ISSN 1605-7023

বাংলাদেশ লোক-প্রশাসন পত্রিকা
দশম বর্ষ সংখ্যা
কার্তিক ১৪১২/নভেম্বর ২০০৫

সুনামি: দুর্যোগের এক ভয়ঙ্কর রূপ

আফিয়া রহমান*
বণিক গৌর সুন্দর**

Abstract: *Tsunamis are surface gravity waves that are formed as the displaced water mass moves under the influence of gravity and radiate across the ocean like ripples on a pond. Earthquakes, mass movements above or below water, volcanic eruptions and other underwater explosions, landslides and large meteroite impacts all have the poetential to generate a tsunami. Tsunami act very differently from typical surf swells : they contain immense energy, propagate at high speeds and can travel great transoceanic distances with little overall energy loss. Tsunamis are not single waves; instead these are "wave trains" consisting of mulitiple waves. Tsunamis are formed by a vertical displacement of the water column. Wind generated waves, on the other hand, are formed when friction at the boundary layer between the atmosphere and water causes wrinkles to form in the top layer of the water body. While both wind generated waves and tsunami wave transfer energy throguh water, wind-generated waves transfer that energy only though the upper portion of the water column while tsunami transfer the energy through the entire water column, from the surface right down to the deep ocean floor. That's why wind generated waves are usually 'deep water waves' and Tsunami waves on the other hand are usually 'shallow water waves'. There may be several hours between tsunami creation and impact on a coast. In the context of Bangladesh there are many seismic faults in the plains around Dhaka and Chittagong Hill Tracts, which can cause earthquakes. According to experts, there is a long 600-kilometer seismic gap stretching from the Andaman Islands of the Bay of Bengal to Tekanf. The 200 km long continental shelf is extremely potential for generation of local tsunamis, which are more destructive than the regional tsunamis. Development of a rapid seismic observatory system and modern tide gauges are as on integral part of early warning system for tsunami. Thus the effects of a tsunami can range from unnoticeable to devastating so all the concerned organizations have to share earthquake and tsunami-related information and create mass awareness among the people to save human life.*

---

* গবেষণা কর্মকর্তা, বাংলাদেশ লোক-প্রশাসন প্রশিক্ষণ কেন্দ্র, সাভার ঢাকা।

** পরিচালক, বাংলাদেশ লোক-প্রশাসন প্রশিক্ষণ কেন্দ্র, সাভার, ঢাকা।

ভূমিকা

২০০৪ সালের ২৬ ডিসেম্বর সকাল বেলা, সমগ্র বিশ্ব ধ্বংসাত্মক এক সুনামির মুখোমুখি হয়। এই সুনামি ভারত মহাসাগরের উপকূলীয় বেশ কয়েকটি দেশ এর উপর ভয়ানক তাণ্ডবলীলা চালায়। সমুদ্র তলদেশীয় এই ভূমিকম্প গত ১০০ বছরের পৃথিবীর ইতিহাসে দ্বিতীয় বৃহত্তম এবং ৪০ বছরের মধ্যে সবচেয়ে শক্তিশালী ভূমিকম্প। রিখটার স্কেলে যার মাত্রা ছিল ৯.৩। ভূমিকম্প সূত্রপাত ঘটায় মারাত্মক অনেকগুলো ঢেউয়ের, যা পাখার আকৃতিতে (fanned out) ভারত মহাসাগরের উপকূল বিস্তৃত করেছে। উন্মত্ত এই ঢেউ ছড়িয়ে পড়েছিল ভারত মহাসাগর হতে হাজার হাজার কিলোমিটার দূরে, প্রাণ হারিয়েছিল ইন্দোনেশিয়া, থাইল্যান্ড, দক্ষিণ ভারত, মালদ্বীপ, শ্রীলঙ্কা এবং সোমালিয়ার ২,০০,০০০ (দুই লক্ষ) লোকের ও বেশি। এই দুর্যোগ নতুন কিছু নয়। বিশ্ব ইতিহাসে সুনামির আরও নজির খুঁজে পাওয়া যায়। ১৭৫৫ সালে পর্তুগালের লিসবনে সংঘটিত সুনামিতে মারা যায় প্রায় ৬০,০০০ লোক। ১৯৬০ সালে চিলিয়ান সুনামি (chilean Tsunami) এবং ১৯৬৪ সালে গুড ফ্রাইডে সুনামি (Good Friday Tsunami) আলাস্কা, ব্রিটিশ কলম্বিয়া, ক্যালিফোর্নিয়ায় আঘাত হেনেছিল। অতি সাম্প্রতিককালে ১৯৯৮ সালে পাপুয়া নিউগিনিতে সুনামি আঘাত হানে এবং এতে প্রাণ হারায় ২২০০ জন (হোসেন এবং রহমান, ২০০৫)। যদিও সুনামি নতুন কোন দুর্যোগ নয়, তথাপি এশিয়ান সুনামির ব্যাপকতা, ধ্বংসাত্মকতা ছিল অনেক বেশি।

পৃথিবীর মানুষ ও পরিবেশ পরস্পর সম্পর্কযুক্ত। জন্মের উষালগ্ন থেকে মানুষ তথা গোটা প্রাণী জগতের সাথে পরিবেশের সম্বন্ধ অতি নিবিড়, চিরন্তন ও অবিচ্ছেদ্য। কখনো এই পরিবেশ মানুষের পাশে বন্ধুত্বের হাত বাড়ায় কখনো আবার শত্রুর মত আচরণ করে। প্রায় প্রতি বছরই কোন না কোন প্রাকৃতিক দুর্যোগে ক্ষতিগ্রস্ত হয় বিশ্বের কোন না কোন দেশের অর্থনীতি সেই সঙ্গে প্রাণহানীর ঘটনাতো আছেই। মানুষকে কম বেশি প্রতি বছরই এ সব দুর্যোগ মোকাবেলা করে বেঁচে থাকতে হয়। প্রকৃতির বিরুদ্ধে নিরন্তর লড়াইয়ে অবতীর্ণ হতে হয়। প্রকৃতির সাথে লড়াই করে টিকে থাকাই মানুষের নিয়তি। বাংলাদেশ সমগ্র বিশ্বে প্রাকৃতিক দুর্যোগপ্রবণ এলাকাগুলোর মধ্যে একটি। আর তাই প্রাকৃতিক দুর্যোগ যখন হানা দেয় তখন মানুষের দুঃখ-কষ্টের কোন সীমা পরিসীমা থাকে না। চোখ বুজেই মানুষকে তখন সেই যাতনা সহ্য করতে হয়। মেনে নিতে হয় ক্ষয়ক্ষতির বাস্তবতা এবং প্রাণহানীর মত মর্মান্তিক ঘটনা।

বাংলাদেশ, ভূমিকম্প এবং সুনামির ঝুঁকিপ্রবণ এলাকার মধ্যে অবস্থিত। বাংলাদেশে কতগুলো ভূতাত্ত্বিক চ্যুতি রয়েছে যা এদেশে শক্তিশালী ভূমিকম্প ঘটাতে পারে বলে বিজ্ঞজনেরা মনে করছেন। তারমধ্যে একটি হচ্ছে সিলেট-মেঘালয় সীমান্ত এলাকার ডাউকি চ্যুতি (Dauki fault) এবং অপরটি চট্টগ্রাম উপকূলীয় এলাকার সীতাকুন্ড টেকনাফ চ্যুতি (ডেইলি স্টার, ২০০৫)। অধ্যাপক হুমায়ুন আকতার এর মতে

বাংলাদেশ শক্তিশালী একটি ভূমিকম্প ঘটার ঝুঁকির মধ্যে আছে যার মাত্রা হতে পারে ৮ রিখটার স্কেল। আর এই ভূমিকম্প যদি বঙ্গোপসাগরে সৃষ্টি হয় তবে তা সুনামিতে রূপান্তরিত হবে বলে তিনি সতর্কবাণী প্রকাশ করেন (ডেইলি স্টার, ২০০৫)।

সুনামি, সুনামি সৃষ্টির কারণ, ভূমিকম্প এবং সুনামির পার্থক্য, বাংলাদেশে এর ঝুঁকির প্রভাব ইত্যাদি বিষয় আলোচ্য প্রবন্ধে তুলে ধরা হয়েছে।

সুনামি বলতে কি বুঝায়

সুনামি হচ্ছে সমুদ্র তলদেশে প্রচণ্ড মাত্রার ভূমিকম্পের কারণে সৃষ্ট সামুদ্রিক ঢেউ। জলভাগ যেমন মহাসাগরে ব্যাপক মাত্রায় দ্রুতগতিতে স্থানচ্যুত হওয়ার ফলে সৃষ্ট কতগুলো ঢেউয়ের ক্রমই সুনামি নামে পরিচিত। ভূমিকম্প, বস্তুপিণ্ডের বিচলন, পানির উচ্চতা বৃদ্ধি বা কম, আগ্নেয়গিরির অগ্নুৎপাত এবং অন্যান্য ভূগর্ভস্থ পানির বিস্ফোরণ, ভূমিধ্বস এবং বড় মাপের উল্কাপাত-প্রতিটিরই সুনামি সৃষ্টির সম্ভাবনা রয়েছে। প্রত্যেকটিই পৃথকভাবে সুনামি সৃষ্টির কারণ হতে পারে এবং এর দ্বারা সৃষ্ট সুনামির ধ্বংসযজ্ঞের প্রভাব অবর্ণনীয়।

সুনামি জাপানী শব্দ- (Tsunami- "tsu" means harbour and "nami" means wave)। এর অর্থ হচ্ছে বন্দর এলাকার পোতাশ্রয়ে বিপুল জলোচ্ছ্বাস। শব্দটি জেলেদের দ্বারা সৃষ্ট যারা তাদের ধ্বংসপ্রাপ্ত-পোতাশ্রয়ে স্থান খুঁজতে গিয়ে বন্দরে ফিরে এসেছিল। যদিও তারা উন্মুক্ত জলরাশির উত্তাল ঢেউয়ের ব্যাপারে সচেতন ছিল না। জাপানী ইতিহাসে সুনামি খুবই পরিচিত, আনুমানিক ১৯৫টি সুনামি জাপানে আঘাত হেনেছিল (Source: Wikiepedia)।

সুনামিকে 'সিসমিক সী ওয়েভ' (seismic sea wave) নামেও কখনও নামকরণ করা হয়, যদিও আমরা দেখতে পাই যে, সুনামি ভূমিকম্প ছাড়াও অভ্যন্তরীণ কার্যসাধন পদ্ধতি (Internal mechanisms)র দ্বারা সৃষ্ট। সুনামিকে 'টাইডাল ওয়েভ' (Tidal wave) নামেও নামকরণ করা হয় কিন্তু এই শব্দটি ব্যবহার করা হয় না কারণ পৃথিবীর জোয়ার ভাটার সাথে এর কোনো সম্পর্ক নেই। সুনামি সংকেতবিহীনভাবে হঠাৎ করে সৃষ্টি হয়; তীব্রভাবে আঘাত করে উপকূলীয় জনগোষ্ঠীর উপর। তছনছ করে দেয় মানুষের নিত্যদিনকার জীবনযাত্রা।

সুনামির ভৌত বৈশিষ্ট্যাবলী

সুনামিসহ সকল ধরনের তরঙ্গেরই তরঙ্গদৈর্ঘ্য (Wavelength), উচ্চতা (Wave height), বিস্তার (Amplitude), নির্দিষ্ট সময়ে সংঘটনের হার (Frequency or period) এবং গতিবেগ (velocity) ইত্যাদি বৈশিষ্ট্যাবলী থাকে।

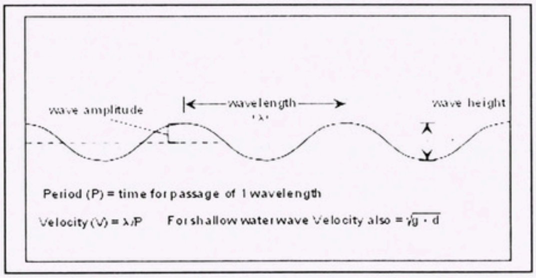
তরঙ্গদৈর্ঘ্য (Wavelength)

একটি তরঙ্গ চূড়া হতে অপর একটি তরঙ্গ চূড়ার মধ্যকার দূরত্বই হল তরঙ্গদৈর্ঘ্য (The wavelength of a wave pattern is the distance from one wave crest to the next one, Source: Google).

সুতরাং একটি তরঙ্গের দুটো অভিন্ন বিন্দুর (between wave crests or wave troughs) মধ্যকার দূরত্বই হল তরঙ্গদৈর্ঘ্য । সমুদ্রের স্বাভাবিক তরঙ্গের তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকে প্রায় ১০০ মিটার । সুনামির তরঙ্গদৈর্ঘ্য অনেক দীর্ঘ হয় যা কিলোমিটার-এ পরিমাপ করা হয় এবং এটি প্রায় ৫০০ কিলোমিটার পর্যন্ত হতে পারে ।

তরঙ্গ উচ্চতা (Wave height)

ঢেউয়ের চূড়া (Crest or peak of the wave) এবং অবতল অংশ বা খাদ (trough of the wave) এর মধ্যকার দূরত্বই তরঙ্গ-উচ্চতা ।



তরঙ্গবিস্তার (Amplitude)

তরঙ্গের উচ্চতা যখন স্থির পানির রেখা (still water line) কে অতিক্রম করে তখন তাকে তরঙ্গ বিস্তার বলে । অর্থাৎ তরঙ্গ বিস্তার বলতে বুঝায় স্থির পানির রেখা (still water line) এর উপর তরঙ্গের উচ্চতাকে । সাধারণত এটি ১/২ তরঙ্গ উচ্চতার সমান হয় । সুনামির বিভিন্ন ধরনের তরঙ্গ উচ্চতা ও তরঙ্গ বিস্তার রয়েছে যা পানির গভীরতার উপর নির্ভরশীল । সুনামির ক্ষেত্রে এক মুহূর্তেই সুনামির ব্যাপকতা পরিলক্ষিত হয় ।

তরঙ্গ সংঘটনের হার (Wave Frequency or period)

স্থির একটি বিন্দু (stationary point) অতিক্রম করতে একটি সম্পূর্ণ তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের (wave length) যে নির্দিষ্ট পরিমাণ সময় লাগে তাই হল তরঙ্গের ফ্রিকুয়েন্সী (wave frequency or period)

তরঙ্গের গতিমাত্রা (wave velocity)

তরঙ্গের দ্রুত গতি হচ্ছে এর গতিমাত্রা । সাধারণত মহাসাগরীয় তরঙ্গের গতিমাত্রা থাকে প্রায় ৯০ কি.মি./ঘণ্টা যেখানে সুনামির গতিমাত্রা হয় ৯৫০ কি.মি./ঘণ্টা পর্যন্ত

প্রায় জেট উড়োজাহাজ -এর মত গতিসম্পন্ন)। এটি অত্যন্ত দ্রুতগতিতে সাগর অববাহিকায় ছড়িয়ে পড়ে। তরঙ্গের গতিমাত্রাকে সমীকরণ-এ প্রকাশ করলে সমীকরণটি হবে এরকম-

$$\text{তরঙ্গের গতিমাত্রা} = \frac{\text{তরঙ্গদৈর্ঘ্য (wave length)}}{\text{তরঙ্গ সময় (wave period)}}$$

(Wave velocity)

অন্যান্য তরঙ্গের সাথে সুনামির পার্থক্য

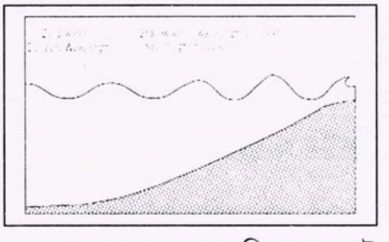
সুনামিকে অগভীর পানির তরঙ্গ (Shallow water wave) হিসেবে বিশেষভাবে চিহ্নিত করা হয়। আমরা অনেকেই সমুদ্র উপকূলে যে ঢেউ বা তরঙ্গ দেখে থাকি সুনামি সংগঠনের তরঙ্গ তার চাইতে ভিন্ন।

বায়ু দ্বারা সৃষ্ট তরঙ্গের সাধারণত পাঁচ থেকে ২০ সেকেন্ডের নির্দিষ্ট একটি সময় ব্যবধান থাকে (পর্যায় ক্রমিক দুটো ঢেউয়ের মধ্যকার সময় ব্যবধান) এবং তরঙ্গদৈর্ঘ্য থাকে ১০০ থেকে ২০০ মিটার। অন্যদিকে সুনামির সময় ব্যাপ্তি থাকে ১০ মিনিট থেকে ২ ঘণ্টা পর্যন্ত এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্য ৩০০ কিঃ মিঃ এর বেশি থাকে। যখন পানির গভীরতা এবং তরঙ্গ দৈর্ঘ্যের অনুপাত খুবই কম থাকে তখন তা অগভীর পানির ঢেউ হিসাবে পরিগণিত। অগভীর পানির গতিমাত্রা হল -

$V = \sqrt{gd}$; V = velocity of a shallow water wave

g = acceleration of gravity ($10\ m/sec^2$)

d = depth of the water



সুনামি সৃষ্টি হয় পানির কলামের উলম্বিক স্থানান্তর -এর মাধ্যমে। অপরদিকে বায়ুসৃষ্ট ঢেউগুলো তৈরি হয় যখন বায়ুমণ্ডল ও পানি- এ দুয়ের সীমারেখায় ঘর্ষণ বা সংঘর্ষ সৃষ্টি হয় যা জলভাগের উপরের স্তরে ক্ষুদ্র ক্ষুদ্র কুঞ্চন বা ভাঁজ তৈরি করে। যদিও বায়ুসৃষ্ট ঢেউ ও সুনামি উভয়েই পানির মধ্যে শক্তি ছেড়ে দেয় বা শক্তি রূপান্তরিত করে তবুও বায়ুসৃষ্ট ঢেউ, সেই শক্তি শুধুমাত্র পানির উপরের অংশেই রূপান্তর করে অন্য দিকে সুনামি পানির উপরিভাগ হতে গভীর সমুদ্র তলদেশ পর্যন্ত সমগ্র পানির কলামের (water column) দ্বারা শক্তির রূপান্তর ঘটায়। বায়ু চালিত ঢেউগুলো সাধারণত "Deep water waves" নামে পরিচিত। কারণ তরঙ্গের নিম্নাংশ জলভাগের তলদেশে পৌছাতে পারে না। আর সুনামি ঢেউগুলো "Shallow water waves" নামে পরিচিত। কারণ তরঙ্গের নিম্নাংশ সমুদ্রতলকে স্পর্শ করে অর্থাৎ সমুদ্রতল পর্যন্ত পৌছায় (Tsunami: 2004)।

সুনামি একটি মাত্র ঢেউ নয় বরং এতে সাত থেকে আটটি ঢেউ এর ক্রম থাকে। উন্মুক্ত সাগরে সুনামির উচ্চতা থাকে প্রায় এক মিটারের মত কিন্তু এটি যতই অগভীর পানির দিকে, উপকূলের দিকে এগিয়ে আসে ততই সুনামির উচ্চতা উঁচু থেকে উঁচুতর হতে থাকে যা প্রায় ৮৫ মিটারের মত।

একটি ঢেউ যে হারে তার শক্তি হারায় তা তরঙ্গদৈর্ঘ্যের সাথে ব্যস্তানুপাতে সম্পর্কযুক্ত। সুনামির বিস্তৃত তরঙ্গদৈর্ঘ্য খুব অল্প পারিমাণ শক্তিই হারায়। এতে করে গভীর পানিতে সুনামি খুব সামান্য শক্তি হারিয়ে তীব্র গতিতে সামনের দিকে এগিয়ে চলে। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, সমুদ্রের গভীরতা যখন ৬১০০ মিটার, সুনামির গতি তখন ৪৯০ কি.মি./ঘণ্টা হবে।

সুতরাং অন্যান্য ঢেউয়ের মত সুনামিও পানির গভীরতার ভিন্নতায় অর্থাৎ গভীর পানি ও অগভীর পানিতে ভিন্নরূপ হয়। গভীর সমুদ্রের পানিতে সুনামি তরঙ্গ ছোট কুঁজের ন্যায় আকৃতিতে, সামান্য মাত্রায় লক্ষণীয়, অক্ষতিকর হিসাবে দেখা যায় যা সাধারণত তীব্র গতিসম্পন্ন হয় ৫০০-১০০০ কি.মি./ঘণ্টা। উপকূলবর্তী অগভীর পানিতে সুনামির গতি ১০/১ কিঃমিঃ/ঘণ্টা ধীর হয়ে যায় কিন্তু সৃষ্টি করে ধ্বংসাত্মক তরঙ্গের। বিজ্ঞানীরা পরীক্ষা করে দেখেছেন যে ২৪ মিটার উচ্চতার তরঙ্গটি যখন উপকূলে আঘাত হানে তখন তরঙ্গ উচ্চতা হয় ৩০ মিটার এবং অভ্যন্তরীণ স্থলভাগের ব্যাপক ক্ষতিসাধন করে (Nelson, 2006)। সুনামির মূল কথা হচ্ছে ভূমিকম্পের সময় সমুদ্রতলের কয়েক মিটার আকস্মিক উলম্বিক বৃদ্ধির (Sudden vertical rise) ফলে ব্যাপক মাত্রায় পানি স্থানচ্যুত হয়ে যায়। এরই ফলশ্রুতি হল সুনামি।

সুনামি ও ভূমিকম্পের মধ্যে পার্থক্য

সুনামি এবং ভূমিকম্প পরস্পর সম্পর্কযুক্ত দুটো আলাদা বিষয়। সুনামি হচ্ছে সমুদ্র তলদেশে ভূমিকম্প অথবা অগ্নুৎপাত থেকে উদ্ভুত বিপুল সমুদ্রের তীব্রগতি সম্পন্ন সামুদ্রিক তরঙ্গাঘাত ও জলোচ্ছ্বাস। এর উৎপত্তি হয় ভূতাত্ত্বিক কারণে, ক্ষয়ক্ষতি হয় মূলত উপকূলীয় অঞ্চলে। অপরদিকে ভূগঠনিক (Techtonical) এবং বিশেষ ভূতাত্ত্বিক অবস্থানের জন্য ভূমিকম্প সংঘটিত হয়ে থাকে।

ভূঅভ্যন্তরের নিম্নভাগের ভিত্তিশিলার (Basement Rocks) মধ্যে সংঘর্ষের ফলে বিপুল (Energy) শক্তি জমতে থাকে এবং তা প্রবেশদ্বার অতিক্রম করে। ভূঅভ্যন্তরস্থ শিলাস্তরে সঞ্চিত শক্তি বের হয়ে (Release) যাবার সময় ক্রাস্টাল প্লেটসমূহের (Crustal Plates) প্রান্তদেশের ফোকাস অঞ্চলে বিপুল ভূআন্দোলন সংঘটিত হয়। ফোকাস-স্থল থেকে তরঙ্গাকারে একটি কম্পন বৃত্তাকারে সবদিকে ছড়িয়ে পড়ে ক্ষয়ক্ষতি ঘটিয়ে থাকে একেই ভূমিকম্প বলে। ফোকাসের ঠিক উপরিস্থানে (ভূতাত্ত্বিক ভাষায় একে বলে এপিসেন্টার) সবচেয়ে বেশি ক্ষতি হয়।

জোয়ার ভাটার সাথে সুনামি সংঘটনের কোনো সংযোগ থাকে না। সমুদ্রের তলদেশের ক্রাস্টাল প্লেটগুলোর সংঘর্ষের ফলে যে বিপুল শক্তি নির্গত হয় তা সমুদ্র তলদেশে ভূমিকম্পের সৃষ্টি করে। ভূমিকম্প থেকে নির্গত শক্তি সমুদ্রের বিশাল পানি রাশিকে নাড়িয়ে দেয়। সৃষ্টি করে তীব্র গতির সুনামি তরঙ্গের (Tsunami wave) যা সংঘটন স্থল থেকে ৫০০/৭০০ মাইল হতে হাজার মাইল বেগে ছড়িয়ে পড়ে। উপকূলের কাছে অগভীর সাগরে আসলে এর গতি কমে গেলে তা ১০/১৫ থেকে ৫০/৬০ ফুট উঁচু পর্বতসম সামগ্রিক ঢেউয়ে রূপান্তরিত হয়ে উপকূলের জনপদে প্রাকৃতিক, মানবিক সকল উপাদানগুলোকে তছনছ করে দেয়। অপরদিকে স্থলভাগে যে ভূকম্পন হয় তা হচ্ছে ভূমিকম্প (রব, ২০০৫)।

সুনামির উৎপত্তি/সৃষ্টি

পৃথিবীর মহাদেশ আর মহাসাগরগুলো আসলে ভূত্বক বা ক্রাস্ট নামক পাথুরে স্তরের উপরিভাগ। এই স্তরটির নিচে রয়েছে বড় বড় পাথুরে ভিত্তিভূমি। এগুলো প্লেট নামে পরিচিত। এই প্লেটগুলো আবার ভূত্বক থেকে ১০০ কিলোমিটার গভীরে ম্যান্টল এলাকায় গলিত পাথরের দ্রবণে ভেসে আছে। অর্থাৎ এই পাথুরে ভিত্তিভূমি বা প্লেটগুলোর উপরই মানুষ তার আবাস তৈরি করে নিয়েছে (রহমান, ২০০৬)। কিন্তু বিপত্তি ঘটে তখনই যখন পাথুরে ভিত্তিভূমি নির্মমভাবে কেঁপে উঠে। পৃথিবীর অভ্যন্তরীণ প্লেটগুলো মোটেই স্থির নয়। পৃথিবীর অভ্যন্তরীণ তাপ থেকে সৃষ্টি হওয়া চাপে এরা সব সময়ই গতিশীল থাকে এবং এগুলোর উপরে থাকা ভূত্বক, মাটি, সমুদ্র, পাহাড় ইত্যাদিকে সঙ্গে নিয়ে ধীরে ধীরে চলাচল করতে থাকে। দুটো প্লেটের বিস্তারগুলো পরস্পরকে ধরে রাখে। একটা সময় প্লেটগুলো নড়াচড়া করার আর কোনো জায়গা থাকে না। ফলে ক্রমশ চাপ তীব্র হতে থাকে। অব্যাহত চাপের কারণে এক প্লেট আরেক প্লেটকে অতিক্রম করে যেতে চায়। এবং একে অপরের উপর হেলে পড়ে। দুটো প্লেটের এই ভয়াবহ সংঘর্ষে ভূগর্ভে বড় ধরনের ধ্বস তৈরি হয়। ফলশ্রুতিতে পৃথিবী পৃষ্ঠের একদম উপরের স্তর পর্যন্ত মারাত্মকভাবে কেঁপে ওঠে। এই ভূকম্পনই হল ভূমিকম্প। অধিকাংশ সুনামি সমুদ্র তলে সৃষ্ট ভূমিকম্পের দ্বারা সংঘটিত হয়।

সুতরাং সুনামি হচ্ছে দীর্ঘ তরঙ্গদৈর্ঘের ঢেউ এবং এটি সৃষ্টি হয় সমুদ্র তলদেশের তাৎক্ষণিক স্থানান্তরনে অথবা স্থির পানির কোনো অংশে শক্তি প্রয়োগে স্বাভাবিকতা ব্যাহত হওয়ার মাধ্যমে। অধিকাংশ ক্ষেত্রেই সুনামি সংগঠিত হয় সমুদ্রতলদেশের আগ্নেয়গিরির অগ্নুৎপাত, ভূমিকম্প এবং ভূমিধ্বসের কারণে।

আগ্নেয়গিরি

আগ্নেয়গিরি যা দীর্ঘ সময় ধরে অবিরাম উদগীরন হয় তার ম্যাগমা চেম্বার (magma chambers) ফাঁকা থাকে। ফলে তখন ছাদ বন্ধ হয়ে গিয়ে প্রায় এক কিলোমিটার ব্যাসার্ধের একটি জ্বালামুখ সৃষ্টি করে। খুবই অল্প সময়ে এই জ্বালামুখ দিয়ে প্রচুর পারিমাণ পানি নির্গত হয়, যা সুনামির সৃষ্টি করে।

ভূমিকম্প

ভূমিকম্প সৃষ্ট সুনামির উদ্ভব হয় যখন একটি চ্যুতির এক পাশের বা উভয় পাশের আর্থ ক্রাস্টের (Earth Crust) কোন অংশ আকস্মিক ঝাঁকুনির সৃষ্টি করে একে অপরকে অতিক্রম করে। সুনামি সৃষ্টির জন্য চ্যুতির পাশে অবশ্যই উলম্ব সঞ্চালন (Vertical movement) হতে হবে। Earth Crust এর এই উলম্ব সঞ্চালন বিপুল পরিমাণ পানি স্থানচ্যুত (Replace) করতে সমর্থ হয়। অর্থাৎ ভূমিকম্পের সময় সমুদ্রতলের কয়েক মিটার আকস্মিক উলম্ব বৃদ্ধি (Sudden Vertical Rise)'র ফলে ব্যাপক মাত্রায় পানি স্থানচ্যুত হয়ে যায়। এতে করে সুনামির সৃষ্টি হয়।

ভূমিধ্বস

সমুদ্রে ভূমিধ্বসের মাধ্যমেও সুনামির সৃষ্টি হয় এবং এই ভূমিধ্বসের চালিকা শক্তি এত বেশি থাকে যে এর ফলে সুনামি ঢেউ তৈরি হয়।

সুনামি ও বিশ্ব প্রেক্ষিত

বিশ্বে বিভিন্ন সময় বিভিন্ন স্থানে সুনামি জানমাল এবং কৃষি, পর্যটন, মৎস্য শিল্প প্রভৃতির উপর অর্থনৈতিক প্রভাব ফেলেছে যা মানুষের জীবনযাত্রাকে সম্পূর্ণভাবে পরিবর্তিত করে। নিম্নে বিভিন্ন সময়ে ঘটে যাওয়া সুনামির উদাহরণ উল্লেখ করা হলো :

সারণি-১ : পৃথিবীতে বিভিন্ন সময়ে ঘটে যাওয়া সুনামি সমূহের চিত্র

Date	Origin	Effects	Death Toll
June 7, 1692	Puerto Rico Trench, Caribbean	Port Royal, Jamaica permanently submerged	2,000
November 1, 1755	Atlantic Ocean	Lisbon destroyed	60,000
February 20, 1835	Peru-Chile Trench	Concepcion, Chile destroyed	Not Known
August 8, 1868	Peru-Chile Trench	Ships washed several miles inland, Town of Africa Destroyed	10,000 - 15,000
August 27, 1883	Krakatoa	Devastation in East Indies	36,000
June 15, 1896	Japan Trench	Swept the east coast of Japan, with waves of 100 ft (30.5 m) at Yoshihimama	27,122
December 28, 1908	Sicily	East coast of Sicily, including Messina, and toe of Italy badly damaged	58,000 (including) quake victims)
March 3, 1933	Japan Trench	9,000 houses and 8,000 ships destroyed in Sanriku district, Honshu	3,000
April 1, 1946	Aleutian Trench	Damage to Alaska and Hawaii	159
May 22, 1960	South-central Chile	Coinciding with a week of earthquakes. Damage to Chile and Hawaii	1,500 (61 in Hawaii)
March 27, 1964	Anchorage, Alaska	Severe damage to south coast of Alaska	115
August 23, 1976	Celebes Sea	South-west Philippines struck, devastating Alicia, Pagadian, Cotabato and Davao	8,000

Source: library.thainkquest.org/10136/tsunami/tsuntq.htm-11k

সুনামি ও বাংলাদেশ প্রেক্ষিত

বাংলাদেশ সমগ্র বিশ্বের প্রাকৃতিক দুর্যোগপ্রবণ এলাকাগুলোর মধ্যে একটি। আমাদের এই দেশে যেন দুর্যোগের অন্ত নেই। ঝড়, জলোচ্ছ্বাস, টর্নেডো, নদী ভাঙ্গন, বন্যা, খরা এসব প্রাকৃতিক দুর্যোগ লেগেই আছে। এরপরও আছে ভূমিকম্পের ভয়। প্রায় প্রতি বছর কোন না কোন প্রাকৃতিক দুর্যোগে ক্ষতিগ্রস্ত হয় দেশের অর্থনীতি।

বাংলাদেশের ঢাকা ও পার্বত্য চট্টগ্রাম এলাকায় অনেকগুলি সিসমিক চ্যুতি (seismic faults) রয়েছে যা এ দেশ এবং পার্শ্ববর্তী দেশসমূহে ভূমিকম্প ঘটাতে পারে। ঢাকা বিশ্ববিদ্যালয়ের ভূতত্ত্ব বিভাগের প্রফেসর হুমায়ুন আকতার আশংকা করেন যে, অনেক বছর ধরে এই চ্যুতি এলাকায় কোন ভূমিকম্প হয় নাই। তাই ভূঅভ্যন্তরে বছরের পর বছর ধরে চাপ ও শক্তি সঞ্চিত হচ্ছে। হঠাৎ করে যে কোন সময় ব্যাপক মাত্রার ভূমিকম্প (৮ রিকটর স্কেল) হতে পারে। আর সমুদ্রতলে এ ভূমিকম্প সৃষ্টি হলে সুনামি হতে পারে। তিনি মনে করেন, টেকনাফ-আন্দামান সিসমিক দূরত্ব (Teknaf-Andaman seismic gap) হতে আমাদের উপকূলীয় তটরেখা (Coastal Belt) মাত্র ৭৫০ কিলোমিটার দূরে। উপকূলীয় অঞ্চল ধ্বংস করতে এ ভূমিকম্পের এক থেকে দেড় ঘণ্টা সময় লাগবে। তারমধ্যে বঙ্গোপসাগরের আন্দামান দ্বীপপুঞ্জ হতে টেকনাফ পর্যন্ত দীর্ঘ ৬০০ কিলোমিটার সিসমিক দূরত্ব রয়েছে যেখানে ভূমিকম্পের কোন রেকর্ড নেই। ব্যাপক মাত্রার (৮ মিটার স্কেল) ভূমিকম্পের সম্ভাবনার কারণে এই অঞ্চল ঝুঁকিপূর্ণ এবং ভূমিকম্প যদি বঙ্গোপসাগরের তলদেশে ঘটে তবে তা সুনামির আকার ধারণ করবে (ডেইলি স্টার, ২০০৫)। ১৭৬২ সালে বঙ্গোপসাগরের আরাকান অঞ্চলে সংঘটিত এক ভূমিকম্প থেকে সৃষ্ট সুনামি বাংলাদেশেও আঘাত হেনেছিল। এর প্রভাবে বুড়িগঙ্গায় নৌকাডুবি হয় এবং শত শত লোক মারা যায়।

জিওলজিক্যাল সার্ভে অব বাংলাদেশ এর পরিচালক ডঃ মীর ফজলুল করিম বলেছেন, বাংলাদেশের ভূতাত্ত্বিক জরিপ অনুযায়ী নিম্ন উচ্চতার সুনামির (Low height tsunami and Paleo tsunami) অল্প কিছু প্রমাণ পাওয়া গেছে কিন্তু ব্যাপক মাত্রার ধ্বংসাত্মক সুনামির কোনো প্রমাণ পাওয়া যায়নি। তথাপি দেশের উপকূলীয় অঞ্চলে সুনামির ঝুঁকিকে একেবারে উড়িয়ে দেওয়া যায় না। তারপরও ভূতাত্ত্বিক বৈশিষ্ট্যের কারণেই বাংলাদেশে সুনামির আঘাত হানার আশঙ্কা খুব কম। এর কারণ হচ্ছে বাংলাদেশের সমুদ্রসীমায় প্রায় ২০০ কিলোমিটার এলাকা জুড়ে পানির গভীরতা খুবই কম। অর্থাৎ তার থেকে সমুদ্র গভীরের গভীরতা বেড়েছে খুবই ধীরে। ভূতাত্ত্বিকদের ভাষায় একে বলা হয় মহীসোপান। মহীসোপানের কারণে সুনামির ঢেউ এ অগভীর পানিতে বিস্তৃত হতে পারে না বা প্রলয়ঙ্করী হয়ে উঠতে পারে না। মহীঢালের সীমানায় ভূমিধ্বসও বাধাপ্রাপ্ত হয়। তাই সুনামির কম্পনের ফলে সৃষ্ট ঢেউ বাংলাদেশের জলসীমায় এসে স্তিমিত হয়ে পড়ে (প্রথম আলো, ২০০৭)। কিন্তু এই মহীসোপান এলাকা স্থানীয় সুনামি (Local tsunami) সৃষ্টির জন্য উপযুক্ত। অনেক সময় আঞ্চলিক সুনামির (Regional tsunami) চাইতে স্থানীয় সুনামি (Local tsunami) অধিক ধ্বংসাত্মক হয়। যেহেতু সুনামি উৎপত্তি এবং উপকূলীয় জীবনযাত্রায় পৌঁছানোর মধ্যকার সময় ব্যবধান খুবই কম থাকে।

২০০৪ সালের এশিয়ান সুনামির ধ্বংসযজ্ঞ থেকে বাংলাদেশ রক্ষা পেয়েছিল। বাংলাদেশের বিজ্ঞানীরা এর পেছনে কতগুলো কারণ চিহ্নিত করেন।

১. ভূমিকম্পের উপকেন্দ্র (epicenter) হতে দীর্ঘ দূরত্ব ।

২. গঙ্গা-ব্রহ্মপুত্র সক্রিয় বদ্বীপের সম্মুখে দীর্ঘ মহীসোপান (প্রায় ২০০কি.মি.) অঞ্চল ।

৩. বেঙ্গল ফ্যান (Bengal fan) এ পুরু পললায়ন ।

৪. বঙ্গোপসাগর তীরবর্তী উপকূলে সামুদ্রিক পানির ঘনত্ব বেশি থাকার কারণে ।

৫. বঙ্গোপসাগরে সমুদ্রস্রোতের ঘড়ির বিপরীতমুখী অবস্থানের কারণে (শীতকালে) ।

ভূকম্পীয় উৎসের সম্ভাবনা এবং সুনামির ঝুঁকি প্রবণতা বিবেচনা করে বাংলাদেশের উপকূলবর্তী অঞ্চলসমূহকে তিনভাগে সুনামি ঝুঁকিপ্রবণ এলাকা হিসাবে ভাগ করা হয় ।

ক. সুনামি ঝুঁকিপ্রবণ অঞ্চল ১: চট্টগ্রাম টেকনাফ উপকূলরেখা অধিক ঝুঁকিপ্রবণ । এই আন্তবদ্বীপীয় উপকূলরেখা, ভারতীয় এবং বার্মীজ প্লেটের টেকটনিক ইন্টারফেজের (Tectonic Interface) খুব নিকটে অবস্থিত । সক্রিয় আন্দামান নিকোবর চ্যুতি (Andaman Nicobar fault System) যেকোন সময় সুনামি তরঙ্গের সৃষ্টি করতে পারে ।

খ) সুনামি ঝুঁকিপ্রবণ অঞ্চল ২ : সুন্দরবন বরিশাল উপকূলরেখা মাঝারি ধরনের/মাপের ঝুঁকিপ্রবণ । সোয়াচ অব নো গ্রাউন্ড (Swatch of No Ground) এর উপস্থিতির কারণে এই পুরাতন ব-দ্বীপরেখা স্থানীয় সুনামির (Local tsunami) জন্য ঝুঁকিপ্রবণ ।

গ) সুনামি ঝুঁকিপ্রবণ অঞ্চল ৩ : বরিশাল সন্দ্বীপ মোহনার উপকূলরেখা কম ঝুঁকিপ্রবণ । মহীসোপনের ঊর্ধ্বাঞ্চলে অসংখ্য ক্ষুদ্রদ্বীপ (Islets) ও অগভীর জলনিম্নস্থ চড়া (Shoals)র উপস্থিতির কারণে মোহনা তীরবর্তী এ উপকূলরেখা কম ঝুঁকিপ্রবণ ।

২০০৪ সালের এশিয়ান সুনামি যদিও বাংলাদেশের উপর সরাসরি কোনো প্রভাব ফেলেনি তারপরও তা বাংলাদেশের নীতি নির্ধারক ও সাধারণ মানুষের মাঝে সুনামির ঝুঁকি সম্পর্কে ব্যাপক সচেতনতা সৃষ্টি করেছে । সরকারের খাদ্য ও দুর্যোগ ব্যবস্থাপনা মন্ত্রণালয় আন্তর্জাতিকভাবে স্বীকৃত পদ্ধতির উপর ভিত্তি করে দুর্যোগ ব্যবস্থাপনায় কমপ্রিহেনসিভ (Comprehensive) দৃষ্টিভঙ্গি গ্রহণ করেছে । এ হেন অবস্থায় উন্নত পূর্বাভাস পদ্ধতি এবং সতর্কীকরণের মাধ্যমে জানমাল ও সহায় সম্পত্তির ক্ষয়ক্ষতি কমানো যেতে পারে ।

দুর্যোগের ক্ষেত্রে করণীয়

উন্নত প্রযুক্তি ব্যতিরেকে সুনামির মত দুর্যোগের পূর্বাভাস দেয়া সহজতর নয়; তবুও এ-জাতীয় দুর্যোগের ক্ষেত্রে নিম্নলিখিত করণীয়গুলো বিবেচনা করা যায় :

- আধুনিক ভূমিকম্প পূর্বাভাস ব্যবস্থার (Seismocity Forecasting System) প্রচলন করতে হবে। এজন্য আধুনিক বৈজ্ঞানিক ভূমিকম্প গবেষণা কেন্দ্র ও পূর্বাভাস কেন্দ্র স্থাপন করতে হবে। একই সাথে আঞ্চলিক এবং আন্তর্জাতিক সমশ্রেণীর প্রতিষ্ঠানের সাথে সমন্বয় করে কাজ করতে হবে।

- দ্বিতীয়ত, ভূমিকম্প যেহেতু হঠাৎ করে সংঘটিত হয় তার পূর্বাভাস করা যায় না। এজন্যে ভূমিকম্পপ্রবণ এলাকা চিহ্নিত করে সে সব এলাকার বাড়িঘর, দালানকোঠা, ব্রীজ কালভার্ট এর কাঠামোগত পরিকল্পনা করে উপযুক্ত বিজ্ঞানসম্মত ভূমিকম্প নিরোধক ব্যবস্থা অবলম্বন করতে হবে। এ জন্যে রাষ্ট্রীয় ও নগর আইনের ধারায় ভূমিকম্প সম্পর্কিত বাড়ি তৈরির কোডগুলো বাস্তবায়নের উদ্যোগ নিতে হবে। উঁচু বাড়ি না করে টেকসই স্থিতিস্থাপক ভূমিকম্প নিরোধক উপাদান দিয়ে বাড়ি বানানোর উদ্যোগ নিতে হবে (করিম, ২০০৫)।

- ভূমিকম্প থেকে বাঁচার উল্লেখযোগ্য উপায় হলো গণসচেতনতা সৃষ্টি করা। সুনামির আঘাত সম্পর্কে পূর্বাভাস করা ভূমিকম্পের চেয়ে তুলনামূলকভাবে সহজ। কারণ উপকূলে সুনামির আঘাত হানতে (ভূমিকম্প হওয়ার পর) সুনামির সময় লাগে ৩ থেকে ৪ ঘণ্টা। আমাদের দেশে সমুদ্র উপকূলে ২ মাইল প্রশস্ত ঘন ম্যানগ্রোভ বনাঞ্চল, নারকেল বাগানের প্রাচীর গড়া যেতে পারে। এতে সাইক্লোন, জলোচ্ছ্বাস ইত্যাদির হাত থেকেও উপকূলীয় মানুষ বাঁচতে পারবে (করিম, ২০০৫)। ড. আশরাফ মাহমুদ দেওয়ান মনে করেন বাংলাদেশের বিভিন্ন সংস্থার মাঝে সমন্বয়, সংশ্লিষ্ট সংস্থাসমূহ ভূমিকম্প ও সুনামি সম্পর্কিত তথ্যের পারস্পরিক আদান-প্রদান করা এবং গণসচেতনতা সৃষ্টি করা আবশ্যক।

উপসংহার

বিশ্ব এখন একটি নতুন সহস্রাব্দী–একবিংশ শতাব্দীর দ্বারপ্রান্তে। একবিংশ শতাব্দীর চ্যালেঞ্জ মোকাবেলা করতে হলে এবং দেশের অর্থনীতিকে একটি দৃঢ় ভিত্তির উপর দাঁড় করাতে হলে প্রাকৃতিক দুর্যোগকে কার্যকরভাবে মোকাবেলা করতে হবে। উন্নত দেশগুলো ইতিমধ্যেই আধুনিক দুর্যোগ ব্যবস্থাপনা পদ্ধতি অনুসরণ করে জানমালের ক্ষয়ক্ষতি বহুলাংশ কমাতে সক্ষম হয়েছে। আমাদেরকেও একইভাবে এক্ষেত্রে সাফল্য

অর্জন করতে হবে। প্রকৃতিকে মানুষ জয় করতে না পারলেও প্রকৃতির নগ্ন থাবা মোকাবেলার সৎ সাহসটুকু মানুষের আছে এবং থাকা উচিত। কারণ প্রকৃতির বিরুদ্ধে লড়াই করে বেঁচে থাকা ছাড়া মানুষের কোন উপায়ও নেই। সৃষ্টির আদিকাল থেকেই মানুষ এভাবে লড়াই করে টিকে আছে। ভবিষ্যতেও সেভাবেই টিকে থাকবে। তবে আশার কথা- প্রকৃতিকে বশে আনতে না পারলেও মানুষ প্রাকৃতিক দুর্যোগ মোকাবেলার প্রক্রিয়া ও পদ্ধতি নিজ বুদ্ধি এবং শক্তিবলে কিছুটা হলেও আবিষ্কার করতে পেরেছে। দক্ষ ব্যবস্থাপনা অবকাঠামোর উন্নয়ন এবং জনগণের শক্তি বৃদ্ধির মাধ্যমে সম্মিলিতভাবে প্রাকৃতিক দুর্যোগ মোকাবেলার কাজ এখন আগের তুলনায় অনেক সহজ হয়ে এসেছে। সচেতনতা ও সার্বক্ষণিক সতর্কতায় কেবল ক্ষতির মাত্রা হ্রাসের সহায়ক হতে পারে। জনগণের মধ্যে ভূমিকম্পের ও সুনামির ব্যাপারে তাই সচেতনতা বৃদ্ধি করতে হবে। উপকূলীয় অঞ্চলে ভবন নির্মাণে নিরোৎসাহিত করতে হবে। সুনামির সময় মানুষ যাতে দ্রুত বাড়িঘর ত্যাগ করে খোলা জায়গায় আশ্রয় নিতে পারে তার অনুকূল ব্যবস্থা গ্রহণ করতে হবে। সর্বোপরি উদ্ধার তৎপরতা চালানোর মত লোকবল বৃদ্ধিসহ অত্যাধুনিক সরঞ্জাম সংগ্রহ করতে হবে। তাহলেই সুনামির মত ভয়াল থাবার হাত হতে মানুষের জীবন ও সম্পদ রক্ষা করা সম্ভব হবে।

তথ্য নির্দেশিকা

"Bangladesh runs high risk of quake, tsunami"-Experts tell round table, staff correspondent, The Daily Star 21st October 2005, Dhaka.

'Causes of Tsunami', wcatwc.arh.noaa.gov/**tsunami2**.htm - 5k

Hosssain, Segufta and Rahman, Mohammad Ashique (2005) "Asian Tsunami: Economic Impacts and the Politics of Humanitarian Aid", BIISS Journal, Vol. 26 No. 3 July 2005. Page: 455-508, Dhaka.

geology.com/articles/**tsunami**-geology.shtml - 21k

Kinver, Mark (2005), Tsunami: Mangrove 'Saved Lives', The New Age, 28th December 2005, Dhaka.

Tsunami-Anatomy of a Disaster, The New Age, 28th December 2005, Dhaka.

www.tulane.edu/~sanelson/geo1204/tsunami.htm-30k

Wikipedia, the free encyclopedia

"Questions and Answers about earthquake, tsunamis", The Observer 31st December 2004, Dhaka.

"Quakes, Tidal waves kill over 7000 in 8 Asian Countries-Worlds most powerful quakes in 40 years: Lankan declares national disaster", The Observer 27st December 2004, Dhaka.

রহমান, জিবলু (২০০৬), 'ভূমিকম্পের ক্ষয়ক্ষতি ও বাংলাদেশের প্রস্তুতি', দৈনিক দিনকাল, ১০ জুন, ২০০৬ ঢাকা।

'সুনামিতে ১২ সেন্টিমিটার সরে গেছে ভারত', ডেস্ক রিপোর্ট, দৈনিক ভোরের কাগজ, ১৮ মার্চ, ২০০৫, ঢাকা।

'মানবিক বিপর্যয়ে পর্যুদস্ত ৮ দেশ', দৈনিক ভোরের কাগজ, ২৮ ডিসেম্বর, ২০০৪, ঢাকা।

'প্রাকৃতিক দুর্যোগ ও দক্ষ ব্যবস্থাপনা অবকাঠামো উন্নয়ন'- স্টাফ রিপোর্ট, দৈনিক ভোরের কাগজ, ২রা কার্তিক, ১৪০৬, ঢাকা।

রব, ডঃ আবদুর, (২০০৫), 'ভূমিকম্প প্রবণ অঞ্চলে অবস্থান বলে বাংলাদেশে যে কোন সময় বড় ধরনের বিপর্যয় ঘটতে পারে', দৈনিক সংগ্রাম, ২৯ জানুয়ারী ২০০৫, ঢাকা।

করিম, মীর ফজলুল (২০০৫), 'ভূমিকম্প থেকে বাঁচতে নাগরিক সচেতনতা জরুরী' দৈনিক সংগ্রাম, ২৯ জানুয়ারী, ২০০৫ ঢাকা।

Karim, Dr. Fazlul (2005), Earthquake and Tsunami Risk in Bangladesh, 'Expert Missions to Indian ocean countries to Assess Requirements and capacity for an Effective and Durable National Tsunami warning and Mitigation system, Bangladesh', Mission Report No 12 : UNESCO.