
2. ഏത് തരം ഫലകസീമയിലാണ് പുതിയ സമുദ്രവൽക്കം നിർമിക്കപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്നത്?

11.6 ഭൂഖണ്ഡ ചലനവും ഫലകചലനവും (Continental Drift vs Plate Tectonics)

ഭൂമുഖത്ത് ദൃശ്യമാകുന്ന വൻകരകളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയും വിന്യാസം ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങളായുള്ള ഫലകങ്ങളുടെ സംയോജനം, വിയോജനം തുടങ്ങിയ വിവർത്തനികപ്രക്രിയകളിലൂടെ പരിണാമവിധേയമായിത്തീർന്നുണ്ടായതാണ്. പണ്ടു കാലം മുതൽ തുടങ്ങി ഇന്നും അനുസ്യൂതം തുടർന്ന് കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ആന്തര ജന്യ ഭൗമപ്രക്രിയകളുടെ അനന്തരഫലമാണ് ഇന്നു കാണുന്ന ഭൂഖണ്ഡങ്ങളുടെയും സമുദ്രങ്ങളുടെയുമെല്ലാം സ്ഥാനവിന്യാസങ്ങൾ.

ഫലകവിവർത്തനികപ്രക്രിയയുടെ ഫലമായി അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രത്തിന്റെ വീതി കൂടുകയും പസഫിക് സമുദ്രത്തിന്റെ വിസ്തൃതി കുറയുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്.

ഒരു കാലത്ത് ഗോൺഡ്‌വാനയുടെ ഭാഗമായിരുന്ന തെക്കെ അമേരിക്കയും ആഫ്രിക്കയും തമ്മിൽ പിളർന്ന് അകന്ന് പോയതിന്റെ കാരണം ഭൂഖണ്ഡ ചലനമെന്ന പ്രതിഭാസമായിരുന്നു എന്ന് വിശേഷിപ്പിക്കാൻ കഴിയുകയില്ല. പകരം ഭൂവൽക്കത്തിലെ ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങളുടെ ചലനമായിരുന്നുവെന്നും സൗത്ത് അമേരിക്കൽ ഫലകവും ആഫ്രിക്കൻ ഫലകവും തമ്മിലുള്ള വിയോജന ചലനമാണ് തെക്കെ അറ്റ്ലാന്റിക് സമുദ്രമായി മാറിയതെന്നും മനസ്സിലാക്കണം.

ഭൂഖണ്ഡങ്ങളെല്ലാം തന്നെ ഒന്നിലധികം ഫലകങ്ങളും സമുദ്രതടങ്ങളുടെ ഭാഗങ്ങളും ചേർന്ന് നിർമിക്കപ്പെട്ടതാണ്. മറ്റൊരു വിധത്തിൽ പറഞ്ഞാൽ ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങൾ വൻകരാപ്രദേശങ്ങളും കടൽത്തറപ്രദേശങ്ങളും ഉൾപ്പെടുന്നവയാണ്. പസഫിക് ഫലകം പോലെ കടൽത്തറമാത്രമായുള്ള ഫലകങ്ങളുമുണ്ട്. കേവലം വൻകരകളുടെ ചലനമോ, അല്ലെങ്കിൽ സമുദ്രതടത്തിന്റെ മാത്രം ചലനമോ അല്ല സംഭവിക്കുന്നത്. മറിച്ച് ഇവ രണ്ടും ഉൾക്കൊള്ളുന്ന ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങളുടെ ചലനമാണ് നടക്കുന്നത്.

ഫലകങ്ങളുടെ അതിർത്തികളിലാണ് ഭൂവിജ്ഞാനീയപരമായ ഒട്ടേറെ സംഭവികാസങ്ങൾ നടക്കുന്നതെന്ന് ഫലകവിവർത്തനികസിദ്ധാന്തം സമർഥിക്കുന്നു. അതിനാൽ തന്നെ ഭൂകമ്പ മേഖലകളും അഗ്നി പർവ്വതങ്ങളും പർവ്വതനിരകളുമെല്ലാം കേന്ദ്രീകരിച്ചിരിക്കുന്ന മേഖലകളാണ് ഫലകസീമകൾ. ഫലകചലനം ഭൂമിയിലെ ഉപരിതലത്തിലെ മാറ്റങ്ങൾക്ക് മാത്രമോ വൻകരകളുടെ ചലനത്തിന് മാത്രമോ അല്ല വിശദീകരണം നൽകുന്നത്. ഭൂകമ്പങ്ങൾ, പർവ്വതങ്ങളുടെ സ്ഥാനം, ഐലൻഡ് ആർക്കുകൾ, മാന്റിൽ ശിഖകൾ, ഹോട്ട് സ്പോട്ടുകൾ, തുടങ്ങി മിക്ക ഭൗമസമസ്യകൾക്കും വിശദീകരണം നൽകുന്ന സിദ്ധാന്തമാണ് ഫലകവിവർത്തനികസിദ്ധാന്തം. വിവർത്തനികപ്രക്രിയകൾ കൂടുതലും ഫലകാതിരുകളോട് ചേർന്നുകൊണ്ടാണ് നടക്കുന്നതെങ്കിലും ഫലകാന്തർഭാഗങ്ങൾ പൂർണ്ണമായും ഇതിന്റെ അനന്തരഫലങ്ങളിൽ നിന്നും വിമുക്തമല്ല.

ഫലകവിവർത്തനികത്തിന് പിൻബലമേകുന്ന കാര്യങ്ങൾ നിരവധിയാണ്. അവയിൽ ചിലത് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നു. (1) ഭൗമചരിത്രത്തിലെ കാന്തികതീവ്രതയും കാന്തികദിശയും വിശദീകരിക്കുന്ന പുരാകാന്തികത (2) ഫലകസീമകളോട് ബന്ധപ്പെട്ട് കിടക്കുന്ന ആഗോള ഭൂകമ്പമേഖലകൾ (3) സമുദ്രതടത്തിലെ അവസാദങ്ങളുടെയും സമുദ്രഭൂവൽക്കത്തിന്റെയും പ്രായക്രമം (4) മാന്റിൽ താപ ബിന്ദുക്കൾക്ക് മുകളിൽ രൂപം കൊള്ളുന്ന ദ്വീപസമൂഹങ്ങളുടെ സാന്നിധ്യം.

ഫലകങ്ങൾക്കുള്ളിലെ വിവർത്തനിക പ്രവർത്തനം
(TECTONIC ACTIVITY WITHIN THE PLATES (INTERPLATE TECTONISM))

ഒട്ടുമിക്ക വിവർത്തനിക പ്രവർത്തനങ്ങളും ഫലക സീമകളിലാണ് കേന്ദ്രീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നതെങ്കിലും ഫലകാന്തർഭാഗം പൂർണ്ണമായും അതിൽ നിന്നും മോചിതമല്ല. ചില പ്രദേശങ്ങളിൽ ഭൂകമ്പങ്ങളും അഗ്നിപർവ്വതങ്ങളും അതിരുകളിൽ നിന്നും അകലെയായി സ്ഥതിചെയ്യുന്നുണ്ട്. ഫലകാന്തർഭൂകമ്പങ്ങളുടെ കാരണം പൂർണ്ണമായും ഇനിയും മനസ്സിലായിട്ടില്ല. ചിലത് ഫലകങ്ങളിലെ മുമ്പുണ്ടായിരുന്ന ബലഹീന മേഖലകൾ പിൽക്കാലത്ത് പുനഃപ്രവർത്തനാത്മകമാക്കുന്നതുമായി ബന്ധപ്പെടുത്താവുന്നതാണ്. 18-11-12 ൽ മിസ്സോറി (Missouri) യിലെ ന്യൂ മാഡ്രിഡ് (New Madrid) ലുണ്ടായ ഭൂകമ്പപരമ്പരയും 2001 ൽ ഉത്തരപശ്ചിമ ഇന്ത്യയിലെ ഗുജറാത്തിലുണ്ടായ (ലാത്തൂർ)ഭൂകമ്പവുമെല്ലാം ഫലകാന്തർ ഭൂകമ്പങ്ങൾക്കുദാഹരണമാണ്.

ഫലകാന്തർ ഭൂകമ്പങ്ങൾ മാന്റിലിലെ താപബിന്ദുക്കളുമായി ബന്ധപ്പെട്ടാണുണ്ടാകുന്നതെന്നും കരുതുന്നുണ്ട്. ഫലകങ്ങൾ താപബിന്ദുവിന് മുകളിലൂടെ ചലിക്കുമ്പോൾ അവ നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ നിലകൊള്ളുകയായിരിക്കും. ഈ താപബിന്ദുക്കൾ എങ്ങനെയാണ് അഗ്നി പർവ്വത പ്രവർത്തനമുണ്ടാക്കുന്നതെന്ന് ഭൗമശാസ്ത്രകാരന്മാർക്കിടിയിൽ ഒരു തർക്കവിഷയമാണ്. ചിലർ നിർദേശിക്കുന്നത് ഇവ മാന്റിൽ ദീപ ശിഖകളാലുണ്ടാകുന്നുവെന്നാണ്. ലോവർ മാന്റിലിന്റെയും ബാഹ്യ അകക്കാമ്പിന്റെയും അതിർത്തിയിൽ നിന്നാണ് ദീപശിഖകൾ (plumes) ഉദ്ഭവിക്കുന്നതെന്ന് കരുതുന്നു. ദശലക്ഷക്കണക്കിന് വർഷങ്ങൾ കൊണ്ട് ഇവ മുകളിലേക്കുയർന്ന് ലിത്തോസ്ഫിയറിന്റെ പാദഭാഗത്തേക്ക് എത്തുകയാണ് ചെയ്യുന്നത്.

ഹവായിയൻ ദ്വീപുകൾ, ഫലകസീമയിൽ നിന്നും 3200 കി.മീറ്റർ അകലെ സ്ഥിതി ചെയ്യുന്നുവെങ്കിലും അഗ്നിപർവത പ്രവർത്തനത്താൽ രൂപം കൊണ്ടതാണ്. മാന്റിലിലെ നിശ്ചലാവസ്ഥയിൽ നിലനിന്നിരുന്ന ഒരു താപബിന്ദു (hot spot) വിന് മുകളിലൂടെ പസിഫിക് ഫലകം ചലിക്കുന്നതാണ് ഈ ദ്വീപസമൂഹങ്ങളുടെ രൂപം കൊള്ളലിന് വിശദീകരണമായി ചില ഭൂവൈജ്ഞാനികർ നൽകുന്നത്. ആഴത്തിൽ നിലകൊള്ളുന്ന മാന്റിൽദീപശിഖയുടെ മുകൾഭാഗത്തെയാണ് താപബിന്ദു പ്രതിനിധീകരിക്കുന്നത്. പൂർവ്വ പസിഫിക് ഉന്നതി (East Pacific Rise) യിലൂടെ കടൽത്തറവ്യാപനം നടന്ന് ഉത്തര പശ്ചിമ ഭാഗത്തേക്ക് പസിഫിക് ഫലകം നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്നു. സമുദ്ര ശിലാമണ്ഡലം താപബിന്ദുവിൽ നിന്നും അകന്ന് നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കെ അഗ്നിപർവത പ്രവർത്തനം നിന്ന് തണുത്ത് സാന്ദ്രമായി മെല്ലെ താഴ്ന്ന് ദ്വീപുകളായി മാറുന്നു. താപബിന്ദുവിന് മുകളിൽ പുതിയ സമുദ്രശിലാമണ്ഡലം സ്ഥാനം പിടിച്ച് മുകളിൽ പുതുയൊരു ദ്വീപ് രൂപം കൊള്ളാനാരംഭിക്കുന്നു.

ഹവായിയൻ ദ്വീപുകൾ 2400 കി.മീ നീളത്തിൽ ഒരു നിരയായി കിടക്കുകയാണ്. ദക്ഷിണ പൂർവ്വ അറ്റത്ത് നിന്നും ഉത്തര - പശ്ചിമ അറ്റത്തേക്ക് ക്രമേണ പ്രായം കൂടുതലായി വരികയും ചെയ്യുന്നുണ്ട്. നിരവധി കനം കുറഞ്ഞ (1 മുതൽ 5 മീറ്റർ കനം) ബസാൾട്ടിക് ലാവാ പ്രവാഹങ്ങളോട് കൂടിയ ഇവിടെത്തെ അഗ്നി പർവ്വതങ്ങൾ വളരെ വ്യാപ്തിയിലാണ് കിടക്കുന്നത്. ഇവയെ ഷീൽഡ് അഗ്നി പർവ്വതങ്ങൾ (Shield Volcanocs) എന്നാണ് പറയാറുള്ളത്. ബീഗ് ഐലൻഡിലെ മൗനാലോ (Mauna Loa), കിലൗ (Kilanea) എന്നിവയെല്ലാം ഇപ്പോൾ സജീവമായ അഗ്നിപർവതങ്ങൾക്ക് ഉദാഹരണങ്ങളാണ്. ഹവായിയൻ നിരയിൽ ഇനി പ്രത്യക്ഷപ്പെടാനുള്ള ദ്വീപ് നേരത്തേ തന്നെ തിരിച്ചറിയുകയും ലോഹി (Lo' ihi) എന്ന് നാമകരണം ചെയ്യുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. ഇപ്പോഴത് സമുദ്രനിരപ്പിൽ നിന്നും 975 മീറ്റർ താഴെയാണ്. അടുത്ത് 10,000 മുതൽ ഒരു ലക്ഷം വർഷങ്ങൾക്കുള്ളിൽ അത് സമുദ്രനിരപ്പിന് മുകളിലേക്കുയർന്ന് വരുമെന്ന് കണക്കാക്കുന്നു.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ഭൂമുഖത്തെ വൻകരകൾ അപേക്ഷികമായും ഭൂമിയുടെ ധ്രുവത്തെ അപേക്ഷിച്ചും ഭൗമചരിത്രത്തിൽ വലിയളവിലുള്ള തിരശ്ചീന ചലനങ്ങൾക്ക് വിധേയമായിട്ടുണ്ടായിരുന്നുവെന്നാണ് ഭൂഖണ്ഡചലനസിദ്ധാന്തം പ്രസ്താവിക്കുന്നത്. ഭൗമ ചരിത്രത്തിൽ ഒറ്റ ഭൂഖണ്ഡമായിരുന്ന അവസ്ഥയിൽ നിന്നും ഭൂലോകം പിളർന്നകന്ന് മാറി ഇന്ന് കാണുന്ന വിവിധ ഭൂഖണ്ഡങ്ങളായി മാറി ഇന്നത്തെ സ്ഥാനങ്ങളിലെത്തിച്ചേർന്നുവെന്നതാണ് ഈ സിദ്ധാന്തം സമർഥിക്കുന്നത്.

ഇന്ന് ശാസ്ത്രലോകം പരക്കെ അംഗീകരിച്ച ഫലകവിവർത്തനികസിദ്ധാന്തപ്രകാരം ഭൗമോപരിതലം നിരവധി ഫലകങ്ങളായി വിഭജിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുകയാണ്. ശരാശരി 125 കി. മീറ്റർ കനമുള്ള ഈ ലിത്തോസ്ഫറിക് ഫലകങ്ങൾ അതിനു താഴെയുള്ള ചൂടുള്ളതും ചലനശേഷിയുള്ളതുമായ പാളിക്കു മുകളിലൂടെ നീങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുകയും ചെയ്യുന്നു. ഒരു വർഷത്തിൽ ഏതാനും ഇഞ്ചുകൾ എന്ന നിരക്കിലാണ് ഈ ഫലകചലനം നടക്കുന്നത്. ഭൂമിയിലെ ഒട്ടുമിക്ക ഭൂകമ്പ ചലനങ്ങളും അഗ്നിപർവ്വത പ്രവർത്തനങ്ങളും പർവ്വതനപ്രക്രിയകളുമെല്ലാം നടക്കുന്നത് ഫലകാതിരുകളോട് ചേർന്ന മേഖലകളിലാണ്.

മൂന്ന് തരത്തിലുള്ള ഫലകസീമകളെ തിരിച്ചറിഞ്ഞിട്ടുണ്ട്. വിയോജക സീമയും സംയോജക സീമയും ഛേദക സീമയും (രൂപാന്തര സീമ). ഫലകങ്ങൾ അകന്ന് നീങ്ങുന്ന അതിരുകളാണ് വിയോജകസീമകൾ. ഇവിടെ മാന്റലിൽ നിന്നും പുതിയ മാഗ്മ പുറത്തേക്ക് വന്ന് പുതിയ സമുദ്രത്തറ രൂപം കൊള്ളുന്നു. വിയോജന സീമകളിൽ മിക്കവയും കടന്ന് പോകുന്നത് സമുദ്രതടവ്യാപനവുമായി ബന്ധപ്പെട്ട സമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരകളിലൂടെയാണ്. രണ്ട് ഫലകങ്ങൾ പരസ്പരം അടുത്ത് വരുന്ന സംയോജക സീമകളിൽ സമുദ്രഗർത്തങ്ങളുടെ ഭാഗത്തുകൂടെ സമുദ്ര ശിലാമണ്ഡലം മാന്റിലിലേക്ക് നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെട്ടുകൊണ്ടിരിക്കുന്നു. സമുദ്ര ഫലകവും ഭൂവൽക്കവും തമ്മിൽ സംയോജനം നടക്കുന്നതിന്റെ ഫലമായി സമുദ്ര ഫലകഖണ്ഡം നിമജ്ജനം ചെയ്ത് വൻകരകളിൽ കമാന രൂപത്തിൽ ദ്വീപു സമൂഹങ്ങളായി പുറത്തേക്കുവരുന്നു. സമുദ്ര - സമുദ്ര ശിലാഫലകങ്ങളാണ് സംയോജിക്കുന്നതെങ്കിൽ അഗ്നിപർവ്വത ദ്വീപു കമാനങ്ങൾ സമുദ്രത്തിൽ രൂപം കൊള്ളുന്നു. രണ്ട് വൻകരാഫലകങ്ങൾ സംയോജിക്കുമ്പോൾ അവയുടെ സമാന സാന്ദ്രത മൂലം താഴേക്ക് നിമജ്ജനം ചെയ്യപ്പെടുകയില്ല. തൽഫലമായി രണ്ട് ഫലകങ്ങളും തമ്മിൽ കൂട്ടിമുട്ടി ഹിമാലയം പോലെയുള്ള പർവ്വത മേഖലകളായി ഉയർത്തപ്പെടുന്നു. ഛേദക സീമകളിലാകട്ടെ ഫലകങ്ങൾ പരസ്പരം ഉരസി നീങ്ങുകയാണ്. അവിടെ ഫലക വിനാശമോ ഫലകനിർമാണമോ നടക്കുന്നില്ല. മിക്ക ഛേദക സീമകളും (രൂപാന്തര സീമ) സമുദ്ര പർവ്വതനിരകളെ തമ്മിൽ ബന്ധിപ്പിക്കുന്ന ഭാഗങ്ങളാണ്. എന്നാൽ ചിലത് സമുദ്രാന്തരപർവ്വതനിരകളാകുന്ന വ്യാപന മേഖലകളെ നിമജ്ജന മേഖലകളുമായി ബന്ധിപ്പിക്കുന്നു. മറ്റു ചിലത് സാൻ ആൻഡ്രിയാസ് ഭ്രംശം പോലെ വൻകരാ ഭൂവൽക്കത്തിലൂടെയും കടന്ന് പോകുന്നു.

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- ഭൂഖണ്ഡചലന സിദ്ധാന്തം അനുകൂലവും പ്രതികൂലവുമായ തെളിവുകൾ വച്ച് വിലയിരുത്തുന്നു.
- സമുദ്രതട വ്യാപനവും പുരാകാന്തികതയും വിവരിക്കുന്നു.
- ഫലക വിവർത്തനിക സിദ്ധാന്തവും ഫലക സീമകളും വിശദീകരിക്കുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. ഭൂഖണ്ഡചലന സിദ്ധാന്തം സമർഥിക്കാൻ വെഗ്നറും അദ്ദേഹത്തിന്റെ അനുഭാവികളും ശേഖരിച്ച തെളിവുകൾ ഏതെല്ലാം?
2. സമുദ്രതട വ്യാപനം എന്നാലെന്ത്? ഇന്ന് സജീവമായി സമുദ്രതട വ്യാപനം നടക്കുന്നത് എവിടെയാണ്?
3. എന്താണ് നിമജ്ജന മേഖല? ഏതുതരം ഫലകസീമയോട് ചേർന്നാണിത് കാണപ്പെടുന്നത്?
4. ഫലകവിവർത്തനിക സിദ്ധാന്തത്തിന്റെ പ്രാധാന്യം ലഘുവായി വിവരിക്കുക.
5. ലിത്തോസ്ഫെറിക് ഫലകങ്ങളുടെ ശരാശരി കനം എത്രയാണ്?
6. ഛേദകസീമക്ക് ഒരു ഉദാഹരണമെഴുതുക.
7. ഒരു സമുദ്രഫലകം വൻകരാഫലകത്തിന്റെയോ സമുദ്രഫലകത്തിന്റെയോ അടിയിലേക്ക് താഴ്ത്തപ്പെടുന്ന പ്രക്രിയയ്ക്ക് പറയുന്ന പേരാണ് _____.

   (എ) എക്സ്ഫോളിയേഷൻ (ബി) നിമ്നീകരണം

   (സി) ടെക്റ്റോണിസം (ഡി) നിമജ്ജനം
8. വിയോജന സീമകൾ _____ ആകുന്നു.

   (എ) നിർമാണാത്മകം (ബി) വിനാശാത്മകം

   (സി) സംരക്ഷണാത്മകം (ഡി) സമർപ്പിതം

12 ധാതുക്കൾ (MINERALS)

X1R1M9

12.1. ആമുഖം

പ്രകൃതിയിൽ ഏകദേശം നാലായിരത്തിലധികം ധാതുക്കൾ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. എന്നാൽ ഇതിൽ ഏകദേശം 20 എണ്ണം സർവ്വസാധാരണയായി കാണപ്പെടുന്നവയാണ്. ഇവയിൽ പലതിനും നമ്മുടെ നിത്യജീവിതത്തിൽ വലിയ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. ഭൂരിഭാഗം മനുഷ്യനിർമിത ഉൽപ്പന്നങ്ങളും ധാതുക്കളാൽ നിർമിതമാണ്. ധാതുക്കളില്ലാതെ മനുഷ്യജീവിതം സാധ്യമല്ല. ധാതുക്കളെകുറിച്ച് പഠിക്കുന്ന ശാസ്ത്ര ശാഖയാണ് മിനറോളജി (Mineralogy). ഇതിൽ ധാതുക്കളുടെ രാസഘടന, ഭൗതിക സ്വഭാവം, ഉദ്ഭവരീതി, കാണപ്പെടുന്ന ഇടം, ഉപയോഗം എന്നിവ പഠനവിധേയമാക്കുന്നു.

12.2. ധാതുക്കൾ (Minerals)

ധാതുക്കൾ കൊണ്ടാണ് ശിലകൾ നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. ധാതുശാസ്ത്രജ്ഞരുടെ അഭിപ്രായത്തിൽ അജൈവ പ്രവർത്തനത്തിന്റെ ഫലമായി പ്രകൃതിയിൽ രൂപം കൊള്ളുന്നവയാണ് ധാതുക്കൾ. അവയ്ക്ക് നിയതമായ ഒരു രാസഘടനയുണ്ട്. അനുകൂല സാഹചര്യങ്ങളിൽ അവയുടെ ആന്തരിക ഘടനയ്ക്ക് അനുസൃതമായ ഒരു ആകൃതിയും ഉണ്ടായിരിക്കും. ഏകാരമസ്വഭാവമുള്ള വസ്തുക്കളാൽ നിർമിതമാണ് ഇവ. ധാതുക്കൾക്ക് തനതായ ആറ്റോമിക ഘടനയും ക്രിസ്റ്റലീയ രൂപവും ഉണ്ടായിരിക്കും. സാധാരണഗതിയിൽ ധാതുക്കൾ ഖരാവസ്ഥയിലായിരിക്കും.

അജൈവിക ഉത്ഭവത്തെകുറിച്ചും ആറ്റോമിക ഘടനയെകുറിച്ചും ധാതു ശാസ്ത്രജ്ഞർക്കിടയിൽ വ്യത്യസ്ത വീക്ഷണങ്ങൾ നിലനിൽക്കുന്നതുകൊണ്ട് ധാതുക്കളുടെ കൃത്യമായ ഒരു നിർവചനം ഇപ്പോഴും തർക്കവിഷയമാണ്. എങ്കിലും ധാതുക്കളുടെ നിർവചനത്തിൽ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന പ്രധാന ആശയങ്ങൾ നമുക്ക് പരിശോധിക്കാം. ഒരു വസ്തുവിനെ ധാതുവെന്ന് കണക്കാക്കണമെങ്കിൽ അതിന് താഴെപറയുന്ന പ്രത്യേകതകൾ ഉണ്ടാകണം.

1. നൈസർഗികമായി രൂപപ്പെടണം
2. അജൈവ വസ്തുവായിരിക്കണം
3. ഒരു നിയതമായ രാസസൂത്രത്താൽ സൂചിപ്പിക്കാവുന്ന മാറ്റമില്ലാത്ത രാസഘടന ഉണ്ടായിരിക്കണം.
4. തനതായ ആറ്റോമിക ഘടനയുണ്ടായിരിക്കണം.
5. അവയുടെ ഭൗതിക സ്വഭാവങ്ങൾ മാറ്റമില്ലാത്തതും രാസ ആന്തരിക ഘടനകളാൽ നിയന്ത്രിതവുമായിരിക്കണം.

ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ ശരാശരി രാസഘടന (Average composition of the crust)

ഭൂമിയിൽ ഏകദേശം 90 നൈസർഗിക മൂലകങ്ങളുണ്ട്. ഇതിൽ 8 മൂലകങ്ങളാലാണ് 98.7 ശതമാനം ഭൂവൽക്ക ഭാഗങ്ങളും നിർമിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നത്. മറ്റുള്ളവ വളരെ കുറഞ്ഞ അളവിൽ മാത്രം കാണപ്പെടുന്നു.

പട്ടിക 12.1 ഭൂവൽക്കത്തിൽ മൂലകങ്ങളുടെ അളവ്

മൂലകം	വൻകര ഭൂവൽക്കം	സമുദ്ര ഭൂവൽക്കം
ഓക്സിജൻ (O)	46.6%	44.9%
സിലിക്കൺ (Si)	27.7%	24.1%
അലുമിനിയം (Al)	8.1%	7.7%
ഇരുമ്പ് (Fe)	5.1%	8.2%
കാൽസ്യം (Ca)	3.6%	7.8%
സോഡിയം (Na)	2.8%	1.6%
പൊട്ടാസ്യം (K)	2.6%	0.5%
മഗ്നീഷ്യം (Mg)	2.1%	4.0%
മറ്റുള്ളവ	1.3%	1.2%

* ശതമാനങ്ങളെല്ലാം തൂക്കത്തിന്റെ അളവിലാണ്.

6. സാധാരണ ഊഷ്മാവിൽ സ്ഥിരതയുള്ളവയായിരിക്കണം.
7. ഖരാവസ്ഥയിൽ ആയിരിക്കണം.

പരീക്ഷണശാലകളിലും കൃത്രിമ സാഹചര്യങ്ങളിലും നിർമിക്കപ്പെടുന്നവയേയും (കൃത്രിമ രത്നക്കല്ലുകൾ) വ്യാവസായികമായി ഉൽപ്പാദിപ്പിക്കപ്പെടുന്നവയേയും ധാതുക്കളുടെ നിർവചനത്തിൽ ഉൾപ്പെടുത്താറില്ല. അതുപോലെ, ജൈവ പ്രക്രിയകളാൽ രൂപപ്പെട്ട കൽക്കരിയും പവിഴവും ധാതുക്കളിൽ ഉൾപ്പെടില്ല. ദ്രാവക, വാതക രൂപത്തിലുള്ളവയെ ധാതുക്കളായി പരിഗണിക്കാറില്ലെങ്കിലും രസത്തെ (Mercury) പരമ്പരാഗതമായി ധാതുവായി കണക്കാക്കുന്നുണ്ട്. ദ്രവരൂപത്തിൽ കാണുന്ന ഒരേയൊരു ധാതു രസമാണ്.

താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ചോദ്യങ്ങൾക്ക് ഉത്തരം കണ്ടെത്താം:

ശീതീകരണപ്പെട്ടിയിൽ കാണുന്ന ഐസുകട്ട ധാതുവാണോ?

വാഹനത്തിൻമേൽ അതിരാവിലെ കാണുന്ന മഞ്ഞുകണം ഒരു ധാതുവാണോ?

ജലത്തെ ധാതുവായി പരിഗണിക്കില്ലെങ്കിലും ഹിമാനിയിൽ കാണുന്ന മഞ്ഞുകട്ടയെ ധാതുവായി പരിഗണിക്കാവുന്നതാണ്. ഈ പ്രസ്താവന വിവരിക്കാമോ?

ഗ്രാനൈറ്റ്, ബസാൾട്ട്, ചുണ്ണാമ്പുകല്ല് എന്നിവയെ ശിലകളായി കണക്കാക്കുന്നതെന്തു കൊണ്ട്?

ചില ധാതുക്കൾ ഏക മൂലകത്താൽ നിർമിതമാണ്.

ഉദാ: സ്വതസിദ്ധ സ്വർണം (Native gold), സ്വതസിദ്ധ വെള്ളി (Native Silver), സ്വതസിദ്ധ സൾഫർ (Native Sulphur). മറ്റു ചില ധാതുക്കൾ രണ്ടോ അതിലധികമോ ധാതുക്കളാൽ നിർമിതമാണ്.

ഉദാ: ക്വാർട്ട്സ് - സിലിക്കൺ ഡയോക്സൈഡ് (SiO_2)

കാൽസൈറ്റ് - കാൽസ്യം കാർബണേറ്റ് ($CaCO_3$)

അന്താരാഷ്ട്ര ധാതു സംഘടന 1995-ൽ പുറത്തിറക്കിയ നിർവചന പ്രകാരം ഭൗമ പ്രക്രിയകളാൽ രൂപംകൊണ്ട, മൂലകമോ രാസസംയോഗങ്ങളോ ആയ ക്രിസ്റ്റലീയ] ZmÀ° § f mW v[mK p Ä. 39° സെൽഷ്യസിൽ ക്രിസ്റ്റലാകുന്ന മെർക്കുറിയും 0° സെൽഷ്യസിൽ കട്ടിയാകുന്ന ജലവും ഈ നിർവചനത്തിൽ ഉൾപ്പെട്ടിട്ടില്ലെങ്കിലും അന്താരാഷ്ട്ര ധാതുസംഘടന ഇവയെ ധാതുക്കളായി കണക്കാക്കുന്നുണ്ട്. ജിയോ ളജിക്കൽ പ്രക്രിയ ഒട്ടുംതന്നെ ഇല്ലാതെ പൂർണ്ണമായും ജൈവികമായി രൂപപ്പെടുന്ന കക്കയും സസ്യകോശങ്ങളിലെ ഓക്സലേറ്റ് ക്രിസ്റ്റലും മൂത്രനാളിയിലെ കല്ലും ധാതുക്കളല്ല. കൽക്കരിയുടെയും ചിലതരം ഗ്രാഫൈറ്റിന്റെയും രൂപീകരണത്തിൽ ജിയോളജിക്കൽ പ്രക്രിയകൾ ഉൾചേർന്നിട്ടുള്ളതുകൊണ്ട് അവയെ ധാതുക്കളായി പരിഗണിക്കാവുന്നതാണ്. ധാതുക്കളുടെ എല്ലാ സ്വഭാവങ്ങളുമുള്ള എന്നാൽ ക്രിസ്റ്റലീയ സ്വഭാവമില്ലാത്തവയെ 'മിനറലോയ്ഡുകൾ' എന്ന ഗണത്തിൽപ്പെടുത്തുന്നു. ഉദാ: ആമ്പർ (പൈൻ മരങ്ങളുടെ പശ അവസാദ ശിലകളിൽ ഫോസിലായി സംരക്ഷിച്ച് കാണുന്നത്), ലിമൊണൈറ്റ് (ഇരുമ്പ് ഓക്സൈഡുകളുടെ നൈസർഗ്ഗിക മിശ്രിതം), ഓപൽ (ജലാംശം കൂടുതലുള്ള ക്രിസ്റ്റലീകരിക്കാത്ത സിലിക്ക), ഒബ്സീഡിയൻ (വേഗത്തിൽ തണുത്ത ലാവ) മുതലായവ.

12.3 ധാതുക്കളുടെ വർഗീകരണം (Classification of Minerals)

ധാതുക്കളെ പ്രധാനമായും രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം

1. **ശിലാനിർമാണ ധാതുക്കൾ**-ഇവ ശിലകളിലെ പ്രധാന ഘടകങ്ങളാണ്. ഉദാ: ക്വാർട്ട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ, മൈക്ക, പൈറോക്സിൻ, ഒലിവിൻ മുതലായവ.
2. **അയിര് നിർമാണ ധാതുക്കൾ** - ഇവ ലോഹങ്ങൾ വേർപ്പെടുത്താവുന്ന, വാണിജ്യ പ്രാധാന്യമുള്ള ധാതുക്കളാണ്. ഉദാ: ഗലീന, സ്ഫാലറൈറ്റ്, മാഗ്നറ്റൈറ്റ്, ഹെമറ്റൈറ്റ്, ക്രോമൈറ്റ്, ചാൽക്കോപൈറൈറ്റ്, പൈറോലൂസൈറ്റ്, റൂട്ടൈൽ, മോണൊസൈറ്റ് മുതലായവ.

ഉത്ഭവത്തെ അടിസ്ഥാനപ്പെടുത്തി ധാതുക്കളെ രണ്ടായി തരംതിരിക്കാം.

1. **പ്രാഥമിക ധാതുക്കൾ** - മാഗ്മ തണുത്തുറഞ്ഞ് രൂപപ്പെട്ടത്. ഉദാ: ഒലിവിൻ
2. **ദ്വിതീയ ധാതുക്കൾ** - മാഗ്മ തണുത്തുറഞ്ഞതിന് ശേഷം ഭൂമിയുടെ ഉപരിതലത്തിലെ ദ്വിതീയ പ്രക്രിയകളാൽ രൂപപ്പെട്ടത്. ഉദാ: മാലക്കൈറ്റ്.

കൂടുതൽ ശാസ്ത്രീയമായ വർഗീകരണം ധാതുക്കളുടെ രാസഘടനയ്ക്കനുസരിച്ചാണ്. ഈ രീതിയിൽ ധാതുക്കളെ അവയിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ആനയോണുകളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തരംതിരിക്കുന്നു.

1. നേറ്റീവ് മൂലകങ്ങൾ (നേറ്റീവ് സ്വർണം, നേറ്റീവ് ചെമ്പ് എന്നീ ലോഹധാതുക്കളും വജ്രം, ഗന്ധകം, ഗ്രാഫൈറ്റ് എന്നീ അലോഹ ധാതുക്കളും ഇതിൽപ്പെടുന്നു).
2. സൾഫൈഡുകൾ (പൈറൈറ്റ്, ഗലീന, സ്ഫാലറൈറ്റ്)
3. ഓക്സൈഡുകൾ (ക്വാർട്ട്സ്, മാഗ്നറ്റൈറ്റ്)
4. ഹാലൈഡുകൾ (ഹാലൈറ്റ്, ഫ്ളൂറൈറ്റ്)
5. കാർബണേറ്റുകൾ (കാൽസൈറ്റ്, ഡോളൊമൈറ്റ്)
6. സൾഫേറ്റുകൾ (ബേറൈറ്റ്, ജിപ്സം)
7. ഫോസ്ഫേറ്റുകൾ (അപ്പറ്റൈറ്റ്, മോണസൈറ്റ്)
8. സിലിക്കേറ്റുകൾ (ഗാർണറ്റ്, മൈക്ക, ക്വാർട്ട്സ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ)

ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ 90 ശതമാനവും സിലിക്കേറ്റ് ധാതുക്കളാൽ നിർമിതമാണ്. സിലിക്കണും ഓക്സിജനും മാത്രം ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ 75 ശതമാനമുണ്ട്. സിലിക്കേറ്റ് ധാതുക്കളുടെ അളവ് വർധിക്കാൻ ഇത് കാരണമാകുന്നു. ഭൂവൽക്കത്തിൽ കാണപ്പെടുന്ന മറ്റു വിവിധങ്ങളായ ധാതുക്കളുടെ സാന്നിധ്യത്തിന് കാരണം ഭൂവൽക്കത്തിന്റെ പ്രത്യേക രാസഘടനയാണ്. (പട്ടിക 12.1 കാണുക)

പഠനപുരോഗതി വിലയിരുത്താം

1. ധാതുക്കളെന്ന് വിളിക്കപ്പെടാൻ വസ്തുക്കൾക്കുണ്ടാകേണ്ട പ്രത്യേകതകൾ ഏവ?
2. ദ്രവാവസ്ഥയിലുള്ള ഒരേയൊരു ധാതുവേത്?
3. ഭൂവൽക്കത്തിൽ സിലിക്കേറ്റ് ധാതുക്കൾ ധാരാളം കാണുന്നതിന്റെ കാരണമെന്ത്?

12.4 ധാതുക്കളുടെ സ്വഭാവസവിശേഷതകളും തിരിച്ചറിയലും (Properties of minerals and their identifications)

ഭൂവൽക്കത്തിലാകെ നാലായിരത്തിലധികം ധാതുക്കൾ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. ഇവയെക്കുറിച്ചെല്ലാം പഠിക്കുകയും നാമകരണങ്ങൾ ചാർത്തുകയും ചെയ്തിട്ടുണ്ട്. ഓരോ ധാതുവിനും അതിനെ തിരിച്ചറിയാൻ സഹായിക്കുന്ന പ്രത്യേക സ്വഭാവവിശേഷങ്ങളുണ്ട്. അങ്ങനെയാണ് ഇവയുടെ നാമകരണം സാധ്യമാകുന്നത്. ധാതുക്കളെ തിരിച്ചറിയാൻ സഹായിക്കുന്ന സ്വഭാവഗുണങ്ങളെ മൂന്നായി തരംതിരിക്കാം. (1) ഭൗതിക സ്വഭാവങ്ങൾ (2) രാസസ്വഭാവങ്ങൾ (3) പ്രകാശസ്വഭാവങ്ങൾ.

ഈ മൂന്നെണ്ണത്തിൽ, പരീക്ഷണശാലയിൽ കണ്ടെത്താൻ എളുപ്പം ഭൗതിക സ്വഭാവങ്ങളെയാണ്. ഒരു ധാതുവിനെ ഏറ്റവും കൃത്യതയോടെ തിരിച്ചറിയാൻ രാസസ്വഭാവങ്ങളും പ്രകാശ സ്വഭാവങ്ങളും ഉപകരിക്കും. പോളറൈസിങ് സൂക്ഷ്മദർശിനികൾ ഉപയോഗിച്ചാണ് പ്രകാശസ്വഭാവങ്ങൾ കണ്ടെത്തുന്നത്.

12.4.1 ഭൗതികസ്വഭാവങ്ങൾ

ധാതുക്കളുടെ പ്രധാന ഭൗതികസ്വഭാവഗുണങ്ങൾ താഴെപറയുന്നവയാണ്.

1.	ക്രിസ്റ്റലീയ രൂപം	5.	വിദളനം (പിളർപ്പ്)
2.	നിറം	6.	ഭംഗം/പൊട്ടൽ
3.	സ്ട്രീക്ക്	7.	കാഠിന്യം
4.	തിളക്കം	8.	ആപേക്ഷിക ഗുരുത്വം
9.	സുതാര്യത	10.	കാന്തികത

1. ക്രിസ്റ്റലീയ രൂപം (Crystal form)

ഓരോ ധാതുവിനും അതിന്റേതായ പരൽഘടനയുണ്ട്. പരൽഘടനയെ അനുസരിച്ചാണ് ബാഹ്യരൂപം കൈവരുന്നത്. ഏതു തരത്തിലാണ് ആറ്റം വിന്യസിക്കപ്പെട്ടിട്ടുള്ളത് എന്നതിനനുസരിച്ചാണ് ക്രിസ്റ്റലിന് ആകൃതിയുണ്ടാകുന്നത്. പരൽ രൂപം പ്രകടിപ്പിക്കുന്ന ചില സാധാരണ ധാതുക്കളുടെ ചിത്രം കാണുക (ചിത്രം 12.1). ഒരു ധാതു പ്രകൃതിയിൽ രൂപീകൃതമാകുമ്പോൾ സ്വതന്ത്രമായി വികസിക്കുവാൻ സാഹചര്യം നിലവിലുണ്ടെങ്കിൽ ബാഹ്യമായ ഇടപെടലുകളില്ലാതെ പൂർണ്ണ വളർച്ച പ്രാപിച്ച് അതിന്റേതായ നിശ്ചിത ക്രിസ്റ്റൽ രൂപം സ്വായത്തമാക്കുന്നു. ധാതുവിന്റെ സ്വതന്ത്രമായ വളർച്ച ഏതെങ്കിലും രീതിയിൽ തടസപ്പെട്ടാൽ, ക്രിസ്റ്റലിന്റെ വളർച്ചയും മുരടിച്ച നിലയിലാകും. അതുകൊണ്ട് ചില ധാതുക്കൾക്ക് പരൽഘടനയുണ്ടാകില്ല. അത്തരത്തിലുള്ളവ അമോർഫസ് എന്നറിയപ്പെടുന്നു.

(എ) (ബി) (സി)

(ഡി) (ഇ) (എഫ്)

ചിത്രം 12.1

ചിത്രം 12.1 ധാതുക്കളിലെ ചില ക്രിസ്റ്റൽ രൂപങ്ങൾ

(എ) ഗലീന (PbS) : ക്യൂബിക് ക്രിസ്റ്റൽ

(ബി) പൈറൈറ്റ് (FeS) : ഒക്ടാഹീഡ്രൻ

(സി) ബെറിൽ ($Be_3Al_2Si_6O_{18}$) : ഹെക്സഗണൽ പ്രിസം

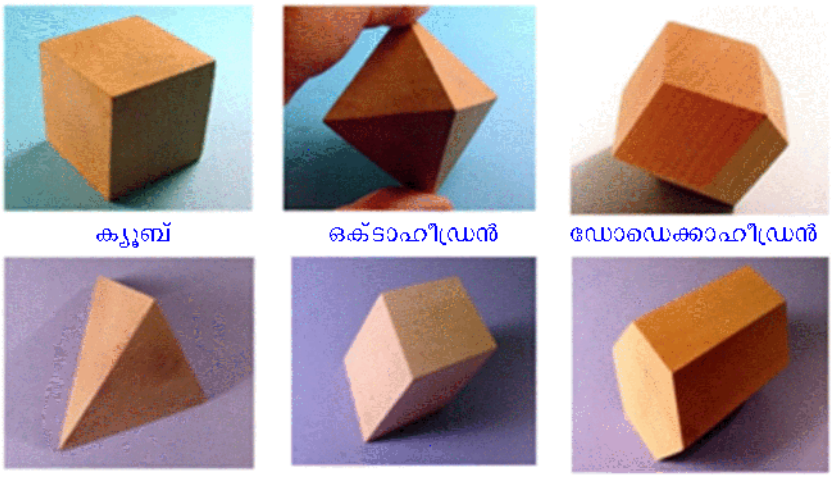
(ഡി) കാൽസൈറ്റ് ($CaCO_3$) : റോമ്പോഹീഡ്രൻ

(ഇ) ക്വാർട്ട്സ് (SiO_2) : ഹെക്സഗണൽ

(എഫ്) ടോപസ് (Al_2SiO_4 $(F,OH)_2$: ഓർത്തോറോമ്പിക്

വിവിധ ക്രിസ്റ്റൽ രൂപങ്ങൾ താഴെപറയുന്നവയാണ്.

(1) ക്യൂബ് (2) ഒക്ടാഹീഡ്രൻ (3) ഡോഡെക്കാഹീഡ്രൻ (4) ടെട്രാഹീഡ്രൻ (5) റോമ്പോഹീഡ്രൻ (6) ഹെക്സാഗണൽ പ്രിസം (ചിത്രം 12.2)



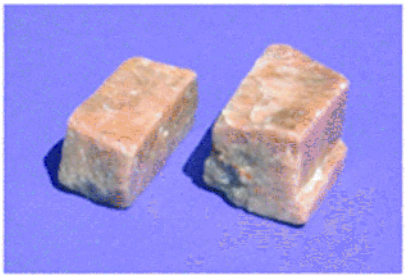
ചിത്രം 12.2

ചിത്രം 12.2 ചില സവിശേഷ ക്രിസ്റ്റൽ രൂപങ്ങൾ.

ലാവ, നീരാവി എന്നിവയിൽ നിന്നും ധാതുക്കൾ രൂപപ്പെടാറുണ്ട്. ബാഷ്പീകരിക്കുന്ന കടൽ ജലത്തിൽ നിന്നും ധാതുക്കൾ ഊറി രൂപപ്പെടാറുണ്ട്. ധാതുക്കളുടെ പുറമെയുള്ള രൂപം നിർണയിക്കപ്പെടുന്നത് അവയിലെ തന്മാത്രകളുടെ ക്രമീകരണം അനുസരിച്ചാണ്. ധാതുക്കളിൽ സാധാരണയായി കാണുന്ന ബാഹ്യരൂപങ്ങളാണ് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്.

- **ടാബുലർ** : പരന്ന് സമചതുര, ദീർഘസമചതുരാകൃതി. ഉദാ: കാൽസൈറ്റ്, ഫെൽഡ്സ്പാർ, ബേറൈറ്റ്.
- **ബ്ലേഡഡ്** : കനം കുറഞ്ഞ പരന്ന ബ്ലേഡ് പോലെ ഉദാ: കയനൈറ്റ്
- **ഫോളിയേറ്റഡ്** : നേർത്ത കനംകുറഞ്ഞ കടലാസുകനത്തിലുള്ള പാളികൾ, എളുപ്പത്തിൽ അടർത്തിയെടുക്കാവുന്ന തരത്തിൽ ഉദാ: മൈക്ക
- **ഫൈബ്രസ്** : നാരുകളുടെ രൂപത്തിൽ. ഉദാ: ആസ്ബസ്റ്റോസ് (എളുപ്പത്തിൽ വേർപ്പെടുത്താവുന്നത്), ജിപ്സം

(എളുപ്പത്തിൽ വേർപ്പെടുത്താൻ കഴിയാത്തത്). ചില ബാഹ്യരൂപങ്ങൾ ചിത്രം 12.3ൽ കാണാം.



ടാബുലർ

ഫൈബ്രസ്

ഫോളിയേറ്റഡ്

ബ്ലേഡഡ്

ചിത്രം 12.3

ചിത്രം 12.3 ധാതുക്കളിൽ കാണുന്ന സവിശേഷ ബാഹ്യരൂപങ്ങൾ

നിറം (Colour)

ഒരു ധാതുവിനെ പ്രത്യക്ഷത്തിൽ ശ്രദ്ധിക്കപ്പെടാനുതകുന്ന ഭൗതിക ഗുണമാണ് അതിന്റെ നിറം. ഒരു വസ്തു ആഗിരണം ചെയ്യുകയും പ്രതിഫലിപ്പിക്കുകയും ചെയ്യുന്ന പ്രകാശരശ്മികൾക്ക് അനുസരിച്ചാണ് അതിന്റെ നിറം കാണപ്പെടുക. ഒരേ ധാതു വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നത് സാധാരണമാണ്. ഘടക അയോണുകളുടെ ക്രമീകരണത്തെ അടിസ്ഥാനമാക്കി ആയിരിക്കും അതിന്റെ നിറം തീരുമാനിക്കപ്പെടുന്നത്. ധാതുക്കൾ ഉൾക്കൊള്ളുന്ന മാലിന്യങ്ങൾ നിറത്തെ ബാധിക്കും. അതുകൊണ്ട് ധാതുക്കളെ തിരിച്ചറിയാനുള്ള ഒരു പ്രധാന ഭൗതിക സ്വഭാവമായി നിറത്തെ കണക്കാക്കാവുന്നതല്ല.

കൂടുതൽ സുതാര്യമായുള്ള ധാതുക്കളെ തിരിച്ചറിയാൻ അവയുടെ നിറം ഉപകരിക്കില്ല. എന്നാൽ ലോഹധാതുക്കളെ തിരിച്ചറിയാൻ അവയുടെ നിറം വളരെ ഉപകരിക്കും. സ്വർണത്തിന്റെയും പൈറൈറ്റിന്റെയും നിറം സ്വർണമഞ്ഞയാണ്. പൈറൈറ്റിന്റെയും സ്വർണത്തിന്റെയും നിറവും തിളക്കവും ഒരുപോലെയായതുകൊണ്ടാണ് പൈറൈറ്റ് വിഡ്ഢികളുടെ സ്വർണം എന്ന് അറിയപ്പെടുന്നത്.

3. സ്ട്രീക്ക്/പൊടിനിറം (Streak)

ഒരു ധാതുവിനെ പരുപരുത്ത പ്രതലത്തിൽ ഉരച്ചാൽ ലഭിക്കുന്ന പൊടിയുടെ നിറമാണ് സ്ട്രീക്ക്. ഇത് പലപ്പോഴും ആ ധാതുവിന്റെ സ്വാഭാവിക നിറത്തിൽ നിന്നും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. അതിനാൽ ചില ധാതുക്കളെ തിരിച്ചറിയാൻ അവയുടെ നിറത്തേക്കാൾ നല്ലത് സ്ട്രീക്കാണ്. സ്ട്രീക്ക് കണ്ടെത്താൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന പരുപരുത്ത പിഞ്ഞാണത്തെ സ്ട്രീക്ക് പ്ലേറ്റ് എന്നാണ് പറയുന്നത്. നിറവും ധൂളീവർണവും വ്യത്യസ്തമായ ചില ധാതുക്കളുടെ വിവരങ്ങളാണ് പട്ടിക 12.2-ൽ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്.

പട്ടിക 12.2 : നിറവും സ്ട്രീക്കും വ്യത്യസ്തമായ ചില ധാതുക്കൾ

ധാതു	നിറം	സ്ട്രീക്ക്
ഹേമറ്റൈറ്റ്	കറുപ്പ്	ചെറിപ്പഴച്ചുവപ്പ്
ക്രോമൈറ്റ്	പച്ചകലർന്ന കറുപ്പ്	പച്ചകലർന്ന തവിട്ട്
പൈറൈറ്റ്	സ്വർണ മഞ്ഞ	കറുപ്പ്

ഉദാ: കാൽസൈറ്റ് പലനിറത്തിൽ കാണുന്നുണ്ടെങ്കിലും ധൂളീവർണം വെളുപ്പ് തന്നെ. ഒരേ വർണവും വ്യത്യസ്ത ധൂളീവർണവുമുള്ള രണ്ട് ധാതുക്കളെ തിരിച്ചറിയാൻ ധൂളീവർണം വളരെ ഉപകാരപ്രദമാണ്. സ്വർണം, പൈറൈറ്റ്, ചാൽക്കോപൈറൈറ്റ് എന്നിവയ്ക്ക് സ്വർണമഞ്ഞ നിറമാണ്. എന്നാൽ സ്വർണത്തിന്റെ ധൂളീവർണം മഞ്ഞയും മറ്റുരണ്ടിന്റെയും കറുപ്പുമാണ്.

ഇളം നിറത്തിലുള്ള അലോഹ ധാതുക്കൾക്കെല്ലാം ധൂളീനിറം കൂടുതലും വെളുപ്പായതുകൊണ്ട് അവയെ തിരിച്ചറിയാൻ ധൂളീവർണം അത്ര സഹായകമല്ല. മാത്രമല്ല, സ്ട്രീക്ക് പ്ലേറ്റിനേക്കാൾ കാഠിന്യമുള്ള ധാതുക്കൾ പൊടിയാൻ എളുപ്പവുമല്ല.

4. തിളക്കം (Lustre)

ഒരു ധാതു പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ അളവാണ് അതിന്റെ തിളക്കം. സാങ്കേതികമായി പറഞ്ഞാൽ ഒരു ധാതുവിന്റെ പ്രതലത്തിൽ നിന്ന് പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ തീവ്രതയും സ്വഭാവവുമാണ് തിളക്കം. ധാതുവിന്റെ തിളക്കം മൂന്ന് ഘടകങ്ങളെ ആശ്രയിച്ച് നിൽക്കുന്നു. ധാതുവിന്റെ അപവർത്തനാങ്കം, പ്രകാശത്തെ ആഗിരണം ചെയ്യാനുള്ള ശേഷി, പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്ന പ്രതലത്തിന്റെ സ്വഭാവം. ധാതു പ്രതലത്തിനുമേലുള്ള അഴുക്കും, നിരപ്പല്ലാത്ത ധാതുപ്രതലവും തെറ്റായ തിളക്കം പ്രകടിപ്പിക്കാൻ സാധ്യതയുണ്ട്.

ലോഹദ്യുതി, അലോഹദ്യുതി എന്നിങ്ങനെ രണ്ട് രീതിയിൽ തിളക്കം കാണപ്പെടുന്നു. ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയും കൂടിയ അപവർത്തനാങ്കവും ഉള്ള അതാര്യവസ്തുക്കളായ ഗലീന, പൈറൈറ്റ്, ചാൽക്കോപൈറൈറ്റ് എന്നിവയുടെ സവിശേഷതയാണ് ലോഹദ്യുതി. വിട്രിയസ്, പേളി, സിൽക്കി, റെസിനസ്, അഡമെന്റൈൻ, ഗ്രീസി തിളക്കങ്ങൾ ഉൾപ്പെടുന്നതാണ് അലോഹദ്യുതി. ഉയർന്ന സാന്ദ്രതയും കൂടിയ അപവർത്തനാങ്കവും ഉള്ള വജ്രം, സിർക്കൺ, കൊറണ്ടം പോലുള്ള ധാതുക്കൾ

അഡമെന്റൈൻ തിളക്കം പ്രകടിപ്പിക്കുന്നു. നേർത്ത നൂലുപോലെ നാരുകളുള്ള ധാതുക്കൾ സിൽക്കി തിളക്കം കാണിക്കും. പ്രതിഫലനശേഷി തീരെ ഇല്ലാത്ത ധാതുക്കൾക്ക് തിളക്കം വളരെ കുറവായിരിക്കും. വിവിധതരം തിളക്കങ്ങളും അവയ്ക്കുള്ള ഉദാഹരണങ്ങളും പട്ടിക 12.3ൽ കാണാം.

പട്ടിക 12.3 : വിവിധതരം തിളക്കങ്ങളും അവയുടെ സവിശേഷതകളും ഉദാഹരണങ്ങളും

തിളക്കം	വിശദീകരണം	ധാതു
1. ലോഹദ്യുതി (metallic lustre)	ലോഹത്തിന്റെ തിളക്കം	മാഗ്നറ്റൈറ്റ്
2. അലോഹദ്യുതി (non metallic lustre)		
i) വിട്രിയസ് തിളക്കം (vitreous lustre)	സ്ഫടികത്തിന്റെ തിളക്കം	ക്വാർട്ട്സ്, കാൽസൈറ്റ്
ii) പേളി തിളക്കം (Pearly lustre)	മുത്തുകളുടെ തിളക്കം	മസ്ക്കവൈറ്റ്
iii) സിൽക്കി തിളക്കം (Silky lustre)	പട്ടുപോലെ തിളക്കം	ആസ്ബസ്റ്റോസ്
iv) റെസിനസ് തിളക്കം (Resinous lustre)	കുന്തുരുക്കം പോലെ	ടാൽക്ക്
v) അഡമെന്റൈൻ തിളക്കം (adamantine lustre)	വജ്രത്തിന്റെ തിളക്കം (പോളിഷ് ചെയ്ത രത്നക്കല്ല് പോലെ കണ്ണഞ്ചിപ്പിക്കുന്നദ്യുതി)	വജ്രം, സിർക്കൺ
vi) ഗ്രീസി തിളക്കം (greasy lustre)	ധാതുവിൽ ഗ്രീസ് പുരട്ടിയതു പോലുള്ള തിളക്കം	സൾഫർ (ഗന്ധകം)

5. കാഠിന്യം (Hardness)

കൃത്യതയുള്ളതും ആശ്രയിക്കാവുന്നതും തിരിച്ചറിയാൻ സഹായിക്കുന്നതുമായ ഒരു ഭൗതിക സവിശേഷതയാണ് ധാതുക്കളുടെ കാഠിന്യം. ഒരു ധാതുവിന് ഉരസലിനെ പ്രതിരോധിക്കാനുള്ള ശേഷിയായിട്ടാണ് കാഠിന്യത്തെ നിർവചിച്ചിരിക്കുന്നത്. കാഠിന്യം അറിയാവുന്ന ഒരു ധാതുവിന്റെ മേൽ കാഠിന്യം എത്രയെന്ന് അറിയാത്ത ധാതുവിനെ ഉരച്ച് നോക്കിയാണ് കാഠിന്യം കണ്ടെത്തുക. ഉദാ: കാഠിന്യം 6 ഉള്ള ഒരു ധാതു, 'എ' എന്ന മറ്റൊരു ധാതുവിന്റെ മേൽ പോറൽ വീഴ്ത്തി എന്ന് കരുതുക. എങ്കിൽ ധാതു 'എ'യുടെ കാഠിന്യം 6 ൽ താഴെയാണെന്ന് അനുമാനിക്കാം. ഇതുപോലെ കാഠിന്യം 5 ഉള്ള ഒരു ധാതുവിന്, 'എ' എന്ന ധാതുവിന്റെ മേൽ പോറൽ വീഴ്ത്താൻ

സാധിച്ചില്ല എങ്കിൽ ധാതു 'എ' യുടെ കാഠിന്യം 5 ന് മുകളിലാണെന്ന് അനുമാനിക്കാം. പോറലിന്റെ ആഴം നിരീക്ഷിച്ച് ധാതു 'എ' യുടെ കാഠിന്യം 5 നോടാണോ 6 നോടാണോ അടുത്ത് എന്ന് കണക്കാക്കാവുന്നതാണ്.

മോ (Moh) എന്ന ധാതുശാസ്ത്രജ്ഞന്റെ കാഠിന്യ പട്ടിക പ്രകാരം ധാതുക്കൾ ക്രമീകരിക്കപ്പെട്ടിരിക്കുന്നു. പത്ത് ധാതുക്കൾക്ക് അടിസ്ഥാന കാഠിന്യതോത് നൽകി ഈ പട്ടിക തയാറാക്കാം (പട്ടിക 12.4). ഈ പട്ടിക പ്രകാരം കാഠിന്യം കൂടുതലുള്ള ധാതുവിന് കാഠിന്യം കുറഞ്ഞ ധാതുവിന്റെ മേൽ പോറൽ ഏൽപിക്കാൻ സാധിക്കും.

പട്ടിക 12.4 മോയുടെ കാഠിന്യ പട്ടിക (Moh`s scale of hardness)

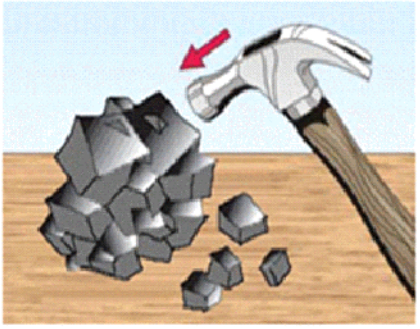
ധാതു	കാഠിന്യം
ടാൽക്ക്	1
ജിപ്സം	2
കാൽസൈറ്റ്	3
ഫ്ളൂറൈറ്റ്	4
അപ്പറ്റൈറ്റ്	5
ഓർത്തോക്ലേസ്	6
ക്വാർട്ട്സ്	7
ടോപ്പസ്	8
കൊറണ്ഡം	9
ഡയമണ്ട്	10

ഭൂവൈജ്ഞാനികരുടെ പരീക്ഷണാനുഭവങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിലുള്ള കാഠിന്യ തോത് പ്രകാരം സ്റ്റീൽ, സ്ഫടികം എന്നിവയ്ക്ക് 5.5, നഖത്തിന് 2.5, ചെമ്പ് നാണയത്തിന് 3 എന്നിങ്ങനെയാണ്. ഒരു ധാതുവിനെ മറ്റൊരു ധാതുവുമായി ഉരസുമ്പോൾ കാണുന്ന അടയാളം ഉരച്ച ധാതുവിന്റെ പൊടി മാത്രമാണെങ്കിൽ അതിന് കാഠിന്യം കുറവാണ്. പൊടിതട്ടികളഞ്ഞ ശേഷം പോറൽ ദൃശ്യമാണെങ്കിൽ ഉരച്ച ധാതുവിന് പോറൽ വീണ ധാതുവിനെക്കാൾ കാഠിന്യം കൂടുതലാണ്. മൈക്ക കുടുംബത്തിലെ ചില ധാതുക്കളെ നഖം കൊണ്ട് പോറൽ വീഴ്ത്താം, ആണികൊണ്ടോ സൂചികൊണ്ടോ ഹോൺബ്ലണ്ടിൽ വരയിടാം പക്ഷേ ക്വാർട്ട്സിൽ സാധ്യമല്ല. ചില സാധാരണ വസ്തുക്കളുടെ കാഠിന്യം പട്ടിക 12.5ൽ കൊടുത്തിട്ടുണ്ട്.

പട്ടിക 12.5 സാധാരണ വസ്തുക്കളുടെ കാഠിന്യം.

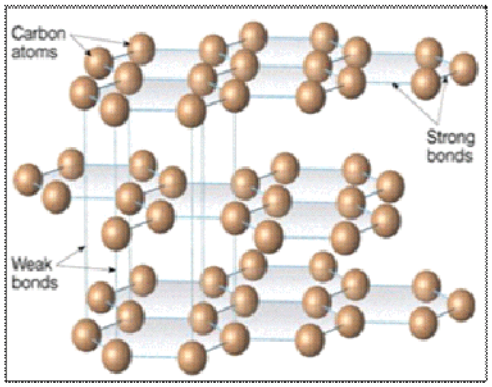
വസ്തുക്കൾ	കാഠിന്യം
നഖം	2.5
പിത്തള/ചെമ്പ് നാണയം	3
സ്ഫടികം	5.5
കത്തി	6.5
സ്ട്രീക്ക് പ്ലേറ്റ് (സെറാമിക് ടൈൽ)	6.5

6. പിളർപ്പ് (Cleavage)



ചിത്രം 12.4 ചില സമാന്തര തലങ്ങളിലൂടെ എളുപ്പത്തിൽ പിളരാനുള്ള ഒരു ധാതുവിന്റെ പ്രവണതയാണ് വിദളനം.

ധാതുക്കളിൽ കാണുന്ന പ്രത്യേകതരം പൊട്ടൽ ആണ് വിദളനം. ചില സമാന്തര പ്രതലങ്ങളിലൂടെ എളുപ്പത്തിൽ പിളരാനുള്ള ഒരു ധാതുവിന്റെ പ്രവണതയെയാണ് വിദളനം എന്ന് പറയുന്നത്. പിളർന്ന പ്രതലങ്ങൾ മിനുസമുള്ള പ്രതലങ്ങളായിരിക്കും. ധാതുക്കളുടെ ആറ്റോമിക ഘടനയിൽ ഏറ്റവും കുറവ് കൊഹിഷനുള്ള (co-hesion) ദിശകളിലാണ് എളുപ്പത്തിൽ പിളരുന്നത്. എളുപ്പത്തിൽ പിളർന്ന് കനംകുറഞ്ഞ ഇതളുകളാകാൻ ശേഷിയുള്ള ഒരു ധാതുവിന് ഉദാഹരണമാണ് മൈക്ക. ക്രിസ്റ്റലീയ പദാർഥങ്ങൾ മാത്രമേ വിദളനത്തിന് വിധേയമാകാറുള്ളൂ. അമോർഫസ് (amorphous) വസ്തുക്കളിൽ വിദളനം കാണാറില്ല.



ചിത്രം 12.5 ദുർബലമായ ബോണ്ടിങ്ങ് ദിശകളിൽ വിദളന പ്രതലങ്ങൾ രൂപപ്പെടുന്നു.

ക്രിസ്റ്റലീയ ധാതുക്കളിൽ തന്നെ ചിലതിൽ വിദളനം കാണാറില്ല. വിദളനത്തെ നിയന്ത്രിക്കുന്നത് ആ ധാതുവിന്റെ ആന്തരിക ആറ്റോമിക ഘടനയാണ്. ഉദാ: ക്വാർട്ട്സ് പിളരാറില്ല, എന്നാൽ കാൽസൈറ്റും ഗലീനയും കൃത്യമായ ദിശകളിൽ പിളരാറുണ്ട്. ആന്തരിക ആറ്റോമിക ഘടനയിൽ ദുർബലമായ ബോണ്ടിങ് (bonding) നടക്കുന്ന ദിശകളിലാണ് വിദളന പ്രതലങ്ങൾ കാണപ്പെടുന്നത് (ചിത്രം 12.5).

പിളരുന്ന പ്രതലങ്ങളുടെ എണ്ണം ഓരോ ധാതുവിലും വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ചില ധാതുക്കൾ ഒരു ദിശയിൽ മാത്രം പിളരുന്നു, മറ്റു ചിലത് രണ്ടോ മൂന്നോ ദിശകളിലൂടെ പിളരുന്നു. അവ ഒരു ക്രിസ്റ്റൽ മുഖത്തിനോ, കൂടുതൽ ക്രിസ്റ്റൽ മുഖങ്ങൾക്കോ സമാന്തരമായിരിക്കും. ഉദാ: മൈക്ക സമാന്തരമായി ഒരു ദിശയിൽ മാത്രം പിളരുമ്പോൾ, ഹോൺബ്ലെണ്ട് 120°, 60" എന്നീ രണ്ടു ദിശകളിൽ പിളരുന്നു. ഗലീന 90° യിൽ സന്ധിക്കുന്ന മൂന്ന് ദിശകളിൽ പിളരുന്നു, ഓരോന്നും ക്യൂബ് മുഖത്തിന് സമാന്തരമായിരിക്കും.

പിളരുന്നതിന്റെ എളുപ്പത്തിനനുസരിച്ച് അവയെ എമിനെന്റ്, പെർഫെക്ട്, ഗുഡ്, ഡിസ്റ്റിങ്ങ്റ്റ്, പുവർ അല്ലെങ്കിൽ ഇൻഡിസ്റ്റിങ്ങ്റ്റ് എന്നെല്ലാം വിളിക്കുന്നു. പിളർപ്പ് മൈക്കയുടേതിനെപോലെ എമിനെന്റ് ആണെങ്കിൽ വളരെ എളുപ്പത്തിൽ പിളർന്ന് മിനുസമുള്ള പ്രതലം രൂപപ്പെടുന്നു. ഓർത്തോക്ലേസിലും കാൽസൈറ്റിലും പെർഫെക്ട് പിളർപ്പുകൾ കാണപ്പെടുന്നു. ശരാശരി ബലം പ്രയോഗിച്ചാൽ എളുപ്പത്തിൽ മിനുസമുള്ള

പ്രതലത്തോടെ പിളരാൻ കഴിയുന്നവയാണ് എമിനെന്റ്, പെർഫെക്ട്, ഗുഡ്, ഡിസ്റ്റിങ്ക്റ്റ് എന്നീ പിളർപ്പുകൾ. ശരാശരി ബലം പ്രയോഗിച്ചാൽ എളുപ്പത്തിൽ മിനുസമുള്ള പ്രതലത്തോടെ പിളരാൻ കഴിയാത്തതാണ് പുവർ അല്ലെങ്കിൽ ഇൻഡിസ്റ്റിങ്ക്റ്റ് പിളർപ്പ്.

7. ഭംഗം/പൊട്ടൽ (Fracture)

പിളർപ്പിന്റെ പ്രതലത്തിലൂടെ അല്ലാതെ ക്രിസ്റ്റലുകൾ ക്രമരഹിതമായി പൊട്ടിത്തകരാറുണ്ട്. അത്തരം പ്രതലങ്ങളുടെ സ്വഭാവത്തെയാണ് ഭംഗം/പൊട്ടൽ എന്ന പദം കൊണ്ട് അർഥമാക്കുന്നത്. ക്വാർട്ട്സിന് വ്യക്തമായൊരു പിളർപ്പ് പ്രതലം ഇല്ല എന്ന് നാം പഠിച്ചു. ക്വാർട്ട്സിൽ കാണുന്ന വക്രമായ പൊട്ടൽ പ്രതലത്തെ സർപ്പിള ഭംഗം (conchoidal fracture) എന്നുപറയുന്നു. ചില സന്ദർഭങ്ങളിൽ പൊട്ടൽ ഒരു സവിശേഷ തിരിച്ചറിയൽ മാർഗമാകാറുണ്ട്. ധാതുക്കളിൽ സാധാരണയായി കാണുന്ന പൊട്ടലുകൾ പട്ടിക 12.6ൽ വിവരിച്ചിട്ടുണ്ട്.

പട്ടിക 12.6 : ധാതുക്കളിൽ കാണപ്പെടുന്ന വിവിധതരം ഭംഗങ്ങൾ പൊട്ടലുകൾ

ക്രമ നമ്പർ	പൊട്ടൽ രീതി	വിവരണം	ഉദാ:
1.	ക്രമഭംഗം (Even fracture)	മിനുസമുള്ള പരന്ന പ്രതലം (നിരപ്പുള്ള പൊട്ടൽ)	ഗാർണറ്റ്, അഗേറ്റ്
2.	ക്രമരഹിത ഭംഗം (നിരപ്പല്ലാത്ത പൊട്ടൽ) (Uneven fracture)	നിരപ്പല്ലാത്ത പരുപരുത്ത പ്രതലം	പൈറൈറ്റ്, മാഗ്നറ്റൈറ്റ്
3.	സർപ്പിള ഭംഗം (Conchoidal fracture)	വൃത്താകൃതികളും വളവുകളും നിറഞ്ഞ പ്രതലം	ക്വാർട്ട്സ്

8. ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത (Specific Gravity)

വസ്തുക്കളുടെ സാന്ദ്രത വളരെ പ്രാധാന്യമുള്ള ഒരു അടിസ്ഥാന ഗുണമാണ്. ഒരു യൂണിറ്റ് വ്യാപ്തത്തിൽ അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന പിണ്ഡത്തിന്റെ അളവിനെയാണ് സാന്ദ്രത എന്നത് കൊണ്ട് നിർവചിച്ചിരിക്കുന്നത്. ധാതുക്കൾക്ക് ഇത് ഗ്രാം/സി.സി. എന്നാണ്. ധാതുക്കളുടെ പഠനത്തിൽ സാന്ദ്രതയെ സൂചിപ്പിക്കാൻ ആപേക്ഷിക ഗുരുത്വം ഉപയോഗിക്കുന്നു. ധാതുവിന്റെ സാന്ദ്രതയും, 4° സെൽഷ്യസിലുള്ള ജലത്തിന്റെ സാന്ദ്രതയും തമ്മിലുള്ള അനുപാതം ആണിത്. ജലത്തിന്റെ ആപേക്ഷിക ഗുരുത്വം 1 ആണ്. ഒരു ധാതുവിന് ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത 2.7 ആണെങ്കിൽ; ജലത്തേക്കാൾ 2.7 ഇരട്ടിയാണ് അതിന്റെ ഭാരം എന്നർഥമാക്കുന്നു. ഒരു ധാതുവിന്റെ ആപേക്ഷിക ഗുരുത്വം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നത് അതിന്റെ ആറ്റോമിക ഭാരവും ആറ്റങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അകലവുമാണ്. ഭാരം കൂടിയതും അടുത്തടുത്തുള്ളതുമായ ആറ്റങ്ങളോടുകൂടിയ ധാതുവിന് ഭാരം കുറഞ്ഞതും അകന്നകന്നുള്ള ആറ്റങ്ങളോടുകൂടിയ ധാതുവിനെക്കാൾ സ്വാഭാവികമായും ആപേക്ഷിക സാന്ദ്രത കൂടുതലായിരിക്കും. ധാതുക്കളുടെ ആപേക്ഷിക ഗുരുത്വം 1നും 20നുമിടയിലായി നിജപ്പെടുത്തിയിരിക്കുന്നു. കൂടുതൽ ധാതുക്കൾക്കും ഇത് 2 നും 7 നുമിടയിലായിരിക്കും. 2 ൽ താഴെയാണെങ്കിൽ ഭാരം

കുറഞ്ഞവയെന്നും 2 നും 4.5 നും ഇടയിലാണെങ്കിൽ ശരാശരി എന്നും, 4.5 ന് മുകളിലാണെങ്കിൽ ഭാരം കൂടിയവ എന്നും കണക്കാക്കുന്നു. ഒരു ധാതുവിന്റെ ആപേക്ഷിക ഗുരുത്വം ഏകദേശമെത്രയെന്ന് അത് കൈയ്യിൽ എടുത്ത് തൂക്കം അനുമാനിക്കുമ്പോൾ തന്നെ മനസ്സിലാക്കാം. ആപേക്ഷിക ഗുരുത്വം കൃത്യമായി അളക്കാൻ ജോളിസ് ബാലൻസ്, വാക്കേഴ്സ് സ്റ്റീൽയാർഡ് ബാലൻസ്, ബീം ബാലൻസ് പോലുള്ള ഉപകരണങ്ങൾ ഇന്ന് ലഭ്യമാണ്.

9. സുതാര്യത (Transparency)

ഒരു ധാതുവിലൂടെ കടന്ന് പോകുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ അളവാണ് അതിന്റെ സുതാര്യത. ഇതനുസരിച്ച് സുതാര്യം, അർധതാര്യം, അതാര്യം എന്ന് ധാതുക്കളെ തരം തിരിക്കാവുന്നതാണ്. പൂർണ്ണമായും പ്രകാശത്തെ കടത്തിവിടുന്ന ധാതുവിനെ സുതാര്യം എന്ന് വിളിക്കാം. നിറമില്ലാത്ത ക്വാർട്ട്സിന്റെയും കാൽസൈറ്റിന്റേയും ഇനങ്ങൾ ഇതിന് ഉത്തമോദാഹരണങ്ങളാണ്. അർധതാര്യധാതുക്കൾ ഭാഗികമായി പ്രകാശത്തെ കടത്തിവിടുന്നു (ഉദാ: മിൽക്കി ക്വാർട്ട്സ്, മിൽക്കി കാൽസൈറ്റ്). അതാര്യധാതുക്കൾ പ്രകാശത്തെ ഒട്ടും തന്നെ കടത്തിവിടില്ല. ലോഹദ്യുതി പ്രകടിപ്പിക്കുന്ന പൈറൈറ്റ്, ക്രോമൈറ്റ്, മാഗ്നറ്റൈറ്റ് എന്നിവ അതാര്യമാണ്.

10. കാന്തികത (Magnetism)

കാന്തികവലയത്തിൽ വച്ചാൽ ചില ധാതുക്കൾ പ്രതികരിക്കും. ചിലത് കാന്തത്തെ ശക്തിയായി ആകർഷിക്കും (ഫെറോകാന്തികത), ചിലത് ദുർബലമായി മാത്രം

പഠന പുരോഗതി പരിശോധിക്കാം

1. ധാതുക്കളുടെ പ്രധാനപ്പെട്ട സവിശേഷഗുണങ്ങൾ ഏതെല്ലാം?
2. ഏറ്റവും കാഠിന്യം കൂടിയ ധാതുവേത്?
3. വിദളനം എന്ന സ്വഭാവഗുണമുള്ള ഏതെങ്കിലും മൂന്ന് ധാതുക്കളുടെ പേരെഴുതുക.

ആകർഷിക്കപ്പെടും (പാരാകാന്തികത) മറ്റുചിലത് വികർഷിക്കപ്പെടും (ഡയാകാന്തികത). മാഗ്നറ്റൈറ്റും പിർഹോട്ടൈറ്റും ഒന്നാമത്തെ ഗണത്തിൽപ്പെടുന്നു. ഹേമറ്റൈറ്റും ഫ്രാങ്ക്ളിനൈറ്റും രണ്ടാമത്തെ ഗണത്തിൽപ്പെടുന്നു. ഡയാകാന്തിക ധാതുവിന് ഉദാഹരണമാണ് ബിസ്മത്ത്.

മുകളിൽ പറഞ്ഞിരിക്കുന്ന പ്രത്യേകതകൾ കൂടാതെ മറ്റ് ഭൗതിക ഗുണങ്ങളായ സ്വാദ്, ഗന്ധം, സ്പർശനം എന്നിവയും ധാതുക്കളെ തിരിച്ചറിയാൻ ഉപകാരപ്പെടുത്താറുണ്ട്. ഹാലൈറ്റിനെ തിരിച്ചറിയാൻ അതിന്റെ സ്വാദ് സഹായിക്കുമെങ്കിലും തിരിച്ചറിയുവാനായി ഹാലൈറ്റ് (കല്ലുപ്പ്) പോലിരിക്കുന്ന എല്ലാ ധാതുക്കളെയും രുചിച്ച് നോക്കുന്നത് പ്രായോഗികമല്ല. കാൽസൈറ്റ് എന്ന കാർബണേറ്റ് ധാതുവിനെ തിരിച്ചറിയാൻ വീര്യം കുറഞ്ഞ ഹൈഡ്രോക്ലോറിക് ആസിഡ് വളരെ സഹായകമാണ്, പക്ഷേ ഇതൊരു ഭൗതിക സ്വഭാവഗുണമല്ല.

ധാതുക്കളുടെ മറ്റു ചില പ്രത്യേകതകൾ
(A few other properties of minerals)

ടെനാസിറ്റി : വളയ്ക്കുന്നതും ഒടിയ്ക്കുന്നതും പിരിയ്ക്കുന്നതും പ്രതിരോധിച്ച് ഒരു വസ്തുവിന്റെ വേർപെടാതിരിക്കാനുള്ള കഴിവാണ് അതിന്റെ ടെനാസിറ്റി. ധാതുക്കളിൽ കാണുന്ന പലതരം ടെനാസിറ്റിയാണ് താഴെ വിശദീകരിച്ചിരിക്കുന്നത്.

- ബ്രിട്ടിൽ : ചുറ്റികകൊണ്ട് അടിക്കുമ്പോൾ പൊടിയുന്ന ധാതുക്കൾ ബ്രിട്ടിൽ (ഭംഗുരം) വിഭാഗത്തിൽ പെടുന്നു. ഉരസുമ്പോൾ പൊടിയുന്നവയാണ് ഇവ. ഭൂരിഭാഗം ധാതുക്കളും ബ്രിട്ടിൽ ആണ്. ഉദാ: ക്വാർട്ട്സ്.
- സെക്ടൈൽ : ചെറുകഷണങ്ങളാക്കി മുറിക്കാം, മെഴുകുപോലെ ചീവിയെടുക്കാം. ഉദാ: ജിപ്സം
- മാല്ല്യബിൾ : ചുറ്റികകൊണ്ട് അടിച്ച് പരത്താവുന്നവ ഉദാ: എല്ലാ നേറ്റീവ് ലോഹങ്ങളും
- ഡക്ടൈൽ : നാരുകളാക്കി വലിച്ചു നീട്ടാവുന്നവ. ഉദാ: സ്വർണം പോലുള്ള നേറ്റീവ് ലോഹങ്ങൾ.
- ഫ്ളെക്സിബിൾ : ബലം കൊടുത്താൽ വളയുകയും വളഞ്ഞതിന് ശേഷം അതേ അവസ്ഥയിൽ തുടരും ഉദാ: നേറ്റീവ് ചെമ്പ്
- ഇലാസ്റ്റിക്ക് : ബലം കൊടുക്കുമ്പോൾ വളയുകയും ബലം പിൻവലിക്കുമ്പോൾ തിരിച്ച് പൂർവ്വസ്ഥിതി പ്രാപിക്കുകയും ചെയ്യും. ഉദാ: ആസ്ബെസ്റ്റോസിനേ പോലെ നാരുരൂപത്തിലുള്ള എല്ലാ ധാതുക്കളും.

റേഡിയോ ആക്ടിവിറ്റി : ആണവ മൂലകങ്ങൾ അടങ്ങിയ ധാതുക്കൾക്ക് ആണവ വികിരണ ശേഷിയുണ്ട്. അവ ആൽഫ, ബീറ്റ, ഗാമാ തരംഗങ്ങളെ പുറത്തുവിടും. ഉദാ: യുറേനിയവും തോറിയവും. ധാതുക്കളുടെ ഘടനയിൽ ആണവ മൂലകങ്ങൾ അടങ്ങിയിട്ടുണ്ടെങ്കിൽ അവയെ ആണവധാതുക്കൾ എന്ന് പറയുന്നു.

ഫ്ളൂറസെൻസ് : അൾട്രാവയലറ്റ് രശ്മികളുടെ സാന്നിധ്യത്തിൽ തിളങ്ങാനുള്ള ധാതുവിന്റെ കഴിവാണ് ഫ്ളൂറസെൻസ്. വെളിച്ചം കുറവുള്ള ഇരുണ്ട സമയത്താണ് ഇവ തിളങ്ങുക. ഉദാ: ഫ്ളുവോർസ്പാർ.

ഫോസ്ഫോറസെൻസ് : തരംഗങ്ങളുടെ സ്രോതസ് മാറ്റപ്പെട്ടാലും വീണ്ടും കുറേ സമയത്തേയ്ക്ക്,തിളങ്ങിക്കൊണ്ടിരിക്കുന്ന ഫ്ളൂറസെന്റ് ധാതുക്കളാണ് ഫോസ്ഫോറസെൻസ് പ്രകടിപ്പിക്കുന്നവ. തിളക്കം പതുക്കെ മങ്ങി ക്രമേണ അപ്രത്യക്ഷമാകുന്നു. ചില ധാതുക്കൾ ചൂടോ തിരുമലോ ഏൽക്കുമ്പോൾ തിളങ്ങും. ഉദാ: എക്സ് റേയുടെ സാന്നിധ്യത്തിൽ വജ്രം തിളങ്ങും, ക്വാർട്ട്സ് ധാതുക്കൾ തമ്മിൽ ഉരസിയാൽ തിളങ്ങും, ഫ്ളൂറൈറ്റ് ചൂടാക്കിയാൽ താഴ്ന്ന തീവ്രതയുള്ള പ്രകാശ രശ്മികൾ വികിരണം ചെയ്യും.

നമുക്ക് ചെയ്തു നോക്കാം

താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന പട്ടികയിൽ ഓരോ ധാതുവിന്റെയും നേരെ എഴുതിയിരിക്കുന്ന സവിശേഷ ഗുണം തിരിച്ചറിയുക.

ധാതു	സവിശേഷഗുണം	തിരിച്ചറിഞ്ഞ ഗുണം
ക്വാർട്ട്സ്	തിളക്കം	
ബയോട്ടൈറ്റ്	നിറം	
ടാൽക്ക്	കാഠിന്യം	
ജിപ്സം	ധൂളീവർണം	

12.5 ധാതുക്കൾ നിത്യ ജീവിതത്തിൽ (Minerals in daily life)

മനുഷ്യന്റെ നിത്യജീവിതത്തിൽ ഏറ്റവും അടിസ്ഥാനപരവും വളരെ അത്യന്താപേക്ഷിതവുമായ അസംസ്കൃത വസ്തുക്കളാണ് ധാതുക്കൾ. സാമൂഹ്യ സാങ്കേതിക വാണിജ്യവികസനത്തിന് ധാതുക്കൾ ഒഴിച്ച് കൂടാനാവാത്തതാണ്. സമൂഹത്തിന്റെ എല്ലാ മേഖലകളിലും ധാതുക്കളും ധാതുക്കളിൽ നിന്ന് വേർതിരിച്ചെടുക്കുന്ന ലോഹങ്ങളും ഉപയോഗിക്കുന്നു. താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്ന ഉദാഹരണത്തിൽ നിന്ന് നിത്യ ജീവിതത്തിൽ ധാതുക്കളുടെ ഉപയോഗം വ്യക്തമാകുന്നു.

കൃഷി

ഫോസ്ഫേറ്റ് ധാതുക്കൾ (അപ്പറ്റൈറ്റ്), പൊട്ടാഷ് (സിൽവൈറ്റ്, KCl), ചുണ്ണാമ്പുകല്ല് (കാൽസൈറ്റ്) എന്നിവ രാസവളങ്ങൾ നിർമിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഡോളമൈറ്റ്, വെർമിക്കുലൈറ്റ് എന്നിവ മണ്ണിന്റെ ഗുണനിലവാരം ഉയർത്താൻ ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഭക്ഷ്യവസ്തുക്കൾ

ഉപ്പ് (NaCl) ഭക്ഷണത്തിൽ ചേർക്കുന്നു. ജലശുദ്ധീകരണത്തിന് മണൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു. ഡയാറ്റമൈറ്റ്, ബെന്റോണൈറ്റ് കളിമണ്ണ് എന്നിവ ബിയർ, ജ്യൂസ്, വീഞ്ഞ് എന്നീ പാനീയങ്ങളുടെ ശുദ്ധീകരണത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്നു.

പായ്ക്കിങ്

ഭക്ഷണസാധനങ്ങളും പാനീയങ്ങളും കേടുവരാതെ സൂക്ഷിക്കാൻ ഉപയോഗിക്കുന്ന വായു കടക്കാത്ത പായ്ക്കിങ് പാത്രങ്ങൾ നിർമിക്കാൻ അലുമിനിയവും സ്റ്റീലും ഉപയോഗിക്കുന്നു. ചില്ലു പാത്രങ്ങൾ സിലിക്കാ മണലിൽ നിന്ന് നിർമിക്കുന്നു. പ്ലാസ്റ്റിക്ക് പായ്ക്കിങ് നിർമിക്കുന്നത് പ്രകൃതി വാതകം, കൽക്കരി, ക്രൂഡ് ഓയിൽ എന്നിവയിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന രാസവസ്തുക്കളിൽ നിന്നാണ്.

പാത്രങ്ങൾ

ചില്ല് ഗ്ലാസ് സിലിക്കാമണലിൽ നിന്നും വസ്തിപാത്രങ്ങൾ കളിമണ്ണിൽ നിന്നും കത്തി മുതലായവ അലുമിനിയം, സ്റ്റീൽ എന്നീ ലോഹങ്ങളിൽ നിന്നും നിർമിക്കുന്നു. പാചകം ചെയ്യുന്ന കുക്കർ ഭാഗികമായി ലോഹങ്ങൾ കൊണ്ടും ചീനചട്ടികൾ അലുമിനിയം, സ്റ്റീൽ, ചെമ്പ് എന്നിവയാലും നിർമിക്കുന്നു.

കെട്ടിട നിർമാണം

വിവിധതരം ശിലകൾ, ധാതുക്കൾ, ലോഹങ്ങൾ എന്നിവ കെട്ടിടനിർമാണത്തിന് ഉപയോഗിക്കുന്നുണ്ട്. ഇരുമ്പ് (ഉരുക്കിന്റെ രൂപത്തിൽ) കെട്ടിടങ്ങളുടെ വാർക്കയിലും; കളിമണ്ണ് ചുടുകട്ടയ്ക്കും മേൽക്കൂരയോടിനും; സ്ലേറ്റ് മേൽക്കൂരയോടിനും; ചുണ്ണാമ്പ് കല്ല്, കളിമണ്ണ്, ഷെയ്ൽ, ജിപ്സം എന്നിവ സിമന്റ് നിർമാണത്തിലും; സിലിക്കമണൽ ജനൽ ചില്ലിനും; മണൽ, ചരൽ എന്നിവ കോൺക്രീറ്റ് നിർമാണത്തിലും; ചെമ്പ് പ്ലമ്പിങ് വയറിങ് എന്നിവയ്ക്കും; കളിമണ്ണ് ക്ലോസറ്റ്, ടൈൽ, സാനിറ്ററി വസ്തുക്കളുടെ നിർമാണത്തിനും; നിറമുള്ള ധാതുക്കൾ പിഗ്മെന്റുകളായി പെയ്ന്റ് നിർമാണത്തിനും ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഊർജം

നമ്മുടെ ഭവനങ്ങൾ, വ്യവസായങ്ങൾ, ആശുപത്രികൾ, വാഹനങ്ങൾ, വിദ്യാലയങ്ങൾ, തൊഴിൽ രംഗങ്ങളിലെല്ലാം ഇന്ധനങ്ങളിൽ നിന്നുള്ള ഊർജം ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. കൽക്കരി, പ്രകൃതിവാതകം, ക്രൂഡ് ഓയിൽ, യുറേനിയം എന്നിവ വൈദ്യുതി, താപജലം, പാചകം, ഗതാഗതം എന്നിവയ്ക്കായി ഉപയോഗിക്കുന്നു. വാഹനങ്ങളിൽ അധികവും ക്രൂഡ് ഓയിലിൽ നിന്നും ലഭിക്കുന്ന ഇന്ധനവും പ്രകൃതി വാതകവും ഇന്ധനമായി ഉപയോഗിക്കുന്നു.

ഗതാഗതം

നമ്മൾ നടത്തുന്ന ഏതൊരുയാത്രയും ധാതുക്കളെ ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നു. കാർ, തീവണ്ടി, വിമാനം, ബോട്ട്, ഏതു തന്നെയായാലും വാഹനങ്ങളെല്ലാം ഇരുമ്പ്, അലുമിനിയം എന്നിവകൊണ്ട് നിർമിച്ചിരിക്കുന്നു. വിമാന യന്ത്രങ്ങൾ നിക്കൽ, കോബാൾട്ട്, ക്രോമിയം, അലുമിനിയം, ടൈറ്റാനിയം എന്നിവയുടെ കൂട്ടു ലോഹങ്ങൾ കൊണ്ടു നിർമിക്കുന്നു.

സാങ്കേതിക വിദ്യയും ആശയവിനിമയവും

വിവരസാങ്കേതികവിദ്യ നമ്മുടെ ജീവിതത്തിന്റെ ഒഴിച്ചു കൂടാനാകാത്ത ഭാഗമായി കഴിഞ്ഞു. കമ്പ്യൂട്ടറും മൊബൈൽ ഫോണും മറ്റ് ആശയവിനിമയോപകരണങ്ങളും നിർമിക്കാൻ ചെമ്പ്, സ്വർണം, പ്ലാറ്റിനം, കറുത്തീയം, സിങ്ക്, നിക്കൽ എന്നീ ലോഹങ്ങൾ ആവശ്യമാണ്.

മറ്റു മേഖലകൾ

ഗ്രാഫൈറ്റ് പെൻസിൽ നിർമാണത്തിൽ ഉപയോഗിക്കുന്നു. വിദ്യാലയങ്ങളിലെ കറുത്ത ബോർഡ് സ്ലേറ്റ് ഉപയോഗിച്ച് നിർമിക്കുന്നു. എഴുതുന്ന ചോക്ക് ചുണ്ണാമ്പുകല്ല് കൊണ്ടുണ്ടാക്കിയതാണ്. ഗ്രാഫൈറ്റും സ്ലേറ്റും ഉപയോഗിച്ച് അഗ്നികുണ്ഡങ്ങൾ നിർമിക്കാം. ജെറ്റ് യന്ത്രങ്ങളിലും വളരേയധികം രാസവസ്തുക്കളിലും കോബാൾട്ടിന് ഉപയോഗമുണ്ട്. ചുണ്ണാമ്പുകല്ലും ഫ്ളൂറൈറ്റും ടൂത്ത് പേസ്റ്റിന്റെ നിർമാണത്തിന് ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. ദന്തചികിത്സയിലും ഔഷധ നിർമാണത്തിലും ആഭരണങ്ങളിലും കൊത്തുപണികളിലും സ്വർണം ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നു. സൾഫർ, സൾഫ്യൂറിക് ആസിഡ്, സൾഫർ ഡൈയോക്സൈഡ് എന്നിവ നിർമിക്കാൻ പൈറൈറ്റ് വേണം. ആണികളിലും മേൽക്കൂരയ്ക്കുപയോഗിക്കുന്ന ജി.ഐ. ഷീറ്റുകളിലും സിങ്ക് എന്ന

ലോഹമുണ്ട്, സിലിക്കാമണൽ കൊണ്ട് സ്ഫടികം നിർമിക്കാം. ടാൽക്ക്, ഫെൽഡ്സ്പാർ, കളിമണ്ണ് എന്നിവ സെറാമിക്ക് വ്യവസായത്തിന്റെ അസംസ്കൃത വസ്തുക്കളാണ്.

ഔഷധങ്ങളിലും ധാതുക്കൾ ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നുണ്ട്. അൾസർ ചികിത്സ, സൗന്ദര്യവർധക വസ്തുക്കൾ, ക്രീമുകൾ എന്നിവയിൽ ബിസ്മത്ത് ഉണ്ട്. ആധുനിക ഔഷധങ്ങളിൽ മാഗ്നറ്റൈറ്റ്, സൾഫർ, ബോറോൺ എന്നിവ ചേർക്കുന്നുണ്ട്. ദന്തചികിത്സാ ഉപകരണങ്ങളിലും മറ്റ് ആധുനിക ചികിത്സാ ഉപകരണങ്ങളിലും വെള്ളി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നുണ്ട്.

12.6 രത്നക്കല്ലുകൾ (Gemstones)

വിചിത്രമായ പ്രത്യേകതകളോടുകൂടിയ കല്ലുകൾ പ്രകൃതിയിൽ കാണാം. അവയിൽ നിറവും തിളക്കവും ഉള്ള കല്ലുകൾ നമ്മുടെ ശ്രദ്ധയെ ആകർഷിക്കും. പ്രകൃതിയിൽ കാണുന്ന ഭൂരിഭാഗം ധാതുക്കളും തിളക്കമില്ലാത്ത, അതാര്യവും അനാകർഷകവുമായവയാണ്. എന്നാൽ ചില ധാതുക്കൾ ചെത്തി ഉരച്ച് മിനുസപ്പെടുത്തിയാൽ ആകർഷകമായ നിറങ്ങളിലും ഉയർന്ന സുതാര്യതയിലും അസാധാരണമായ പ്രകാശ സവിശേഷതകൾ പ്രകടിപ്പിക്കും. ഇപ്രകാരം ഉരച്ച് മിനുസപ്പെടുത്തിയ ധാതുക്കൾ വിലപിടിച്ച കല്ലുകളായി ആഭരണങ്ങളിൽ ഇടം നേടുന്നു. ഇത്തരം രത്നക്കല്ലുകൾ ചിലത് ധാതുക്കളാണെങ്കിലും മറ്റു ചിലത് പവിഴം പോലെ ജൈവീകമായി ഉത്ഭവിച്ചതും മറ്റു ചിലത് കൃത്രിമമായി നിർമിക്കപ്പെട്ടവയുമാണ്.

അപൂർവ്വത, അഴക്, ഈടുനില്പ് എന്നിവയാണ് രത്നക്കല്ലുകളുടെ പ്രത്യേകതകൾ. രത്നക്കല്ലുകളെ കുറിച്ചുള്ള പഠനമാണ് ജെമ്മോളജി (Gemology).

രത്നക്കല്ലുകൾ പ്രകൃതി മനുഷ്യന് നൽകിയിരിക്കുന്ന പാരിതോഷികമാണ്. വെട്ടിത്തിളങ്ങുന്ന വജ്രം (Diamond), രക്തച്ചുവപ്പുള്ള മാണിക്യം (Ruby), പച്ചപ്പുള്ള മരതകം (Emerald) എന്നിവയെല്ലാം പ്രകൃതിയുടെ സമ്മാനങ്ങളാണ്. രക്തവർണമാർന്ന റൂബിയിലും നീലിമയാർന്ന ഇന്ദ്രനീലത്തിലും (Blue saphire) ടർക്കോയ്സിലും പച്ചമരതകത്തിലും ആകൃഷ്ടരാകാത്തവരാരുണ്ട്? ഇവയുടെ നിറങ്ങൾ കടുത്തതായാലും അല്ലെങ്കിലും കണ്ണിന് കൗതുകം തന്നെ. നിറമില്ലെങ്കിലും ചിലരത്നങ്ങൾക്ക് വേറിട്ട ഒരു ഭംഗിയുണ്ട്. ഉദാ: നിറമില്ലെങ്കിലും വെളുത്ത വജ്രം, വെളുത്ത ഇന്ദ്രനീലം എന്നറിയപ്പെടുന്നവ.

വജ്രം തെക്കേ ആഫ്രിക്കയിലെ കിമ്പർലൈറ്റ് ശിലകളിൽ കാണപ്പെടുന്നു. പ്രകൃതിയിൽ നിന്ന് ലഭിക്കുമ്പോൾ അവ അത്ര ആകർഷകമല്ല. ഉരച്ച് മിനുസപ്പെടുത്തുമ്പോഴാണ് അവയ്ക്ക് ഉഗ്ര തിളക്കം ലഭിക്കുന്നത്. ഇന്ത്യയുടെ വജ്രമായിരുന്ന കോഹിന്നൂർ വജ്രത്തെകുറിച്ച് നിങ്ങൾ കേട്ടിരിക്കുമല്ലോ.

രത്നക്കല്ലുകൾ പല പേരുകളിൽ അറിയപ്പെടുന്നു. പട്ടിക 12.7 കാണുക

പട്ടിക 12.7 രത്നക്കല്ലുകളും ഇന്ത്യൻ പേരുകളും

രത്നക്കല്ല്	ഇന്ത്യൻ പേര്
റൂബി	മാണിക്യം
ബ്ലൂസഫയർ	ഇന്ദ്രനീലം
യെല്ലോസഫയർ	പുഷ്യരാഗം
ഡയമണ്ട്	വജ്രം
എമറാൾഡ്	മരതകം
ഓറഞ്ച് സിർക്കൺ	ഗോമേദകം

നമുക്ക് ചെയ്തു നോക്കാം

നമ്മുടെ വീടുകളിലെ നിത്യോപയോഗ സാധനങ്ങളാണ് താഴെ കൊടുത്തിരിക്കുന്നത്. ഓരോന്നിലും അടങ്ങിയിരിക്കുന്ന ധാതുക്കളെയും ലോഹങ്ങളെയും ഗ്രൂപ്പുകളായി തിരിഞ്ഞ് കണ്ടെത്തുക.

ഗൃഹോപയോഗ വസ്തു	ധാതുക്കളും ലോഹങ്ങളും
പെയ്ന്റ്	
കണ്ണാടി	
സെറാമിക് തറയോട്	
സ്റ്റെയിൻലെസ്സ് സ്റ്റീൽ	
കറിയുപ്പ്	
ടൂത്ത് പേസ്റ്റ്	
സൗന്ദര്യ വർധക വസ്തുക്കൾ	
ഇരുമ്പ് കത്തി	
സിമെന്റ്	
പാത്രങ്ങൾ	

ക്രൈസോബെറിൽ വൈഡൂര്യം

താഴെകൊടുത്തിരിക്കുന്ന പട്ടികയിൽ (പട്ടിക 12.8) സാധാരണയായി കാണുന്ന ശിലാനിർമാണ ധാതുക്കളെ ചുരുക്കി വിവരിച്ചിരിക്കുന്നു.

പട്ടിക -12-8: ചില സാധാരണ ശിലാനിർമാണ ഖനിജങ്ങളുടെ ശ്രദ്ധേയമായ രാസിക-ഭൗതിക സ്വഭാവഗുണങ്ങൾ

ഖനിജം > / രാസഘടന / സ്വഭാവഗുണങ്ങൾ	ക്വാർട്ട്സ്	ഫെൽഡ് സ്പാർ	അഭ്രങ്ങൾ	പൈറോക്സിൻ	ആംഫിനോൾ
	SiO_2 സിലിക്കോൺ ഡയോക്സൈഡ്	K,Na, Ca എന്നീ മൂലകങ്ങളുടെ അലുമിനിയം സിലിക്കേറ്റുകൾ	ഹൈഡ്രസ് പൊട്ടാസിയം അലുമിനിയം സിലിക്കേറ്റ്	Ca, Na, Mg, Fe, Ni, Li, Cr, Al, Ti എന്നീ മൂലകങ്ങളുടെ സിലിക്കേറ്റ്	പലപ്പോഴും Ca, Mg, Fe, Al എന്നിവയുടേയും സിലിക്കേറ്റ് Mn, Na, K, H എന്നിവയും ചിലതിൽ കാണപ്പെടുന്നു. ഇറയിലെ (OH) അയോണുകളുടെ സ്ഥാനത്ത് F അയോണുകളോ Cl അയോണുകളോ പുനസ്ഥാപിക്കപ്പെട്ട് കാണപ്പെടാറുണ്ട്.
നിറം	ശുദ്ധമായ അവസ്ഥയിൽ വർണരഹിതമോ വെള്ളനിറത്തിലോ കാണപ്പെടുന്നു. ചിലയിനങ്ങൾ നിറമുള്ളവയാണ്.	വൃത്യസ്തനിറങ്ങളിൽ കാണപ്പെടുന്നുവെങ്കിലും മിക്കപ്പോഴും വെള്ളയോ മങ്ങിയ നിറങ്ങളിലോ, പിങ്ക്, ചുവപ്പ്, ചാരനിറം, പച്ച എന്നീ നിറങ്ങളിലും വർണരഹിതമായും കാണപ്പെടുന്നു	വർണരഹിതമോ വെളുപ്പ്, ഇളം മഞ്ഞ, കറുപ്പ്, തവിട്ട്, ചുവപ്പ് എന്നീ നിറങ്ങൾ	സാധരണമായി ഇരുണ്ട നിറമാണെങ്കിലും, വർണരഹിതമായും, പച്ച, കറുപ്പ് ചാരനിറം, മഞ്ഞ, പച്ച കലർന്ന തവിട്ട്, തവിട്ട് കലർന്ന കറുപ്പ് മുതലായവ	മിക്കപ്പോഴും ഇരുണ്ടനിറം. തവിട്ട്, ചാരനിറം കലർന്ന തവിട്ട്, ചാരനിറം
തിളക്കം (ഗ്ലൂതി)	ഗ്ലാസിന് സമാനം	ഗ്ലാസ് കഷണത്തിന് സമാനമോ, മുത്തിന്റേതിന് സദൃശമോ	മുത്തിന് സമാനമോ, തേജോമയ പ്രകൃതിയിലോ	ഗ്ലാസ് കഷണത്തിന് സമാനമോ, മുത്തിന്റേതിന് സദൃശമോ	ഗ്ലാസ് കഷണത്തിന് സമാനം
ധൂളിവർണം	നിറമുള്ളവയ്ക്ക് വെള്ള നിറം	വെള്ള നിറം	വർണരഹിതം	വെള്ളയോ, ഇളം പച്ചയോ, ഇളം തവിട്ടോ, ചാരനിറമോ	പച്ചകലർന്ന വെള്ള, ചാര നിറം കലർന്ന പച്ച, ചാര നിറം കലർന്ന തവിട്ട്
സുതാര്യത	വർണ്ണരഹിതമായിരിക്കുന്നോൾ സുതാര്യവും മറ്റിനങ്ങൾ അർധതാര്യവും	അർധതാര്യം മുതൽ അതാര്യം വരെ	സുതാര്യം മുതൽ അർധതാര്യം വരെ	അർധതാര്യം മുതൽ അതാര്യം വരെ	സുതാര്യം മുതൽ അതാര്യം വരെ
കാഠിന്യം	7	6-6.5	2.5 3.0	5.0 - 6.5	5.0 - 6.0
ടെനാസിറ്റി (കൈകാര്യം ചെയ്യുമ്പോൾ വഴങ്ങായ്ക/പ്രതിരോധിത)	ഭംഗുരം (എളുപ്പത്തിൽ ഉടയുന്നു)	ഭംഗുരം (എളുപ്പത്തിൽ ഉടയുന്നു)	വളയ്ക്കത്തക്കതും, വലിച്ചാൽ നീളുന്നതും വിട്ടാൽ പൂർവസ്ഥിതി പ്രാപിയ്ക്കുന്നതും	ഭംഗുരം (എളുപ്പത്തിൽ ഉടയുന്നു)	ഭംഗുരം (എളുപ്പത്തിൽ ഉടയുന്നു)
ആപേക്ഷികസാന്ദ്രത	2.65	2.55-2.76	2.77-2.88	3.1 3.6	2.6 3.6
വിളേനം (പിളർപ്പ്)	വിളേനരഹിതം	രണ്ട് ദിശയിൽ	ഒരു ദിശയിൽ മാത്രം	രണ്ട് ദിശയിലുള്ളതും പരസ്പരം 90° സന്ധിക്കുന്നതും	സുഗമവും സ്തംഭാനുസൃതവും
ഭംഗം/പൊട്ടൽ	കോൺകോയിഡൽ	കോൺകോയിഡലും മറ്റ് രീതികളിലും	പൊട്ടുന്ന സ്വഭാവം ഇല്ല	അണീവൻ (uneven)	അണീവൻ (uneven)
ക്രിസ്റ്റലീയ രൂപം	മിക്കപ്പോഴും 6- വശങ്ങളുള്ള സ്തംഭാകൃതി. തരികളുടെ രൂപത്തിലും അവ്യവസ്തിത രൂപത്തിലും കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്	മിക്കപ്പോഴും സ്തംഭാകൃതി. ടാബുലാർ രൂപത്തിലും കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്	6-വശങ്ങളുള്ള സ്തംഭാകൃതിയിലോ അവ്യവസ്തിത രൂപത്തിലോ കാണപ്പെടുന്നു	മിക്കപ്പോഴും സ്തംഭാകൃതിയിലോ, തരികളുടെ രൂപത്തിലോ അവ്യവസ്തിത രൂപത്തിലോ കാണപ്പെടുന്നു	നീളമേറിയ ചൊവ്വസ്തംഭാകൃതിയിലും കനം കുറഞ്ഞ രൂപത്തിലും

ഖനിജം >	കാൽസൈറ്റ്	ടാൽക്	ഫ്ളൂറൈറ്റ്	കൊറണ്ടം	ഒലിവിൻ
രാസഘടന / സ്വഭാവഗുണങ്ങൾ	$CaCO_3$	$Mg_5 (Si_8O_{20}) (OH_4)$	CaF_2	Al_2O_3	$(Mg, Fe)_2 SiO_4$
നിറം	വർണരഹിതമോ, ഓറഞ്ച്, ചുവപ്പ് തവിട്ട്, കറുപ്പ് എന്നിവയുടെ വർണഭേദങ്ങൾ	വെളുപ്പ്, വെള്ളിപോലെയുള്ള വെള്ള, ആപ്പിൾ പച്ച, പച്ച കലർന്ന ധൂസരം, കടുംപച്ച	വർണരഹിതം, വെളുപ്പ്, നീല, പച്ച, ചുവപ്പ്, തവിട്ട്, നീലം കലർന്ന വയലറ്റ്, ഓറഞ്ച് മഞ്ഞ	സാധാരണമായി ചാരനിറം, പച്ച്, ചുവപ്പ്, തവിട്ട്, ഓറഞ്ച്, മഞ്ഞ, നീല, വയലറ്റ് എന്നീ വ്യത്യസ്ത നിറങ്ങളിലും കാണുന്നു.	പച്ചയുടെ വിഭിന്നഭേദങ്ങൾ, മഞ്ഞ, പിങ്ക്, തവിട്ട് മറ്റുള്ള
തിളക്കം (മുത്തിന്)	ഗ്ലാസ് കഷണങ്ങൾക്ക് സമാനം. മുറിവേറ്റ കളിൽ മങ്ങിയതോ മുത്ത് പോലുള്ളതും	മുത്തിന് സമാനം	ഗ്ലാസ് കഷണങ്ങൾക്ക് സമാനം	ഗ്ലാസ് കഷണങ്ങൾക്ക് സമാനം	ഗ്ലാസ് കഷണങ്ങൾക്ക് സമാനം
ഉരച്ച് വർണം	വെള്ള	വെള്ള, ഇളംപച്ച	വെള്ള	വർണരഹിതം വെള്ള	വർണരഹിതം, വെള്ള
സുതാര്യത	സുതാര്യം മുതൽ അതാര്യം വരെ	സുതാര്യം മുതൽ അർധതാര്യം വരെ	സുതാര്യം മുതൽ അർധതാര്യം വരെ	സുതാര്യം മുതൽ അതാര്യം വരെ	സുതാര്യം മുതൽ അർധതാര്യം വരെ
കാഠിന്യം	3.0	1.0	4.0	9.0	6.0 - 7.0
ടെനാസിറ്റി (കൈകൊണ്ടും പെയ്യുമ്പോൾ വമ്പ ഞ്ഞായ്ക/പ്രതിരോധിത)	ഭംഗുരം (എളുപ്പത്തിൽ ഉടയുന്നു)	കത്തിക്കൊണ്ട് മുറിക്കുവാനും ചീളുകൾ ഉണ്ടാക്കുവാനും സാധ്യമാണ്	ഭംഗുരം (എളുപ്പത്തിൽ ഉടയുന്നു)	ഭംഗുരം (എളുപ്പത്തിൽ ഉടയുന്നു)	ഭംഗുരം (എളുപ്പത്തിൽ ഉടയുന്നു)
ആപേക്ഷികസാന്ദ്രത	2.71	2.58 - 2.83	3.0 - 3.25	3.90 - 4.02	3.22 - 4.39
വിഭജനം (പിളർപ്പ്)	സുതാര്യമായ രാംബോഹെഡ്രൽ	സുതാര്യമായ ഫ്ലേക്കുകൾ വിഭജനം	സുതാര്യമായ ഒക്ടാഹെഡ്രൽ വിഭജനം	വിഭജനരഹിതം	അവ്യക്ത വിഭജനം
ഭംഗം/പൊട്ടൽ	കോൺകോയിഡൽ	അസമവിഷമ (uneven)	അസമവിഷമ (uneven)	അവ്യക്തം	കോൺകോയിഡൽ
ക്രിസ്റ്റൽ രൂപം	മിക്കപ്പോഴും പൂർണ കൂമ്പുകളായും ചിലപ്പോൾ സ്തംഭാകൃതിയിലും പാളികളായും, കനമുള്ള നൂലിഴകളുടെ ആകൃതിയിലും, തരികളുടെ രൂപത്തിലും, അവ്യവസ്ഥിത രൂപത്തിലും കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്.	ക്രമരഹിത രൂപത്തിലോ, വിവിധ കനമുള്ള നൂലിഴകളുടെ ആകൃതിയിലും, ചിലപ്പോൾ പൂളുകളായും പിണ്ഡാകൃതിയിലും വ്യസ്തത രൂപങ്ങൾ	മിക്കപ്പോഴും പൂർണരൂപത്തിലുള്ള കൂമ്പുകളായും, ചുരുക്കം സ്ഥാനങ്ങളിൽ ഒറ്റ വ്യത്യസ്ത ആകാരങ്ങളിലും	ബാരൽ- ഗ്ലാസ് തരിയോ, പിണ്ഡാകൃതിയിലുള്ള പരലുകളായോ, അവ്യവസ്ഥിത രൂപത്തിലും കാണപ്പെടുന്നു.	സ്തംഭാകൃതിയുള്ള പരലുകളായും പാളികൾ തരികളുടെ രൂപത്തിലും, അവ്യവസ്ഥിത രൂപത്തിലും

ഖനിജം >	ഗാർണെറ്റ്	ഡോളമൈറ്റ്	അപ്പറൈറ്റ്
രാസഘടന / സ്വഭാവഗുണങ്ങൾ	$X_3Y_2Si_3O_{12}$ X = Ca. Mg. Fe^{2+}, Mn, ; Y = Al Fe^{3+} . Cr. Ti	$CaMg(CO_3)_2$	$Ca_5(PO_4)_3Fe.ClOH)$
നിറം	ശുദ്ധമായിരിക്കുമ്പോൾ വെളുത്ത നിറം, കൂടാതെ തവിട്ട്, ചുമപ്പ്, ധൂസരം, പച്ച, കറുപ്പ്	ശുദ്ധമായിരിക്കുമ്പോൾ വെളുത്തനിറം, കൂടാതെ തവിട്ട്, ചുമപ്പ്, ധൂസരം, പച്ച, കറുപ്പ് എന്നിവയുടെ വർണഭേദങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്നു	മങ്ങിയ കടൽപച്ച, നീലിമ കലർന്ന പച്ച, പച്ച കലർന്ന മഞ്ഞ എന്നീ നിറങ്ങളിലും, നീലം, ധൂസരം, ചുമപ്പ്, വയലറ്റ്, നിറം, തവിട്ട് എന്നിവയുടെ വർണഭേദങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്നു
തിളക്കം (ദ്രുതി)	ഗ്ലാസ് കഷണങ്ങൾക്ക് സമാനം	പരലുകൾ ഗ്ലാസ് കഷണങ്ങൾക്ക് സമാനമോ മുത്തിന് സമാനമോ മറ്റിനങ്ങൾ മങ്ങിയവ	ഗ്ലാസിന് സമാനം, ഗ്ലാസ് കഷണങ്ങൾക്ക് സമാനം
ധൂളിവർണം	വെള്ള നിറം	വെള്ളനിറം	വെള്ള നിറം
സുതാര്യത	സുതാര്യം അർധതാര്യം അതാര്യം	അർധതാര്യം, അതാര്യം	സുതാര്യം അർധതാര്യം അതാര്യം
കാഠിന്യം	7.0 - 7.5	3.5	5.0
ടെനാസിറ്റി (കൈകാര്യം ചെയ്യുമ്പോൾ വഴങ്ങായ്ക/പ്രതിരോധിത)	ഭംഗുരം (എളുപ്പത്തിൽ ഉടയുന്നു)	ഭംഗുരം (എളുപ്പത്തിൽ ഉടയുന്നു)	ഭംഗുരം (എളുപ്പത്തിൽ ഉടയുന്നു)
ആപേക്ഷികസാന്ദ്രത	3.5 - 4.3	2.84 - 2.86	2.9 - 3.5
വിദളനം (ചിഴർപ്പ്)	പ്രകടിപ്പിക്കുന്നില്ല	സുഗമമായ റോംബോഹെഡ്രൽ	പ്രകടമോ വ്യക്തമോ അല്ല
ഭംഗം/പൊട്ടൽ	കോൻകോയിഡൽ	കോൻകോയിഡൽ - അണീവൻ (uneven)	കോൻകോയിഡൽ - അണീവൻ (uneven)
ക്രിസ്റ്റലീയ രൂപം	പരിപൂർണ്ണ ക്രിസ്റ്റലാകൃതി പ്രദർശിക്കുമ്പോൾ 12 വശങ്ങളോടു കൂടിയ ഡോഡെക്കാഹെഡ്രൽ രൂപത്തിലോ ട്രപ്പിസോഹെഡ്രൽ രൂപത്തിലുമായിരിക്കും. കൂടാതെ, കണികാരൂപത്തിലും, അവ്യവസ്ഥിത രൂപങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്	റോംബോഹെഡ്രൽ രൂപം സാധാരണം പരലുകളുടെ വശങ്ങൾ വളവുകളോടുള്ളവയാണ്. മറ്റ് രൂപങ്ങളിലും കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്.	സ്തംഭാകൃതിയിലുള്ള പരലുകളായോ, തരിരൂപത്തിലോ വിവിധ കനമുള്ള നൂലിഴകളുടെ ആകൃതിയിലും, അവ്യവസ്ഥിത രൂപത്തിലും കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്.

നമുക്ക് സംഗ്രഹിക്കാം

ധാതുക്കൾ നൈസർഗ്ഗികമായി ഉണ്ടാകുന്ന അജൈവിക വസ്തുക്കളാണ്. അവയ്ക്ക് നിയതമായ രാസ സംയോഗവും ആന്തരിക ആറ്റോമിക ഘടനയുമുണ്ട്. ചിലതിന് വ്യക്തമായ ബാഹ്യ ഘടനയുണ്ടാകണമെന്നില്ല. ധാതുക്കളുടെ പഠനമാണ് മിനറോളജി. വിവിധ മാനദണ്ഡങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ധാതുക്കളെ ശിലാനിർമാണ ധാതുക്കൾ, അയിര് നിർമാണ ധാതുക്കൾ, പ്രാഥമിക ധാതുക്കൾ, ദ്വിതീയ ധാതുക്കൾ എന്നിങ്ങനെ തരം തിരിക്കാം. കൂടുതൽ ശാസ്ത്രീയമായ വർഗീകരണം രാസഘടനയനുസരിച്ചുള്ളതാണ്.

ധാതുക്കളെ തിരിച്ചറിയാൻ അവയുടെ ഭൗതിക സവിശേഷതകൾ സഹായിക്കും. ക്രിസ്റ്റലീയ രൂപം, നിറം, സ്ട്രിക്ക്, തിളക്കം, വിദളനം, കാഠിന്യം, ആപേക്ഷികഗുരുത്വം എന്നിവയാണ് ധാതുക്കളുടെ ചില ഭൗതികഗുണങ്ങൾ. ധാതുവിന്റെ വർണവും ധൂളീവർണവും ചില ധാതുക്കൾക്ക് വ്യത്യസ്തമായിരിക്കും. ധൂളിവർണമെന്നത് ആ ധാതുവിന്റെ പൊടിയുടെ നിറമാണ്. ഒരു ധാതു പ്രതിഫലിപ്പിക്കുന്ന പ്രകാശത്തിന്റെ അളവാണ് അതിന്റെ തിളക്കം. ഒരു ധാതുവിന് ഉരസലിനെ പ്രതിരോധിക്കാനുള്ള ശേഷിയാണ് അതിന്റെ കാഠിന്യം. ചില സമാന്തരതലങ്ങളിലൂടെ എളുപ്പത്തിൽ പിളരാനുള്ള ധാതുവിന്റെ പ്രവണതയാണ് വിദളനം. ധാതുക്കളുടെ ആപേക്ഷികഗുരുത്വം ആശ്രയിച്ചിരിക്കുന്നത് അവയുടെ ആറ്റോമിക ഭാരവും ആറ്റങ്ങൾ തമ്മിലുള്ള അകർച്ചയിലുമാണ്.

പ്രകൃതിയിൽ ഏകദേശം 4000 ധാതുക്കൾ കാണപ്പെടുന്നുണ്ട്. നമ്മുടെ ദൈനംദിന ജീവിതത്തിൽ ധാതുക്കൾക്ക് വളരെ വലിയ പ്രാധാന്യമുണ്ട്. സമൂഹത്തിന്റെ എല്ലാ തുറകളിലും ധാതുക്കൾ ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നുണ്ട്. എല്ലാ മനുഷ്യ നിർമിത ഉല്പന്നങ്ങളിലും ധാതുക്കൾ അസംസ്കൃത വസ്തുവായി ഉപയോഗിക്കപ്പെടുന്നു. വിലപിടിച്ച രത്നക്കല്ലുകൾ കാഴ്ചയ്ക്ക് വളരെ സുന്ദരമാണ്. അപൂർവ്വത, അഴക്, ഈട് നില്പ് എന്നീ ഗുണങ്ങൾ ഒരു ധാതുവിനെ വിലപിടിപ്പുള്ളതാക്കുന്നു. വജ്രം, വൈഡൂര്യം, മരതകം എന്നിവ രത്നക്കല്ലുകൾക്ക് ഉദാഹരണമാണ്.

പ്രധാന പഠനനേട്ടങ്ങൾ

- ധാതുക്കളുടെ സവിശേഷഗുണങ്ങൾ വിവരിക്കുന്നു.
- വിവിധ മാനദണ്ഡങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ ധാതുക്കളെ വർഗീകരിക്കുന്നു.
- ധാതുക്കളുടെ ഭൗതിക ഗുണങ്ങളായ ക്രിസ്റ്റലീയരൂപം, നിറം, സ്ട്രിക്ക്, തിളക്കം, വിദളനം, പൊട്ടൽ, കാഠിന്യം, ആപേക്ഷിക ഗുരുത്വം എന്നിവ വിശദീകരിക്കുന്നു.
- സർവസാധാരണമായി കാണുന്ന ശിലാനിർമാണ ധാതുക്കളെ അവയുടെ പ്രധാന ഭൗതിക ഗുണങ്ങളുടെ അടിസ്ഥാനത്തിൽ തിരിച്ചറിയുന്നു.
- ജീവിതത്തിന്റെ വിവിധ മേഖലകളിൽ ധാതുക്കളുടെ ഉപയോഗങ്ങൾ വിവരിക്കുന്നു.
- രത്നക്കല്ലുകളുടെ പ്രത്യേകതകൾ സ്ഥാപിക്കുകയും, ചില രത്നക്കല്ലുകളെ നാമകരണം ചെയ്യുകയും ചെയ്യുന്നു.

നമുക്ക് വിലയിരുത്താം

1. വിദളനവും പൊട്ടലും തമ്മിലുള്ള അടിസ്ഥാന വ്യത്യാസമെന്ത്?
2. ഒരു ധാതുവിന്റെ കാഠിന്യം കണ്ടെത്തുന്നതെങ്ങനെ?
3. താഴെപറയുന്ന ഗുണങ്ങളുള്ള ധാതുക്കൾക്ക് ഉദാഹരണം എഴുതുക.

   (എ) കാന്തികത (ബി) ഫ്ളൂറസൻസ് (സി) സ്ഫടിക തിളക്കം
4. വജ്രത്തിന്റെ ഏത് ഗുണവിശേഷമാണ് അതിനെ ധാതുഖനനത്തിൽ ഉരകല്ലായി ഉപയോഗപ്പെടുത്തുന്നത്?
5. നാല് രത്നക്കല്ലുകൾക്ക് ഉദാഹരണവും അവയുടെ ഗുണവിശേഷങ്ങളും എഴുതുക.
6. താഴെ പറയുന്ന ധാതുക്കളുടെ നിത്യജീവിതത്തിലുള്ള ഉപയോഗം എഴുതുക

   (എ) ടാൽക്ക് (ബി) ബോക്സൈറ്റ് (സി) ഗ്രാഫൈറ്റ് (ഡി) മൈക്ക
7. ധാതുക്കളുടെ നിറവും സ്ട്രിക്കും തമ്മിൽ വേർതിരിച്ച് ഉദാഹരണ സഹിതം എഴുതുക.
8. ധാതുക്കളുടെ ക്രിസ്റ്റലീയ രൂപം എന്ന ഗുണവിശേഷത്തെ ചുരുക്കി വിവരിക്കുക.

പദാവലി

A.U - (Astronomical Unit) : ആസ്ട്രോണമിക്കൽ യൂണിറ്റ്, ജ്യോതിശാസ്ത്ര ഏകകം
Ablation : ഹിമാനീയക്ഷയീകരണം
Abrasion : അബ്രേഷൻ / ഉരസൽ
Abyssal hills : സമുദ്രാഗാധക്കുന്ന് (കടലിനടിത്തട്ടിലെ കുന്നുകൾ)
Abyssal plains : അഗാധ സമുദ്രാന്തർ സമതലങ്ങൾ, ആഴക്കടൽസമതലങ്ങൾ, സമുദ്രാഗാധ സമതലങ്ങൾ
Active agent : സക്രിയ കാരകം
Agent : കാരകം
Aggradation : ഉന്നതീകരണം
Alluvial cone : എക്കൽകൂന
Alluvial fan : എക്കൽവിശറി
Alluvial plain : എക്കൽ സമതലം
Alluvium : എക്കൽ
Angle of repose : സ്വസ്ഥനിലക്കോൺ
Annular pattern : വലയിതവിന്യാസം
Anticlockwise : എതിർ ഘടികാര ദിശ
Aquifer : അക്യൂഫർ, ജലഭൃതം
Arete : ഏറേറ്റെ
Ascismic ridges : ഭൂചലനരഹിത വരമ്പുകൾ
Asteroid : ക്ഷുദ്രഗ്രഹം
Astronomy : വാനശാസ്ത്രം, ജ്യോതിശാസ്ത്രം
Atmosphere : വായുമണ്ഡലം, അന്തരീക്ഷം
Atoll : വർത്തുളാകാര പവിഴ ദ്വീപ്, അറ്റോൾ
Attrition : പരസ്പര ഉരസൽ, അട്രീഷൻ
Avalanche : ഹിമപാതം, മഞ്ഞുരുൾപൊട്ടൽ
Barrier island : പ്രതിബന്ധ ദ്വീപ്
Barrier reef : പ്രതിബന്ധ പവിഴപ്പുറ്റ്
Bars : മണൽത്തിട്ടകൾ, അഴികൾ
Base level : അടിസ്ഥാന വിതാനം
Bay : ഉൾക്കടൽ
Baymouth bar : ഉൾക്കടൽമുഖമണൽത്തിട്ട
Bed load : അടിത്തട്ടിലെ ലോഡ്, ബെഡ്ലോഡ്
Bedrock : ആധാരശില, അടിസ്ഥാനശില
Benioff zone : ബെനിയോഫ് മേഖല
Bergschrund : ബെർക്ക് ഷ്രുണ്ട്
Big Bang Theory : മഹാവിസ്ഫോടന സിദ്ധാന്തം
Biogenic : ജൈവജന്യ
Biological weathering : ജൈവീകാപക്ഷയം

Biomes : ജൈവമേഖല
Biosphere : ജൈവമണ്ഡലം
Block mountain (horst) : ഖണ്ഡപർവ്വതം, ബ്ലോക്ക് പർവ്വതം
Braided : പിന്നിയ, കെട്ട് പിണഞ്ഞ, മെടഞ്ഞ
Brittle : പൊട്ടൽ, ബ്രിട്ടിൽ
Buoyancy : പ്ലവന ശക്തി
Calving : ഹിമ ഖണ്ഡ വേർപ്പെടൽ
Canyon : നദീഗർത്തം, അഗാധതാഴ്വര, കാനിയോൺ
Carbonation : കാർബണീകരണം
Catchment area : വൃഷ്ടിപ്രദേശം
Caverns : ഗഹ്വരങ്ങൾ
Caves : ഗുഹകൾ
Centrifugal force : അപകേന്ദ്ര ബലം
Channel flow : ചാലൊഴുക്ക്
Chatter mark : ഷാറ്റർ അടയാളം
Chemical weathering : രാസികാപക്ഷയം
Cirque : സിർക്ക്
Cirque glacier : സിർക്ക് ഹിമാനി
Cleavage : വിദളനം / പിളർപ്പ്
Cliff : കീഴ്ക്കാം തൂക്കായ പാറ
Climate : കാലാവസ്ഥ
Coast : തീരം
Coast line : തീരരേഖ
Coastal zone : തീരമേഖല
Col : ഹിമാവൃത പർവ്വതമേഖലാചുരം
Comet : വാൽനക്ഷത്രം, ധൂമകേതു, കോമെറ്റ്
Conduction : ചാലനം
Cone of depression : നിമ്നീകരണസ്തൂപിക
Confined aquifer : ബന്ധിതജലഭൃതം
Connate water : നിസർഗജലം
Conrad discontinuity : കോൺറാഡ് വിച്ഛിന്നത
Conservative boundary : സംരക്ഷണ അതിര്
Continental divide : വൻകരാ ജലവിഭാജകം
Continental drift : വൻകരാവിസ്ഥാപനം (ഭൂഖണ്ഡ ചലനം)
Continental glacier : വൻകരാ ഹിമാനി
Continental rise : വൻകര ഉന്നതി
Continental shelf : വൻകരയോര / വൻകരതിട്ട്
Continental slope : വൻകരചരിവ്
Contraction theory : സങ്കോച സിദ്ധാന്തം
Convection current : സംവഹന പ്രവാഹം
Convergent boundary : സംയോജന സീമ
Coral : പവിഴപ്പുറ്റ്
Corrasion : ഘർഷണം
Corrie : കോറി (ഒരു ഹിമനീയ ഭൂരൂപം)

Corrosion : ലയനം
Creep : ക്രീപ് ഇഴയൽ
Crest : ശീർഷം
Crevasse : ഹിമാനീയ വിള്ളൽ
Crude oil : അസംസ്കൃത എണ്ണ
Cryosphere : അതിശൈത്യമണ്ഡലം
Crystal form : ക്രീസ്റ്റലീയ രൂപം
Debris : അവക്ഷിപ്തശില
Debris flow : അവക്ഷിപ്ത പ്രവഹനം
Deepsea currents : ആഴക്കടൽ സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ
Deflation : ഡിഫ്ളേഷൻ
Degradation : നിമ്നീകരണം
Dendritic drainage pattern : വൃക്ഷാകാര നീരൊഴുക്ക് വിന്യാസം
Density currents : സാന്ദ്രതാ പ്രവാഹങ്ങൾ
Denudation : അപരദനം (നഗ്നീകരണം)
Deposition : നിക്ഷേപണം
Desert pavement : മരുസ്ഥലനടപ്പാത
Destructive margin : വിനാശക അതിര്
Diastrophism : വിരൂപണ പ്രക്രിയ
Dissolution : ലയനം
Dissolved load : ലീനഭാരം
Distributary : കൈവഴി / ഉപനദി
Divergent boundary : വിയോജന സീമ
Dome mountain : അർധഗോളരൂപ പർവ്വതങ്ങൾ, ഡോം പർവ്വതങ്ങൾ
Drainage basin : നീർത്തടം, നീർമറിപ്രദേശം
Drainage divide : നീർത്തടവിഭാജകം
Drainage pattern : നീരൊഴുക്ക്വിന്യാസം
Drumlin : ഡ്രംലിൻ
Dynamic : ചലനാത്മകം
Earth process : ഭൗമ പ്രക്രിയ
Earth science : ഭൗമശാസ്ത്രം
Earth system : ഭൗമവ്യവസ്ഥ
Earthflow : മൃത്തികാ പ്രവഹനം
Economic geology : സാമ്പത്തികഭൂവിജ്ഞാനീയം
Effluent stream : ആഗമനനദി
Ellipse : ദീർഘവൃത്തം
Environmental geology : പാരിസ്ഥിതികഭൂവിജ്ഞാനീയം
Eons : മഹാകൽപ്പം
Ephemeral stream : താത്കാലികനദി, ക്ഷണികനദി.
Epoch : യുഗം
Equatorial axis : മധ്യരേഖീയ അക്ഷം
Era : കൽപ്പം
Erosion : അപരദനം, കാർന്നെടുക്കൽ
Erratics : അവ്യവസ്ഥിത ശിലാഖണ്ഡം, ഇറാറ്റിക്സ്

Esker	:	ഹിമനദിശിഷ്ട സമതലങ്ങൾ
Estuary	:	അഴിമുഖം
Evaporation	:	ബാഷ്പീകരണം
Exfoliation	:	ശിലാബാഹ്യപാളിക വിഘടനം
Exploration	:	പര്യവേക്ഷണം
External earth process	:	ബാഹ്യഭൗമപ്രക്രിയ
Extrusive rock	:	ബാഹ്യജാത ശില
Falls	:	പതനം
Fault	:	ഭ്രംശം
Fault mountain	:	ഭ്രംശപർവ്വതം
Finger tip tributaries	:	അംഗുലീയഗ്രപോഷകനദികൾ
Fiord	:	ഫിയോഡ്
Flood plain	:	പ്രളയസമതലം
Focus	:	ഉത്ഭവകേന്ദ്രം, നാഭി
Fold mountain	:	മടക്കുപർവ്വതം
Fossil fuel	:	ഫോസിൽ ഇന്ധനങ്ങൾ
Fracture	:	പൊട്ടൽ, കീറൽ, വിള്ളൽ
Freezing	:	ഖരീഭവിക്കൽ
Freezing point	:	ഖരാങ്കം
Fringing reef	:	പ്രാന്തീയ പവിഴപ്പുറ്റ്
Frost wedging	:	ഉറഞ്ഞമഞ്ഞ് വിസറാപനം (ഹിമാനീയ വിസ്ഥാപനം), ഹിമകീലനം
Galaxy	:	നക്ഷത്രരാജി
Gulf	:	കടലിടുക്ക്
Gas giant	:	വാതകഭീമൻ
Gemstones	:	രത്നക്കല്ലുകൾ
Geocentric concept	:	ഭൗമ കേന്ദ്രീകൃത സങ്കൽപ്പം
Geochemical weathering	:	ഭൗമ രാസികാപക്ഷയം
Geologic Time	:	ഭൂവൈജ്ഞാനിക കാലം
Geologist	:	ഭൂവിജ്ഞാനീയൻ
Geology	:	ഭൂവിജ്ഞാനീയം
Geometric form	:	ജ്യാമതീയാകാരം
Geomorphology	:	ഭൂരൂപശാസ്ത്രം
Geosphere	:	ഭൗമമണ്ഡലം
Glacial	:	ഹിമാനീയ
Glacial age	:	ഹിമയുഗം
Glacial grooves	:	ഹിമാനീ ചാലുകൾ
Glacial milk	:	ഹിമാനീയ ക്ഷീരം
Glacial period	:	ഹിമാനീയ കാലഘട്ടം
Glacial plucking	:	ഹിമാനീയ അടർത്തിയെടുക്കൽ
Glacial striations	:	ഹിമാനീ പോറലുകൾ
Glacial trough	:	ഹിമാനീയ താഴ്വര
Glaciation	:	ഹിമവൽക്കരണം
Glacier	:	ഹിമാനി

Glacio - fluvial drift	:	ഹിമാനി - നദീയ നിക്ഷേപങ്ങൾ
Gradation	:	സമീകരണം
Graded profile	:	ശ്രേണീകൃത പാർശ്വ ദൃശ്യം
Gravel	:	ചരൽ
Groundwater	:	ഭൂജലം
Groundwater discharge	:	ഭൂജലബഹിർഗമനം
Groundwater recharge	:	ഭൂജലപരിപോഷണം
Gully	:	നീർച്ചാൽ
Gully erosion	:	ഗളി അപരദനം (നീർച്ചാലപരദനം)
Guyot	:	ഗയോ (കടൽക്കുന്നുകൾ)
Gyre	:	വർത്തുളാകാര പ്രവാഹം
Hanging valley	:	തൂക്ക് താഴ്‌വര/ഉന്നതസ്ഥാനീയ പോഷക താഴ്‌വര
Hardness	:	കാഠിന്യം
Head region	:	പ്രഭവപ്രദേശം
Headland	:	മുനമ്പ്
Heliocentric concept	:	സൗര കേന്ദ്രീകൃത സങ്കൽപ്പം
Hexagonal	:	ഷഡ്ഭുജാകൃതി
Higher river reaches	:	ഉന്നതതട നദീഭാഗം
Historical geology	:	ചരിത്രഭൂവിജ്ഞാനീയം
Hot spot	:	താപ ബിന്ദു
Hot springs	:	ഉഷ്ണനീരുറവ
Hydration	:	ജലാംശീകരണം, ഹൈഡ്രേഷൻ
Hydraulic action	:	ജലശക്തീയ പ്രവർത്തനം, ഹൈഡ്രോളിക പ്രവർത്തനം
Hydrolysis	:	ഹൈഡ്രോലിസിസ്, ജലീയവിഘടനം
Hydrosphere	:	ജലമണ്ഡലം
Hydrothermal vent	:	താപജല രന്ധ്രം
Hypothesis	:	പരികൽപന
Ice	:	ഖരമഞ്ഞ്
Ice cap	:	ഹിമപ്പുതപ്പ്
Ice giant	:	ഐസ് ഭീമൻ
Ice sheet	:	ഹിമപാളി / ഖരമഞ്ഞു പാളി
Icebergs	:	ഒഴുകിനടക്കുന്ന ഹിമാനീയ ഖണ്ഡങ്ങൾ
Iceshelf	:	ഖരമഞ്ഞു തിട്ട
Infiltration	:	കിനിഞ്ഞിറങ്ങൽ
Infiltration capacity	:	ഊർന്നിറങ്ങൽക്ഷമത
Influent stream	:	നിർഗമനനദി
Initial stage	:	ആദിമ ഘട്ടം
Inner planet	:	അന്തരഗ്രഹം
Insolation	:	സൗരതപനം
Interface	:	സമ്പർക്കമുഖം
Interior drainage	:	അന്തർദിശീയനീരൊഴുക്ക്
Intermittent / Seasonal streams	:	കാലികനദി
Internal earth process	:	ആന്തരഭൗമപ്രക്രിയ
Intrusive rock	:	അന്തർജാതശില

Iridescence : വർണോജ്വലത
Island arcs : ദ്വീപുകമാനങ്ങൾ
Joint : ശിലാസന്ധി, ജോയിന്റ്
Juvenile water : നവജാതജലം
Kame : കേയിം, ഒരു തരം ഹിമനീയഭൂരൂപം
Lagoon : കടലോര കായൽ
Landscape : ഭൂദൃശ്യം
Landslide : ഉരുൾപൊട്ടൽ
Landuse : ഭൂവിനിയോഗം
Lateral planation : പാർശ്വതലസമതലീകരണം
Lateral spread : പാർശ്വ വ്യാപനം
Limestone : ചുണ്ണാമ്പുകല്ല്
Lithosphere : ശിലാമണ്ഡലം, ലിതോസ്ഫിയർ
Littoral deposit : വേലിയേറ്റയിറക്ക മേഖലാ നിക്ഷേപം
Local base level : പ്രാദേശിക അടിസ്ഥാന വിതാനം
Long profile : ദീർഘദിശീയ ദൃശ്യം
Longitudinal dune : അനുദൈർഘ്യമണൽമേട്
Longshore current : കടലോര - സമാന്തര ജല പ്രവാഹം
Longshore drift : കടലോര സമാന്തര ഗമനം
Low Velocity Zone : അല്പ പ്രവേഗ മേഖല
Lower river reaches : നിമ്നതട നദീഭാഗം
Lustre : തിളക്കം, ദ്യുതി
Magnetic declination : കാന്തിക ദിക്പാതം
Magnetism : കാന്തികത
Mantle plume : മാന്റിൽ ശിഖ
Mass wasting : ഭൂദ്രവ്യശോഷണം
Mass movement : ഭൂദ്രവ്യശോഷണം
Mature stage : പക്വതാവസ്ഥ
Mean sea level : ശരാശരി സമുദ്ര ജലനിരപ്പ്
Meandering : വക്രമായ, വക്രീകരണം, മിയൻഡറിംഗ്
Mechanical Weathering : ബലകൃത അപക്ഷയം
Mechanism : യന്ത്രസൂത്രം
Melting : ദ്രവീകരണം
Metallic lustre : ലോഹ ദ്യുതി, ലോഹത്തിളക്കം
Metamorphism : കായാന്തരണം, രൂപാന്തരണം
Meteor : ഉൽക്ക
Meteor shower : ഉൽക്കാവർഷണം
Meteoric water : അന്തരീക്ഷജലം
Meteorite : ഉൽക്കാശില
Meteorology : അന്തരീക്ഷശാസ്ത്രം
Milky Way : ക്ഷീരപഥം
Mineral : ധാതു, ഖനിജം
Mineral deposit : ധാതുനിക്ഷേപം, ഖനിജനിക്ഷേപം
Moraine : മൊറൈൻ

Mountain	:	പർവ്വതം
Mountain chain	:	പർവ്വതശ്രേണി
Mountain glacier or alpine glacier	:	പർവ്വത പ്രദേശ ഹിമാനി
Mountain range	:	പർവ്വതനിര
Mountain system	:	പർവ്വതവ്യൂഹം
Mud bank	:	ചാകര
Mud flow	:	ചേറൊഴുക്ക്
Mushroom rock	:	കൂൺശില
Natural	:	നൈസർഗികം, പ്രകൃതിദത്ത
Natural levees	:	നൈസർഗികതടകൾ
Nebula	:	നെബുല
Nebular Hypothesis	:	നെബുലാർ പരികൽപ്പന
Non clastic rock	:	നോൺ-ക്ലാസ്റ്റിക് ശില, അശകലീയ ശില
Nonporous rock	:	സുഷിരങ്ങളില്ലാത്തശിലകൾ
Oasis	:	മരുപ്പച്ച
Ocean currents	:	സമുദ്രജലപ്രവാഹങ്ങൾ
Ocean gyres	:	വർത്തുളാകാര സമുദ്ര ജലധാരകൾ
Oceanic -oceanic convergence	:	സാമുദ്രിക - സാമുദ്രിക സംയോജനം
Oceanic Ridge system	:	സമുദ്രാന്തരവരമ്പ് വ്യൂഹം
Oceanic rise	:	സമുദ്രാന്തർ ഉന്നതമേഖല
Oceanic trenches	:	സമുദ്രഗർത്തങ്ങൾ (സമുദ്രാന്തർ കിടങ്ങുകൾ)
Oceanography	:	സമുദ്രവിജ്ഞാനീയം
Old age stage	:	വാർദ്ധക്യാവസ്ഥ
Orbit	:	സഞ്ചാരപഥം
Orion arm	:	ഓറിയോൺ ഹസ്തം
Outer planet	:	ബാഹ്യഗ്രഹം
Outwash plain	:	ഔട്ട്‌വാഷ് സമതലം
Overland flow	:	ഉപരിതലപ്രവാഹം, മേലൊഴുക്ക്
Oxidation	:	ഓക്സീകരണം
Palaeoclimate	:	പുരാതന കാലാവസ്ഥ
Palaeomagnetism	:	പുരാകാന്തികത
Parabolic dune	:	അനുവൃത്ത മണൽമേട്
Parallel pattern	:	സമാന്തരീയവിന്യാസം
Passive agent	:	നിഷ്ക്രിയ കാരകം
Peak	:	ശൃംഗം, ശിഖരം, കൊടുമുടി
Pedology	:	മൃത്തികാശാസ്ത്രം
Perennial stream	:	സാർവകാലീകനദി / അനവരതനദി
Period	:	മഹായുഗം
Permeability	:	കടത്തിവിടൽ ശേഷി, പ്രവേശനീയത
Petrology	:	ശിലാവിജ്ഞാനീയം
Physical geology	:	ഭൗതികഭൂവിജ്ഞാനീയം
Physical weathering	:	ഭൗതികാപക്ഷയം
Piedmont alluvial plain	:	ഗിരിപാദഎക്കൽസമതലം
Piedmont glacier	:	ഗിരിപാദ ഹിമാനി

Planet	:	ഗ്രഹം
Planetesimal Hypothesis	:	പ്ലാനറ്റെസിമൽ പരികൽപ്പന
Plankton	:	പ്ലവകം
Plate tectonics	:	ഫലക വിവർത്തനികം, പ്ലെയ്റ്റ് ടെക്റ്റോണിക്സ്
Plates	:	ഫലകങ്ങൾ
Plucking	:	അടർത്തിമാറ്റൽ
Plunge pool	:	ഉരക്കുഴി
Polar axis	:	ധ്രുവീയ അക്ഷം
Polarity	:	ധ്രുവത്വം
Porosity	:	സുഷിരത
Porous rock	:	സുഷിരസമൃദ്ധശിലകൾ
Pot holes	:	ഉൾക്കുഴികൾ
Precipitation	:	വർഷണം/ഊറൽ
Protogalaxy	:	ഗ്യാലക്സികളുടെ പ്രാകൃതാവസ്ഥ, പ്രാക് ഗ്യാലക്സി
Pyramidal peak	:	സ്തൂപികാ കൊടുമുടി
Radial pattern	:	അപകേന്ദ്രീകൃതവിന്യാസം
Radiation	:	വികിരണം
Radius of influence	:	സ്വാധീനമേഖലാവ്യാസാർധം
Recrystallisation	:	പുനർ ക്രിസ്റ്റലീകരണം
Rectangular pattern	:	ചതുരാകാര വിന്യാസം
Redshift	:	ചുവപ്പ് ദിശാ സ്ഥാനഭ്രംശം
Regolith	:	റെഗോലിത്ത്
Relict mountain	:	അവശിഷ്ടപർവ്വതം
Relief	:	ഉന്നതി
Residual Soil	:	അവശിഷ്ടമൃത്തിക
Retrograde rotation	:	ഗതീയഭ്രമണം പ്രതിലോമഗമനം
Rift valley (graben)	:	ഭ്രംശതാഴ്വര
Rill	:	ചെറുനീർച്ചാൽ
Rip current	:	കടലിലേയ്ക്ക് വലിച്ചെടുക്കുന്ന ജല പ്രവാഹം
River course	:	നദീമാർഗം
River confluence	:	നദീസംഗമം
River mouth	:	നദീമുഖം
Roche mountonnee or sheep rock	:	റോഹ്ഷ് മുട്ട്ണെ/ അജാകാര ശില
Rock flows	:	ശിലാപ്രവാഹം, റോക്ക് ഫ്ളോ
Rock salt	:	ഉപ്പുപാറ
Root wedging	:	വൃക്ഷമൂലവിസ്ഥാപനം
Rotational slide	:	വർത്തുളാകാര വഴുതൽ
Runoff	:	മേലൊഴുക്ക്
Salinity	:	ലവണത്വം
Saltation	:	ചാടിച്ചാടിയുള്ള ഗമനം
Sand dune	:	മണൽമേട്
Sea arch	:	കടൽ കമാനം
Sea floor spreading	:	സമുദ്രതട വ്യാപനം

Sea level change : സമുദ്രജല വിതാന വ്യതിയാനം
Sea mount : കടൽക്കുന്ന്, സമുദ്രാന്തർകുന്ന്
Sea shore : കടൽ തീരം
Sea stack : കടൽസ്തംഭം
Sea urchin : കടൽചേന
Sea weed : കടൽ പായൽ
Seashore : കടൽത്തീരം
Sequential stage : അനുക്രമീക ഘട്ടം
Shear boundary : ഛേദക സീമ
Sheet erosion : പാളികാപരദനം
Sheet flow : പാളികാപ്രവാഹം
Singularity : ഏകത്വം
Sinkhole : നിമ്നീകൃതഗർത്തങ്ങൾ
Slide : വഴുതൽ
Slope : ചരിവുതലം
Slope process : ചരിവുതലപ്രക്രിയ
Slump : ഇടിഞ്ഞു താഴ്ച
Snowfall : ഹിമപാതം
Snowfield : മഞ്ഞുപാടം
Snowline : ഹിമരേഖ
Soil : മൃത്തിക, മണ്ണ്
Soil flow : മൃത്തികാപ്രവാഹം
Soil horizon : മൃത്തികാമണ്ഡലം
Soil profile : മൃത്തികാപരിഛേദം
Solar system : സൗരയൂഥം
Solar wind : സൗരക്കാറ്റ്
Specific gravity : ആപേക്ഷിക ഗുരുത്വം
Spheroidal weathering : ഗോളീയ അപക്ഷയം
Spit : കടലോര മണൽത്തിട്ട
Splash erosion : തെറിക്കൽ അപരദനം/സ്പ്ലാഷ് ഇറോഷൻ
Springs : നീരുറവ
Streak : പൊടിനിറം
Stream ordering : നദീയശ്രേണീകരണം
Structural geology : ഘടനാഭൂവിജ്ഞാനീയം
Subduction zone : നിമജ്ജന മേഖല
Sublimation : ഉത്പാതനം
Submarine canyon : സമുദ്രാന്തർ താഴ്വര
Subsidence : ഇടിഞ്ഞു താഴൽ
Surface currents : ഉപരിതല പ്രവാഹങ്ങൾ
Suspended load : താങ്ങുഭാരം
Suspension : വായുവിൽ തങ്ങിനിൽക്കൽ
Symmetry : സിമറ്റ്റി, സമമിതീയ
Table mount : പീഠക്കുന്ന്
Tarn : ടാൺ / ഹിമാനീകൃത തടാകം
Tensional stress : വലിവുബലം

Terrestrial planet	:	ഭൗമ ഗ്രഹങ്ങൾ
Terrigenous	:	കരജന്യം
Tides	:	വേലികൾ (വേലിയേറ്റയിറക്കങ്ങൾ)
Till	:	ഹിമാനീകൃത ശിലാഖണ്ഡ നിക്ഷേപം
Topography	:	സ്ഥലാകൃതി / ഭൂപ്രകൃതി
Topples	:	കീഴ്മേൽ മറിച്ചിൽ
Traction	:	കണികകളുടെ ഉരുളലും നിരങ്ങി നീങ്ങലും
Transform faults	:	ട്രാൻസ്ഫോം - ഭ്രംശനങ്ങൾ
Translational slide	:	നിരപ്പ്തല വഴുതൽ
Transparency	:	സുതാര്യത
Transportation	:	വഹനം, കൊണ്ട് പോകൽ
Transportation capacity	:	വഹനക്ഷമത
Transported soil	:	വഹിത മണ്ണ്
Transverse dune	:	അനുപ്രസ്ഥ മണൽമേട്
Trellis pattern	:	ജാലികാവിന്യാസം
Tributary	:	പോഷകനദി
Triple junction	:	ത്രിമുഖ സന്ധി
Ultimate stage	:	അന്തിമ ഘട്ടം
Ultimate base level	:	ആത്യന്തിക അടിസ്ഥാനവിതാനം
Unconfined aquifer	:	സ്വതന്ത്രജലഭൃതം, അൺകൺഫൈൻഡ് അക്വിഫെർ
Unconsolidated	:	ദൃഢീകരിക്കാത്ത, അസംഘടിത
Upwelling	:	ഊർധ്വദിശാധാര/ഊർധ്വദിശാ പ്രവാഹം, അപ്‌വെല്ലിംഗ്
Valley glacier	:	താഴ്‌വാര ഹിമാനി
Viscosity	:	ശ്യാനത
Volcanic eruption	:	അഗ്നി പർവ്വത ഉത്സർജനം
Volcanic mountain	:	അഗ്നിപർവ്വതം
Water table	:	ജലപീഠം, വാട്ടർ ടേബിൾ
Waterfall	:	വെള്ളച്ചാട്ടം, ജലപാതം
Wave base	:	തരംഗപാദം
Waves	:	തിരമാലകൾ
Weather	:	ദിനാവസ്ഥ
Weathering	:	അപക്ഷയം
Youthful stage	:	യൗവ്വനാവസ്ഥ, യുവത്വം
Zone of aeration	:	വായുപൂരിത മേഖല
Zone of life	:	ജീവമേഖല
Zone of saturation	:	ജലപൂരിതമേഖല

REFERENCE

1). Cornelis Klein and Barbara Dutrow, The Manual of Mineral Science, Wiley Publication 2007.

2). Press, F., Siever, R., Grotzinger, J. and Jordan, T.H., 2004, Understanding Earth, 5th Edn. W.H. Freeman, 567 p.

3). Tarbuck, E.J. and Lutgens, F.K., 2006, Earth Science, 10th or 9th Edn. Pearson Prentice Hall, New Jersey, 726 p.

4). Duff, P.McL.D. editor, 1992, Holme's Principles of Physical Geology, ELBS – Chapman Hall, 791p.

5). Skinner, B.J., Porter, S.C. and Park, J., 2003, The Dynamic Earth: An Introduction to Physical Geology [With CDROM], John Wiley & Sons, 631 p.

6). Skinner, B.J., 2010, The Blue Planet: An Introduction to Earth System Science, John Wiley & Sons, 592 p.

7). Kearey, P., Klepeis, K.A., and Vine, F.J., 2009, Global Tectonics, 3rd Edn. Wiley-Blackwell, Oxford, 482 p.

8). Moores, E.M. and Twiss, R.J., 1995, Tectonics, W.H. Freeman, New York, 415 p.

9). Condie, K.C., 1997, Plate tectonics and crustal evolution, 4th Edn. Butterworth-Heinemann, Oxford, 294 p.

10). Thornbury W.D., Principles of Geomoprphology, John Wiley.

11). Don Leet, & Sheldon Judson, (1960), Physical Geology, Prentice Hall & Co.,

12). Gorshkov, G and A.Yakushova, A (1967).Physical Geology, Mir publishers, Moscow

13). Spencer, E.V (1962), Basic concepts of physical Geology, Oxford & IBH,

14). Klein, C., 2002, The Manual of Mineral Science, 22nd Edn. John Wiley & Sons, 641 p. 15) . Nesse, W.D., 2000, Introduction to Mineralogy, Oxford University Press, New York, 442 p.

16). Read H.H 'Rutley's Elements of Mineralogy. 26th Ed CBS Pub. New Delhi

17). Bloom, A.L. 1998. Geomorphology: A systematic Analysis of Late Cenozoic Landforms (3rd Edition), Pearson Education, Inc.

18) . Kale, VS. and Gupta, A. 2001. Introduction to Geomorphology. Orient Longman Ltd.

19). Strahler, A.N. and Strahler, A.H. 1973. (Revised Ed.) Environmental Geoscience: interaction between natural systems and man. Hamilton Pub, USA.