

মরুভূমির ভূমিরূপ তৈরির ক্ষেত্রে যে কারণগুলি প্রভাব ফেলে, তা ভূ-আকারগত (geomorphological) দিক থেকে জলবায়ুগত, শিলাতাত্ত্বিক (lithological), জলবিজ্ঞান সম্পর্কিত, এবং বায়বীয় (aeolian) উপাদানগুলির একটি জটিল আন্তঃক্রিয়া দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। এই কারণগুলিকে নিম্নলিখিত প্রধান শ্রেণীতে ভাগ করে বিশ্লেষণ করা যেতে পারে:

১. জলবায়ু ও পরিবেশগত নিয়ন্ত্রকসমূহ (Climatic and Environmental Controls)

মরুভূমি অঞ্চলের ভূমিরূপ বিবর্তনের মৌলিক ভিত্তি হলো এখানকার শুষ্ক জলবায়ু, যা বার্ষিক স্বল্প বৃষ্টিপাত এবং বাষ্পীভবনের হারের তুলনায় বৃষ্টিপাতের হার কম হওয়ার দ্বারা চিহ্নিত।

- স্বল্প ও তীব্র বৃষ্টিপাত (Low and Intense Precipitation):** মরুভূমি অঞ্চলে বৃষ্টিপাত বিরল হলেও, যখন এটি ঘটে, তখন তা প্রায়শই অল্প সময়ের মধ্যে প্রচুর পরিমাণে (যেমন, কয়েক সেন্টিমিটার) পড়ে। এই তীব্রতা ফ্লাশ ফ্লাড বা আকস্মিক বন্যার সৃষ্টি করে, যা অল্প সময়ে বৃহৎ পরিমাণ পলল স্থানান্তরে অত্যন্ত কার্যকর।
- উদ্ভিজ্জ আবরণের অভাব (Paucity of Vegetative Cover):** জলের অভাবের কারণে এই অঞ্চলে উদ্ভিজ্জ আবরণ উল্লেখযোগ্যভাবে কম থাকে। এই অনুপস্থিতি ভূমি পৃষ্ঠের স্থায়িত্ব কমিয়ে দেয়, ফলে প্রবাহিত জল এবং বায়ুর দ্বারা ভূমিক্ষয়ের সম্ভাবনা বহুলাংশে বৃদ্ধি পায়।
- আবহবিকার প্রক্রিয়া (Weathering Processes):** শুষ্ক পরিবেশে জলের অভাব থাকায়, রাসায়নিক আবহবিকার (chemical weathering) হ্রাসপ্রাপ্ত থাকে। এর বিপরীতে, যান্ত্রিক (physical or mechanical) আবহবিকার প্রাধান্য লাভ করে। গুরুত্বপূর্ণ যান্ত্রিক প্রক্রিয়াগুলির মধ্যে রয়েছে লবণ ফাটল (salt wedging), তাপীয় প্রসারণ (thermal expansion), তুহিন ফাটল (frost wedging), এবং উদ্ভিদের শিকড়ের কাজ। যান্ত্রিক আবহবিকার মরুভূমির বালির উৎস হিসাবে কাজ করে।
- মরুভূমির অবস্থান (Geographic Location):** মরুভূমিগুলি প্রধানত সাবট্রপিক্যাল উচ্চ চাপযুক্ত বায়ু রাশিতে (Subtropical high pressure air masses) এবং মহাদেশীয় অভ্যন্তরীণ অঞ্চলে (Mid-latitude deserts) গঠিত হয়। এছাড়া, ওরোগ্রাফিক প্রভাব বা বৃষ্টি-ছায়া অঞ্চলগুলিও (Rain Shadow deserts) শুষ্কতার সৃষ্টি করে।

২. নদীজ প্রক্রিয়া ও শিলাতাত্ত্বিক কারণসমূহ (Fluvial Processes and Lithological Factors)

বায়বীয় প্রক্রিয়া দৃশ্যত প্রভাবশালী হলেও, বালিয়াড়ি ক্ষেত্র ব্যতীত মরুভূমির অধিকাংশ ভূদৃশ্য প্রায় সম্পূর্ণরূপে চলমান জল (running water) দ্বারা সৃষ্ট হয়।

- নদীজ ক্ষয়কারী বৈশিষ্ট্য (Fluvial Erosional Features):** মরুভূমির নদীপথগুলি সাধারণত ক্ষণস্থায়ী স্রোত (ephemeral streams) দ্বারা চিহ্নিত, যাদের স্থানীয় নাম ওয়াডি (Wadis), আরয়োস (arroyos), বা ওয়াশেস (washes)। এইগুলি হলো শুষ্ক নদী উপত্যকা যেখানে জলের প্রবাহ অনিয়মিত। যখন এই জল তীব্রভাবে উল্লম্ব ক্ষয় ঘটায়, তখন খাড়া পার্শ্বযুক্ত গভীর গিরিখাত বা ক্যানিয়ন গঠিত হয়।
- ভেদাভেদমূলক ক্ষয় (Differential Erosion):** মরুভূমির ভূদৃশ্যের অন্যতম বৈশিষ্ট্যপূর্ণ গঠন, যেমন মেসা-অ্যান্ড-স্কার্প ভূখণ্ড (Mesa-and-Scarp Terrain), শিলা স্তরগুলির কাঠিন্যের পার্থক্যের উপর নির্ভর করে।
 - এই ভূখণ্ডে, সাধারণত সমতল পাললিক শিলা স্তরগুলির মধ্যে ক্ষয় প্রতিরোধের তারতম্য থাকে।
 - প্রতিরোধী শিলা স্তরগুলি (যেমন বেলেপাথর বা চুনাপাথর) ক্যাপ রক (cap rocks) হিসাবে কাজ করে, যা নীচের নরম শিলাগুলিকে রক্ষা করে।

- এই প্রক্রিয়ার ফলে মালভূমি (Plateau), মেসা (Mesa - elongated/table-like), বুটে (Butte - round/oval), এবং পিনাকেল (Pinnacle - tower-like erosional remnants) গঠিত হয়।

3. **সঞ্চয় স্থান এবং প্রক্রিয়া (Depositional Sites and Mechanisms):** পর্বতশ্রেণীর পাদদেশে গঠিত **পিয়েডমন্ট অঞ্চল (Piedmont Zone)** ক্ষয়প্রাপ্ত পলি জমার প্রধান স্থান।

- পর্বত থেকে বেরিয়ে আসা শ্রোতের গতি কমে গেলে পলল পাখা (Alluvial Fans) গঠিত হয়।
- সন্নিহিত পলল পাখাগুলি একত্রিত হয়ে বাজাদা (Bajada) নামক একটি বৃহৎ "পাখা আচ্ছাদন" তৈরি করতে পারে।
- অভ্যন্তরীণ নিষ্কাশন অববাহিকার (interior drainage) সর্বনিম্ন অংশে, অস্থায়ী বৃষ্টিপাতের ফলে প্লায়া হ্রদ (Playa lake) গঠিত হয়। দ্রুত বাষ্পীভবনের মাধ্যমে এই হ্রদগুলি শুকিয়ে প্লায়া বা সল্ট প্যান (salt pan) তৈরি করে, যা প্রায়শই লবণের উচ্চ ঘনত্বযুক্ত ইভাপোরাইট (evaporites) দ্বারা গঠিত হয়।

৩. **বায়বীয় প্রক্রিয়া এবং উপাদান নিয়ন্ত্রণ (Aeolian Processes and Material Control)**

বায়ু (wind), বায়ুমণ্ডলীয় চাপের পার্থক্য থেকে উদ্ভূত শক্তি হিসাবে, মরুভূমির ভূমিরূপ নির্মাণে ভূমিকা রাখে:

1. **বায়ু দ্বারা ক্ষয় প্রক্রিয়া (Wind Erosion Mechanisms):**

- **ডিফলেশন (Deflation):** বায়ু যখন আলগা, সূক্ষ্ম কণা (যেমন কাদামাটি, পলি এবং সূক্ষ্ম বালি) অপসারণ করে, তখন এই প্রক্রিয়াকে ডিফলেশন বলে। ডিফলেশন অববাহিকা বা ব্লোআউট (blowouts) তৈরি হতে পারে, যার গভীরতা **জলস্তর (water table)** দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়।
- **মরুভূমি আবরণ (Desert Pavement):** ডিফলেশন যখন সূক্ষ্ম উপাদানগুলিকে সরিয়ে দেয়, তখন পৃষ্ঠের উপর মোটা নুড়ি এবং বোন্ডারের একটি স্তর পড়ে থাকে, যা মরুভূমি আবরণ (Reg) নামে পরিচিত।
- **ঘর্ষণ (Abrasion):** বায়ুবাহিত বালি এবং পলি শিলা পৃষ্ঠকে ঘর্ষণ করে (sandblasting effect)। এই প্রক্রিয়াটি শিলায় গর্ত সৃষ্টি, খোদাই বা মসৃণতা ঘটায়। ঘর্ষণ দ্বারা আকৃতির পাথরগুলিকে **ভেন্টিফ্যাক্টস (Ventifacts)** বলা হয়। বায়ুর ক্ষয়কারী প্রভাব সাধারণত ভূপৃষ্ঠের কাছাকাছি (এক মিটার পর্যন্ত) সবচেয়ে তীব্র হয়।
- **বৃহৎ ক্ষয়কারী আকার (Large Erosional Forms):** ঘর্ষণ এবং ডিফলেশন সম্মিলিতভাবে ইয়ারডাং (Yardangs) তৈরি করে—যা বাতাসের দিকে সমান্তরালভাবে সারিবদ্ধ লম্বা শৈলশিরা। এছাড়াও, **জিওজেন (Zeugens)** বা **মাশরুম শিলা (Pedestal Rocks)** গঠিত হয় যেখানে নরম স্তরগুলি ক্ষয়প্রাপ্ত হয়ে প্রতিরোধী শিলাগুলিকে মাথার মতো ধরে রাখে।

2. **বালিয়াড়ি গঠনের নিয়ন্ত্রকসমূহ (Controls of Dune Formation):** বালিয়াড়ি (Dunes) এবং ড্রাস (Draas) হলো বাতাসের সঞ্চয়ের ফলে সৃষ্ট প্রধান ভূমিরূপ। এই ভূমিরূপগুলির আকার, আকৃতি এবং বিন্যাস প্রধানত তিনটি কারণ দ্বারা নির্ধারিত হয়:

- **বালির সরবরাহ (Sand Supply):** বালির পরিমাণ একটি অপরিহার্য ফ্যাক্টর। বালির উৎস হতে পারে নদীজ পলি, আবহবিকারের উপাদান, এবং পুরাতন বালিয়াড়ি ক্ষেত্র। প্রচুর বালির সরবরাহ ট্রান্সভার্স টিলা (Transverse dunes) গঠনে সহায়ক। সীমিত বালির সরবরাহ বারখান (Barchan) টিলা সৃষ্টি করে।
 - **বায়ুর দিক ও গতি (Wind Direction and Velocity):** বাতাসের দিক এবং শক্তি বালিয়াড়ির ধরণকে নির্ধারণ করে। ধ্রুবক বাতাসের দিক অনুদৈর্ঘ্য (Longitudinal) বা বারখান টিলা তৈরি করে। অত্যন্ত পরিবর্তনশীল বাতাসের দিক স্টার টিলা (Star dunes) তৈরি করে।
 - **উদ্ভিজ্জ আবরণ (Vegetation):** উদ্ভিদের উপস্থিতি টিলাগুলিকে স্থিতিশীল করে 'স্থির টিলা' (Fixed dunes) তৈরি করতে পারে। উদ্ভিজ্জ আবরণ প্যারাবোলিক টিলা (Parabolic dunes) গঠনে ভূমিকা রাখে, যেখানে টিলার শিংগুলি বাতাসের দিকে নির্দেশ করে।
3. **লোয়েস (Loess) সঞ্চয়:** বায়ু দ্বারা পরিবাহিত সবচেয়ে হালকা উপাদান, পলি ও কাদামাটি, বহুদূরে জমা হয়ে লোয়েস গঠন করে। এই সঞ্চয় মরুভূমি থেকে বা হিমবাহের আউটওয়াশ (glacial outwash) পলি থেকে আসতে পারে।

মরুভূমির ক্ষয়জনিত ভূমিরূপ:

শুষ্ক ও অর্ধ-শুষ্ক অঞ্চলের ভূ-আকারগত বিবর্তন সাধারণত জলবাহিত (fluvial) এবং বায়বীয় (aeolian) প্রক্রিয়াগুলির দ্বারা পরিচালিত হয়, যেখানে বার্ষিক বৃষ্টিপাতের হার কম এবং উদ্ভিজ্জ আবরণ সীমিত \। যদিও বায়ু দ্বারা সৃষ্ট ভূমিরূপগুলি মরুভূমির প্রতীক, জলপ্রবাহকে সাধারণভাবে ভূদৃশ্যের প্রধান আকারদাতা (main agent of erosion) হিসেবে গণ্য করা হয় \।

নিম্নলিখিত ক্ষয়জনিত ভূমিরূপগুলিকে তাদের প্রধান সৃষ্টিকারী প্রক্রিয়ার ভিত্তিতে বিশদভাবে বর্ণনা করা হলো:

I. জলবাহিত ক্ষয়জনিত ভূমিরূপ (Fluvial Erosional Landforms)

মরুভূমিতে বৃষ্টিপাত বিরল হলেও, যখন ঘটে, তখন তা প্রায়শই তীব্র হয়, যার ফলে আকস্মিক বন্যা (flash floods) হয়, যা ভূমি ক্ষয়কে তীব্র করে \। উদ্ভিজ্জ আবরণের অভাবের কারণে ক্ষয়ের সম্ভাবনা আরও বৃদ্ধি পায় \।

A. উল্লম্ব কর্তন ও সমতলীকরণ বৈশিষ্ট্য (Incisional and Planation Features)

1. ওয়াডি (Wadis), আরয়োস (Arroyos), বা ওয়াশেস (Washes):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** এগুলি হলো শুষ্ক নদী উপত্যকা বা গভীর, খাড়া পার্শ্বযুক্ত গিরিখাত, যেখানে জলের প্রবাহ হয় ক্ষণস্থায়ী বা অনিয়মিত (infrequent) \। এগুলি কয়েক মিটার থেকে শত শত কিলোমিটার দীর্ঘ হতে পারে \। যুক্তরাষ্ট্রে এগুলিকে আরয়োস (arroyos), ওয়াশেস, বা কাউলিস (coulees) বলা হয়; দক্ষিণ আফ্রিকায় ডোঙ্গা (donga) এবং ভারতে নাল্লাহ (nullah) বলা হয় \।
- **উদাহরণ:** আরব মরুভূমির ওয়াডি রাম (Wadi Rum) এবং ওয়াডি বনি খালিদ (Wadi Bani Khalid) এই ধরনের কাঠামোর উদাহরণ \।

2. ক্যানিয়ন (Canyons):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** মরুভূমি অঞ্চলে প্রবাহিত জলের উল্লম্ব (vertical or downward) ক্ষয়ক্রিয়ার ফলে সৃষ্ট ওয়াডিগুলির খাড়া পার্শ্বযুক্ত গভীরতর সংস্করণ হলো ক্যানিয়ন \।

3. ব্যাডল্যান্ড টপোগ্রাফি (Badland Topography):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** শুষ্ক অঞ্চলে জটিল রিল (rilling) এবং নালা (gullying) দ্বারা ক্ষয়প্রাপ্ত বন্ধুর ও উষ্ম ভূখণ্ডকে ব্যাডল্যান্ড টপোগ্রাফি বলে \। এই ধরনের ভূমিরূপগুলি সাধারণত অনুভূমিক (horizontal) শিলাস্তর, যেমন দ্রবলভাবে সংহত শেল (shale) এবং কাদামাটি (clay) দ্বারা গঠিত অঞ্চলে দেখা যায়, যা দ্রুত ক্ষয় ও ফাটল সৃষ্টির প্রবণতা দেখায় \।

4. পেডিমেন্ট (Pediments):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** পেডিমেন্ট হলো ক্ষয়জনিত শিলাস্তর (erosional bedrock surfaces) যা পর্বতশ্রেণীর পাদদেশ থেকে মুহূর্তে হয়ে বাইরের দিকে বিস্তৃত হয় \। এগুলি সাধারণত অবতল-উর্ধ্বগামী (concave up) ঢালযুক্ত র‍্যাম্প হিসাবে পর্বতশ্রেণীর সম্মুখভাগ থেকে প্রসারিত হয় \। পেডিমেন্টগুলি সাধারণত পললের একটি পাতলা স্তর দ্বারা আবৃত থাকে \।

B. অবশিষ্ট রিলিফ বৈশিষ্ট্য (Differential Erosion Landforms)

মরুভূমির একটি প্রধান বৈশিষ্ট্য হলো মেসা-অ্যান্ড-স্কার্প ভূখণ্ড (Mesa-and-Scarp Terrain), যা অনুভূমিক পাললিক শিলা স্তরগুলিতে ক্ষয় প্রতিরোধের তারতম্যের (alternating resistances to erosion) ফলে গঠিত হয় \। প্রতিরোধী শিলা স্তরগুলি ক্যাপ রক (cap rocks) হিসাবে কাজ করে \।

1. মালভূমি (Plateau):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** একটি বিস্তৃত, উঁচু, সমতল চূড়াবিশিষ্ট এলাকা, যা আশেপাশের জমি থেকে উঁচু হয়ে থাকে এবং সাধারণত বিশিষ্ট খাড়া ঢাল (escarpments or scarps) দ্বারা সীমাবদ্ধ থাকে \। এগুলিকে মেসার চেয়ে বড় "টেবিলল্যান্ড" হিসাবে বিবেচনা করা হয় \।

2. মেসা (Mesa):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** এটি একটি দীর্ঘায়িত বা টেবিলের মতো, সমতল-শীর্ষের ভূমিরূপ যা চারদিকে খাড়া ঢাল বা ক্লিফ দ্বারা সীমাবদ্ধ \। মেসাগুলি প্রায়শই বেলেপাথর বা চুনাপাথরের মতো প্রতিরোধী শিলা দ্বারা আবৃত থাকে \।

3. বুটে (Butte):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** গোলাকার/ডিম্বাকৃতি (round/oval shaped), সমতল-শীর্ষের বৈশিষ্ট্য যা বৃহত্তর মেসার ক্ষয়প্রাপ্ত অবশিষ্ট অংশ \।

4. পিনেকলস (Pinnacles):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** এগুলি হলো শিলার মিনার-সদৃশ (tower-like spires) ক্ষয়জনিত অবশিষ্ট অংশ, যা সাধারণত ক্যাপ-রক দ্বারা সুরক্ষিত থাকার কারণে গঠিত হয় \।

5. ইনসেলবার্গ (Inselbergs):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** এটি একটি ক্ষয়-প্রতিরোধী শিলা ভর (erosionally resistant rock mass), যার জার্মান অর্থ "দীপ পর্বত" \। যখন আশেপাশের সহজে ক্ষয়প্রাপ্ত উপাদানগুলি অপসারিত হয়ে যায়, তখন এটি সমতল ভূমির উপরে দৃশ্যমান হয় \। বনহার্ডট (Bornhardtts) হলো ইনসেলবার্গের গোলাকার, প্রতিরোধী শিলা দ্বারা গঠিত উদাহরণ \।
- **উদাহরণ:** অস্ট্রেলিয়ার উলুরু (Uluru/Ayers Rock) একটি বিখ্যাত ইনসেলবার্গ \।

II. বায়বীয় ক্ষয়জনিত ভূমিরূপ (Aeolian Erosional Landforms)

বায়বীয় প্রক্রিয়া শব্দটি বায়ু দ্বারা সূক্ষ্ম পলল (fine sediment up to sand size) পরিবহণের প্রক্রিয়া বর্ণনা করতে ব্যবহৃত হয় \। বাতাসের ক্ষয়কারী প্রভাব ভূপৃষ্ঠের কাছাকাছি (এক মিটার পর্যন্ত) সবচেয়ে শক্তিশালী হয় \। বায়ুর ক্ষয় প্রধানত দুটি প্রক্রিয়া—ডিফলেশন (Deflation) এবং ঘর্ষণ (Abrasion)—দ্বারা ঘটে \।

A. ডিফলেশন বৈশিষ্ট্য (Removal/Deflation Features)

ডিফলেশন হলো শিয়ার ফোর্সের মাধ্যমে ভূপৃষ্ঠের আলগা পলল অপসারণের প্রক্রিয়া \।

1. ব্লোআউট বা ডিফলেশন বেসিন (Blowouts/Deflation Hollows):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** এগুলি হলো ভূ-পৃষ্ঠের সেই স্থান, যেখানে বায়ু নির্বাচনীভাবে (selectively) আলগা অসংহত (unconsolidated) পললের সূক্ষ্ম দানাদার অংশগুলিকে অপসারণ করে গর্ত বা অবনমন তৈরি করে \। এগুলি কিলোমিটারব্যাপী প্রশস্ত বা কয়েক মিটার প্রশস্ত হতে পারে \। ডিফলেশনের গভীরতা জলস্তর (water table) দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়; জলস্তর ভেদ হলে সেখানে মরুদ্যান (oasis), জলাভূমি, বা লবণাক্ত খাদ (pan) তৈরি হয় \।

2. ডেজার্ট পেভমেন্ট (Desert Pavement) বা রেগ (Reg):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** যখন বায়ু সূক্ষ্ম দানাদার পললগুলিকে অপসারিত করে, তখন ভূপৃষ্ঠে নুড়ি, কঙ্কর এবং বোন্ডারের একটি স্তর পড়ে থাকে, যা মরুভূমি আবরণ বা ডেজার্ট পেভমেন্ট নামে পরিচিত \। এই মোটা স্তরটি নিচের উপাদানগুলিকে আরও ক্ষয় থেকে রক্ষা করে \। Reg শব্দটি আরবিতে "পাথর" বোঝায় \। এই স্তরটি খুব ঘনভাবে সন্নিবিষ্ট কঁাকরের একটি পাতলা পৃষ্ঠস্তর \।

3. হামাদা (Hammada):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** হামাদা হলো উন্মুক্ত শিলাস্তর বা সিমেন্টেড পাললিক উপাদান দ্বারা গঠিত একটি পৃষ্ঠ, যা বালি অপসারিত হওয়ার পরে প্রকাশিত হয় \। Hamada শব্দটি আরবিতে "শিলা" বোঝায় \।

B. ঘর্ষণ বৈশিষ্ট্য (Abrasion Features)

ঘর্ষণ হলো বায়ুবাহিত বালি ও পলি দ্বারা শিলা পৃষ্ঠের যান্ত্রিক ক্ষয় বা ক্ষোদন (scour), যা স্যান্ডব্লাস্টিংয়ের মতো কাজ করে \।

1. ভেন্টিফ্যাক্টস (Ventifacts):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** এগুলি হলো শিলা খণ্ড বা কঠিন শিলা পৃষ্ঠ যা বায়ুবাহিত পলল দ্বারা ঘষিত বা আকৃতির হয়েছে, যার ফলে শিলাগুলিতে গর্ত (pitting), খোদাই (etching), একাধিক ফলক (faceting), এবং মসৃণতা (polishing) দেখা যায়। আলাগা শিলা খণ্ডগুলি বিভিন্ন বাতাসের দিক বা শিলাখণ্ডের স্থান পরিবর্তনের কারণে ঘর্ষণের ফলে ফলকযুক্ত (faceted) আকার দেখাতে পারে।

2. ইয়ার্ডাং (Yardangs):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** ডিফলেশন এবং ঘর্ষণ দ্বারা সৃষ্ট একটি বৃহৎ মরুভূমির ভূমিরূপ। এগুলি হলো লম্বা, হুবিন্যস্ত শিলা শৈলশিরা, যা প্রবল বাতাসের দিকের সাথে সমান্তরালভাবে সারিবদ্ধ থাকে এবং নরম শিলায় কাটা করিডর বা নালা দ্বারা একে অপরের থেকে পৃথক হয় [100, 28, 89, 82]। ইয়ার্ডাংগুলি ক্ষুদ্র (কয়েক সেন্টিমিটার) থেকে মেগা-ইয়ার্ডাং (শত শত মিটার উচ্চতা) পর্যন্ত হতে পারে [90]।

3. জিউজেন/পেডেস্টাল রকস (Zeugens/Pedestal Rocks):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** জিউজেনগুলি হলো কঠিন শিলার সারণীসদৃশ ভর (tabular masses of harder rock) যা খাত বা ফাটল দ্বারা পৃথক করা থাকে [29, 12, 82]। এগুলি প্রায়শই মাশরুমের মতো আকৃতির শিলা, যা বায়ুবাহিত বালির ঘর্ষণ ক্রিয়ায় ক্ষয়প্রাপ্ত হয়। নরম স্তরগুলি দ্রুত ক্ষয়প্রাপ্ত হয়, ফলে উপরে প্রতিরোধী শিলার একটি অবশিষ্ট অংশ চওড়া টুপি এবং সরু কাণ্ডের আকারে রয়ে যায় [13]। রাসায়নিকভাবে দুর্বল হয়ে যাওয়া নরম স্তরগুলিকে বাতাস সহজেই ঘর্ষণ করে ক্ষয় করে দেয়।

4. উইন্ড ব্রিজ (Wind Bridges):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** প্রবল বাতাসের ক্রমাগত ঘর্ষণের ফলে শিলায় গর্ত (wind windows) সৃষ্টি হয়, যা আরও ক্ষয় এবং ডিফলেশনের মাধ্যমে প্রশস্ত হয়। যখন একটি তোরণ-সদৃশ (arch-like) কাঠামো তার মূলের দিকে অক্ষত থাকে, তখন তাকে উইন্ড ব্রিজ বলে।

5. ডেমোইজেস (Demoselles):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** ফরাসি শব্দ থেকে উদ্ভূত, যার অর্থ "পৃথিবীর স্তম্ভ" (Earth's Pillar) [84]। এই ভূমিরূপে একটি বোন্ডার ক্যাপ স্টোন হিসাবে কাজ করে, যা নীচের উপাদানগুলিকে আবহবিকার থেকে রক্ষা করে, ফলে একটি সরু স্তম্ভের শীর্ষে সুরক্ষিত অবস্থায় টিকে থাকে [84]।

6. ডেসার্ট ভার্নিশ (Desert Varnish):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** মরুভূমির শিলা পৃষ্ঠে দেখা যাওয়া একটি পাতলা, গাঢ় আবরণ (0.05–0.1 মিমি পুরু) যা আয়রন (Fe) এবং ম্যাঙ্গানিজ (Mn) এ সমৃদ্ধ [63]। আবহবিকার প্রতিরোধী শিলা, যেমন সূসংহত বেলেপাথর, এই ভার্নিশ ধারণে সবচেয়ে বেশি সংবেদনশীল [63]। এই আবরণের সৃষ্টিতে আর্দ্রতার ফিল্ম (বৃষ্টিপাত বা শিশির) প্রয়োজন হয়, যা Fe এবং Mn পরিবহন করে [64]।

মরুভূমির সঞ্চয়জনিত ভূমিরূপ:

আরিড (শুষ্ক) এবং সেমি-আরিড (অর্ধ-শুষ্ক) অঞ্চলে ভূমিরূপ গঠনের প্রক্রিয়াগুলি বায়বীয় (Aeolian) এবং জলবাহিত (Fluvial) সঞ্চয়কার্যের দ্বারা নিয়ন্ত্রিত হয়। যদিও মরুভূমির বিস্তীর্ণ এলাকা বালিয়াড়িতে আবৃত থাকে না [36, 46] এবং

জলবাহিত প্রক্রিয়াকে প্রধান ভূমি পরিবর্তনকারী শক্তি হিসেবে বিবেচনা করা হয় [4, 38, 48, 77, 105], বায়ু ও জল উভয়ই নির্দিষ্ট ও গুরুত্বপূর্ণ সঞ্চয়জনিত ভূমিরূপ তৈরি করে।

নিম্নলিখিত হলো বিভিন্ন ধরনের সঞ্চয়জনিত মরুভূমির ভূমিরূপের বিশদ বিবরণ:

I. বায়বীয় সঞ্চয়জনিত ভূমিরূপ (Aeolian Depositional Landforms)

বায়ু হলো একটি অত্যন্ত কার্যকর ছাঁকনকারী (sorting agent) [14, 79]। বাতাসের বেগ কমে গেলে বা কোনো বাঁধার সম্মুখীন হলে পলল জমা হতে শুরু করে [14, 106]। এই প্রক্রিয়া সাধারণত কাদামাটি, পলি এবং সূক্ষ্ম বালির আকারের উপাদানগুলিকে স্থানান্তরিত করে [10, 21]।

ক. বালিয়াড়ি এবং বৃহৎ সঞ্চয় কাঠামো (Dunes and Large Accumulations)

বালিয়াড়ি হলো বায়ুবাহিত আলগা বালির স্তুপ বা শৈলশিরা [24, 70]। বালিয়াড়ির আকার, আকৃতি এবং বিন্যাস প্রধানত বালির সরবরাহ, বাতাসের গতি ও দিক, এবং উদ্ভিজ্জ আবরণের পরিমাণের উপর নির্ভর করে [25, 29, 70, 82, 106]।

1. বারখান টিলা (Barchan Dunes):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** এগুলি একাকী অর্ধচন্দ্রাকৃতির (crescent shaped) টিলা, যার টিপ বা শিংগুলি (horns) বাতাসের নিম্নমুখী দিকে (downwind) নির্দেশ করে [18, 25, 44, 70, 86, 94]। টিলার অবতল দিকে (concave side) একটি খাড়া স্লিপ ফেস (slipface) থাকে [18, 24, 40]।
- **গঠন প্রক্রিয়া:** বারখান টিলা গঠিত হয় যেখানে বালির সরবরাহ সীমিত [71], বাতাসের দিক ধ্রুবক বা স্থির থাকে [71], এবং ভূমিতে উদ্ভিজ্জ আবরণ থাকে না [71]। এগুলি প্রায় ৩০ মিটার পর্যন্ত উচ্চতায় পৌঁছাতে পারে এবং প্রায় ৩০০ মিটার পর্যন্ত বিস্তৃত হতে পারে [71]। বারখান টিলার একটি উদাহরণ হলো টিউনিসিয়ার ছোট বারখানগুলি [18]।

2. অনুপ্রস্থ টিলা (Transverse Dunes):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** এগুলি হলো লম্বা শৈলশিরার একটি সারি, যা একে অপরের সমান্তরাল এবং প্রধান বাতাসের দিকের সাথে লম্বভাবে (perpendicular) সজ্জিত থাকে [25, 53, 86]।
- **গঠন প্রক্রিয়া:** এই টিলাগুলি সেই অঞ্চলে গঠিত হয় যেখানে বালির প্রচুর সরবরাহ থাকে এবং সামান্য বা কোনো উদ্ভিজ্জ আবরণ থাকে না [86]। এগুলি ঢেউয়ের মতো দেখতে, তাই কখনও কখনও স্যান্ড সি (sand seas) নামেও পরিচিত [86]। এগুলি উচ্চতায় ২০০ মিটার এবং প্রস্থে ৩ কিলোমিটার পর্যন্ত হতে পারে [86]। বালি সরবরাহের পরিমাণ বাড়লে বারখান টিলা থেকে অনুপ্রস্থ টিলায় রূপান্তর দেখা যেতে পারে [44, 70]।

3. অনুদৈর্ঘ্য টিলা (Longitudinal Dunes) / সেইফ টিলা (Seif Dunes):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** এগুলি হলো দীর্ঘ, সমান্তরাল শৈলশিরা যা প্রধান বাতাসের দিকের সাথে সমান্তরালভাবে (parallel) বিন্যস্ত থাকে [26, 53, 62, 86]।
- **গঠন প্রক্রিয়া:** এগুলি গঠিত হয় যখন বালির সরবরাহ কম থাকে এবং বাতাসের দিক স্থির থাকে [17], অথবা যেখানে ক্রস উইন্ডস (cross winds) একত্রিত হয় [17]। অনুদৈর্ঘ্য টিলা ৩ থেকে ১০০ মিটার

উচ্চতা এবং ১০০ কিলোমিটারের বেশি দৈর্ঘ্যের হতে পারে [৪৬]। *Seif* একটি আরবি শব্দ যার অর্থ “তলোয়ার টিলা” [৬২]।

৪. স্টার টিলা (Star Dunes):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** এগুলি হলো বালির পর্বতের মতো স্তুপ, যার একটি উঁচু কেন্দ্রবিন্দু থেকে তিনটি বা তার বেশি শাখা বা শৈলশিরা বাইরের দিকে প্রসারিত হয় [১৯, ২৫, ৬৩, ৮৭]। এগুলি উপর থেকে দেখলে তারার (star) মতো দেখায় [১৯]।
- **গঠন প্রক্রিয়া:** স্টার টিলা গঠিত হয় সেইসব অঞ্চলে যেখানে বায়ু উচ্চ পরিবর্তনশীলতার সাথে (highly variable) বিভিন্ন দিক থেকে প্রবাহিত হয়, অর্থাৎ কোনো একক প্রভাবশালী বাতাসের দিক থাকে না [১৯, ৪৪, ৫৪, ৮৭]। এগুলি পৃথিবীর সর্বোচ্চ টিলাগুলির মধ্যে গণ্য হতে পারে, যা ২২০ মিটার বা তার বেশি উঁচু হতে পারে [১৯, ৮৭]।

৫. প্যারাবোলিক টিলা (Parabolic Dunes) / ব্লোআউট টিলা (Blowout Dunes):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** এগুলি অর্ধচন্দ্রাকৃতির, কিন্তু বারখান টিলার বিপরীতে, এদের শিংগুলি বাতাসের ঊর্ধ্বমুখী দিকে (upwind) নির্দেশ করে [১৯, ২৫, ২৬, ৭১, ৮৭]।
- **গঠন প্রক্রিয়া:** প্যারাবোলিক টিলাগুলি সাধারণত উপকূলীয় অঞ্চলে দেখা যায় যেখানে বালি প্রচুর, প্রবল উপকূলীয় বাতাস থাকে এবং আংশিক উদ্ভিজ্জ আবরণ থাকে যা শিংগুলিকে স্থির রাখে [৮৭]।

৬. ড্রাস (Draas):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** এগুলি হলো বালির বিশাল স্তুপ [১৫]। যখন এগুলি একত্রিত হয়, তখন *এরগ* (erg) নামক একটি ভূমিরূপ তৈরি হয় [১৫]। *এরগ* হলো আরবি শব্দ, যার অর্থ বালির সমুদ্র [৬৭, ৬৮]। সাহারায়ে প্রায় বিশটি এরগ রয়েছে যা এর পৃষ্ঠের প্রায় ১৫% জুড়ে আছে [১৫]।

খ. দূরবর্তী সঞ্চয় বৈশিষ্ট্য (Distant Depositional Features)

১. লোয়েস (Loess):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** লোয়েস হলো বায়ুবাহিত পলি (silt) এবং কাদামাটির (clay) সঞ্চয় [২৩, ২৪, ৬৪, ৮২]। এটি ক্যালসাইট দ্বারা দ্রবলভাবে সিমেন্টেড থাকে এবং সাধারণত হলুদ বা হলুদে বাদামী রঙের হয় [২০, ২৪]।
- **গঠন প্রক্রিয়া:** Loess প্রধানত মরুভূমি বা হিমবাহের আউটওয়াশ (glacial outwash) থেকে আসা পলল থেকে তৈরি হয় [২৪, ৮২]। বায়ু লোয়েস উপাদানগুলিকে উৎস থেকে বহু দূরে বিশাল অঞ্চলে জমা করে [৮২]।

২. মরুভূমি আবরণ (Desert Pavement) / রেগ (Reg):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** মরুভূমি আবরণ হলো ভূপৃষ্ঠের উপর নুড়ি এবং বোন্ডারের একটি স্তর, যা আলগাভাবে সজ্জিত [২২, ২৮, ৬০, ৮১, ১০৫]। *Reg* শব্দটি আরবিতে “পাথর” বোঝায় [৬৮]।

- **গঠন প্রক্রিয়া:** এটি ডিফলেশন (Deflation) প্রক্রিয়ার ফলস্বরূপ গঠিত হয়, যেখানে বায়ু নির্বাচনীভাবে হ্রদ দানাদার উপাদানগুলিকে অপসারিত করে, এবং মোটা দানাগুলিকে পৃষ্ঠে রেখে যায়, যা নিচের উপাদানকে আরও ক্ষয় থেকে রক্ষা করে [22, 28, 41, 51, 81, 105]।

III. জলবাহিত সঞ্চয়জনিত ভূমিরূপ (Fluvial Depositional Landforms)

মরুভূমির ভূদৃশ্যে জলবাহিত ক্ষয় হলো প্রভাবশালী প্রক্রিয়া হলেও [4], ক্ষয়প্রাপ্ত উপাদানগুলি অভ্যন্তরীণ নিষ্কাশন অববাহিকার (internal drainage basins) মধ্যে জমা হয়, যা গুরুত্বপূর্ণ সঞ্চয়জনিত ভূমিরূপ তৈরি করে [4]।

1. পলল পাখা (Alluvial Fans):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** এগুলি হলো ফ্যানের (fan-shaped) মতো আকৃতির পলি সঞ্চয়, যা পর্বত থেকে নেমে আসা স্রোতগুলি যখন পিডমন্ট (piedmont) অঞ্চলে (পর্বতের পাদদেশে) প্রবেশ করে তখন গঠিত হয় [9, 20, 83, 108]। ঢাল কমে যাওয়ায় স্রোতের গতি এবং বহন ক্ষমতা হ্রাস পায়, ফলে পলি জমা হয় [8]।
- **অবস্থান:** পলল পাখাগুলি পিডমন্ট জোনে (পর্বতশ্রেণীর পাদদেশে) পাওয়া যায় [9, 67]।

2. বাজাদা (Bajadas):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** বাজাদা হলো পর্বতশ্রেণীর পাদদেশে গঠিত পললের প্রশস্ত আবরণ, যা সংলগ্ন পর্বত খাঁজ থেকে আসা একাধিক পলল পাথার সংযুক্তির ফলে তৈরি হয় [20, 84, 108]।

3. প্লায়া (Playa) / প্লায়া হ্রদ (Playa Lake):

- **সংজ্ঞা ও বৈশিষ্ট্য:** প্লায়া হলো একটি উষ্ণ, সমতল, এবং সাধারণত শুকনো এলাকা, যা অভ্যন্তরীণ নিষ্কাশন অববাহিকার সর্বনিম্ন অংশে অবস্থিত [42, 52]। এই অঞ্চলে বৃষ্টিপাতের ফলে সৃষ্ট ক্ষণস্থায়ী (ephemeral) হ্রদকে প্লায়া হ্রদ বলা হয় [10, 52, 74, 83, 109]। স্প্যানিশ ভাষায় *Playa* মানে "সৈকত" বা "তীর" [42, 109]।
- **গঠন প্রক্রিয়া:** প্রবল বাষ্পীভবনের (rapid evaporation) ফলে হ্রদটি দ্রুত শুকিয়ে যায় এবং লবণাক্ত হ্রদের তল বা *সল্ট প্যান* রেখে যায় [42, 52, 83, 109]। এই শুকিয়ে যাওয়া হ্রদের তলগুলিতে প্রায়শই কর্দম ফাটল (mud cracks) এবং লবণ সঞ্চয় দেখা যায় [27, 83, 109]।