



Krishantering, beredskap och lärdomar av tsunamifallen vid Indiska Oceanen 2004 & Japan 2011

Förebyggande åtgärder för människor och bebyggelse

Nasrin Manoh och Lydia Stijovic

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Byggt teknik med arkitektur



LUNDS UNIVERSITET



© Copyright Nasrin Manoh, Lydia Stijovic

Omslag: Shimbun, M. u.å. [fotografi].

https://media-cldnry.s-nbcnews.com/image/upload/t_fit-1240w,f_auto,q_auto:best/newscms/2018_49/2669406/181204-japan-tsunami-earthquake-cs-920a.jpg [Hämtad: 2023-05-20]

LTH Ingenjörshögskolan vid Campus Helsingborg
Lunds universitet

LTH School of Engineering
Lund University

www.LU.se

www.LTH.se

<https://lup.lub.lu.se/search>

<https://www.lu.se/lubas/i-uoh-lu-TGBYA>

Titel: Krishantering, beredskap och lärdomar av tsunamifallen vid Indiska Oceanen 2004 & Japan 2011
Förebyggande åtgärder för människor och bebyggelse

Författare: Nasrin Manoh
Lydia Stijovic

Handledare: Johnny Åstrand, Universitetsadjunkt vid Institutionen för arkitektur och byggd miljö

Examinator Erik Johansson, Universitetslektor vid Institutionen för arkitektur och byggd miljö.

Abstract

Crisis management and preventive work toward natural disasters, as in this report is delimited to tsunamis, has been identified as lacking through the ages. The tsunami disaster in the Indian Ocean 2004 and Japan 2011 are studied to identify deficiencies in the warning systems used to protect the communities that are situated in the zones of tsunami (risk) zones that are prone to tsunamis, and its population. First it was found that the Indian Ocean was not equipped with measuring systems to show that a tsunami had been induced, then it became clear that the public, neither locals nor tourists, were familiar with the phenomenon and finally that there was no contingency plan in place to deal with the crisis situation that originated in Thailand, Indonesia, Sri Lanka and many more countries. In Japan, preventive measures had been implemented and the population knew where they needed to evacuate and how to do so. The exercises and preventive work that the state had prioritized were put to good use, but in connection with the tsunami disaster there were also consequences with the nuclear power plants in Fukushima, which put all preparedness and crisis management to another test that ended in disaster. By studying these cases and further post-analyses, a clearer picture is given of how preventive work can take place and whether it remains sufficient or insufficient once the tsunami occurs. Finally, the needs and possibilities for further development are discussed. Based on knowledge from previous experiences, examples of advice and instructions are available regarding what should be prioritized, for instance, regarding land use and urban planning in terms of breakwaters, infrastructure when it comes to buildings and road connections, as well as building regulations and techniques. It is important that agencies and other involved actors make wise decisions for a better future in the form of milder outcomes in the event of natural disasters.

Keywords: Tsunami, Plate tectonics, Crisis Management, Preventive work, Measurement technology, Warning systems, Urban Planning, Building techniques, Disaster.

Sammanfattning

Krishantering och förebyggande arbete inför naturkatastrofer, som i detta examensarbete avgränsas till tsunamis, har identifierats som bristande genom tiderna. Här studeras tsunamikatastroferna i Indiska Oceanen 2004 och Japan 2011 för att identifiera brister hos varningssystemen som används för att skydda samhällena som befinner sig i dessa riskzoner och dess befolkning. Först visade det sig att Indiska Oceanen inte var utrustad med mätsystem för att visa att en tsunami hade inducerats, därefter klarlades att allmänheten, varken lokalbefolkningen eller turister, var bekanta med fenomenet och slutligen att det inte fanns någon beredskapsplan till hands för att hantera en sådan krissituation som uppstod i Thailand, Indonesien, Sri Lanka och många fler länder. I Japan hade förebyggande åtgärder implementerats och befolkningen visste var de behövde evakueras och hur det skulle ske. De övningar och förebyggande arbete staten hade prioriterat kom till väl användning, men i samband med tsunamikatastrofen uppstod även konsekvenser med kärnkraftverken i Fukushima vilket satte all beredskap och krishantering på ytterligare ett prov som slutade i en katastrof. Genom att studera dessa fall och vidare efteranalyser ges en klarare bild hur förebyggande arbete kan ske och om den håller sig tillräcklig eller otillräcklig när tsunamin väl inträffar. Slutligen diskuteras behov och möjligheter till vidareutveckling. Baserat på kunskap från tidigare erfarenheter ges exempel på råd och anvisningar gällande vad som bör prioriteras, exempelvis markanvändning och stadsplanering gällande vågbrytare, infrastruktur kring byggnader och vägförbindelser, samt byggregler och tekniker. Det är viktigt att myndigheter och andra inblandade aktörer tar kloka beslut för en bättre framtid i form av mildare utfall vid naturkatastrofers utbrytande.

Nyckelord: Tsunami, Plattekonik, Krishantering, Beredskap, Förebyggande arbete, Mätteknik, Varningssystem, Stadsplanering, Byggt teknik, Katastrof.

Förord

Detta examensarbete omfattar 22,5 högskolepoäng och är ett avslutande moment i Högskoleingenjörsutbildningen inom Byggteknik med Arkitektur på Lunds Tekniska Högskola. Det har varit ett lärorikt arbete som har ökat vårt intresse för krishantering och vikten av internationell samverkan.

Vi riktar ett stort tack till Johnny Åstrand, handledare, och Erik Johansson, examinator, för den tid och vägledning som tilldelats oss denna vårtermin. Tack vare er motivation och allmänna positivitet kring vårt arbete har skrivandet av denna uppsats varit ett glädjande moment.

Vi tackar även varandra för den goda kommunikation och samverkan som bibehållits under hela arbetets gång. Vidare önskas all lycka i framtida studier och karriär.

Nasrin Manoh & Lydia Stijovic

Lund 2023-06-19

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

| | |
|--|-----------|
| 1. Inledning | 9 |
| 1.1 Problemområde | 9 |
| 1.2 Syfte och Målsättning | 11 |
| 1.3 Frågeställning | 11 |
| 1.4 Avgränsning | 11 |
| 1.5 Studerade exempel..... | 11 |
| 2. Metod | 11 |
| 3. Tsunami | 12 |
| 3.1 Tsunami som naturkatastrof | 12 |
| 3.1.1 Varningstecken | 12 |
| 3.2 Tsunamins uppkomst | 13 |
| 3.2.1 Jordens uppbyggnad och plattetektonik | 13 |
| 3.2.2 Inducerad tsunami | 16 |
| 3.3 Riskzoner | 17 |
| 3.3.1 Byggnader och bosättning i riskzoner | 19 |
| 3.4. Mätskalor och tekniker | 20 |
| 3.5 Mätinstrument & Varningssystem..... | 22 |
| 3.5.1 Seismiska sensorer | 22 |
| 3.5.2 Vattenståndsmätare | 22 |
| 3.5.3 Hydrofoner | 22 |
| 3.5.4 DART-system (Tsunamiboj) | 23 |
| 3.5.5 Varningscenter | 24 |
| 4. Krishantering i förebyggande syfte | 25 |
| 4.1 Vad är en kris? | 25 |
| 4.2 Tsunami som kris | 25 |
| 4.3 Samhällets förebyggande åtgärder | 25 |
| 4.4 Övning och beredskap inför tsunami | 27 |
| 4.4.1 Betydelsen av kollektiv beredskap | 27 |
| 4.4.2 Översiktliga rekommendationer till övningar | 28 |
| 4.4.3 Evakueringsplan | 29 |
| 5. Indiska Oceanen 2004 - Tsunami | 30 |
| 5.1 Var uppstod tsunamin och vilka länder påverkade den? | 30 |
| 5.2 Händelseförloppet i områdena kring Indiska Oceanen | 31 |
| 5.3 Brister i systemen | 32 |
| 5.4 Från Thailand till Sverige | 33 |

| | |
|---|-----------|
| 5.5 Efteranalyser och lärdomar | 34 |
| 6. Japan 2011 - Jordbävningen, Tsunamin & Kärnkraftskatastrofen vid Tohoku | 35 |
| 6.1 Japans historik av seismologisk aktivitet..... | 35 |
| 6.2 Var uppstod tsunamin och i vilken omfattning? | 36 |
| 6.3 Händelseförloppet..... | 37 |
| 6.3.1 Tsunamin - reaktioner & evakuering..... | 37 |
| 6.3.2 Kedjereaktionen i Fukushimas kärnkraftverk | 39 |
| 6.3.3 Följder | 41 |
| 6.4 Implementerade system | 41 |
| 6.5 Efteranalyser och lärdomar | 41 |
| 7. Sammanställning av fallstudierna | 42 |
| 8. Tsunamisäkert byggande..... | 45 |
| 8.1 Tsunamiresistent stadsplanering | 45 |
| 8.1.1 Placering och orientering av byggnader | 45 |
| 8.1.2 Vågbrytare | 47 |
| 8.1.3 Evakueringsplatser | 49 |
| 8.1.4 Kartor och zonindelning | 50 |
| 8.2 Tsunamiresistenta byggnader | 53 |
| 8.2.1 Rätt material och teknik..... | 53 |
| 8.2.2 Byggnadens utformning | 54 |
| 8.2.3 Grundstabilitet | 56 |
| 8.2.4 Breakaway walls..... | 57 |
| 8.3 Att bygga vid kustområden | 58 |
| 9. Slutsats | 59 |
| 10. Referenser | 65 |

1. Inledning

Examensarbetets ambition vid igångsättandet var att studera en aspekt i världen som anses vara internationellt utmanande kring ett hållbart samhälle. Kursen ABAF01, *Internationellt Hållbart Byggande* (2023) gav inspiration gällande naturkatastrofer som fenomen, vars konsekvenser med förebyggande arbete kan mildras med rätt kunskap och hjälpmedel. En utgångspunkt som ansågs vara angelägen och intressant att studera vidare för att utöka vår kunskap inom området, vilket hädanefter med översiktlig litteraturstudie ledde oss till tsunamis och dess påverkan på samhällen världen över.

Ämnet är intressant även för yrkesverksamheter som rör säkerhet och beredskap i samhället. Det är viktigt för allmänheten att veta vilka hot som finns i olika områden världen över. Minst lika viktigt som det är för ingenjörer och arkitekter att ta hänsyn till vilken nivå en naturkatastrof kan inträffa vid respektive plats, för att optimalt kunna planera städer och projekt i områdena. Tsunamis är ett naturfenomen som kan träda fram när som helst i tiden och nästintill vart som helst i världen. Därmed gynnas alla av en internationell samverkan och ökad kunskapsspridning för att så många risker som möjligt ska reduceras. När organisationer och myndigheter får ihop en harmonisk samverkan i krishantering och förebyggande åtgärder till naturkatastrofer kan mer än ett flertal liv räddas.

1.1 Problemområde

Faktum är att naturen inte alltid går att förutse. Särskilt i situationer där tidigare kunskap och teknologi inte existerar i samma grad som idag. Med tiden har kunskap och tekniker utvecklats för att kunna uppmärksamma tecken på hur naturen beter sig när en naturkatastrof är på ingång. Detta för att kunna förbereda ett samhälle i tid ifall en katastrof skulle inträffa.

Naturkatastrofer har existerat sedan urminnes tider, men det är inte förrän fler människor kom till på jorden som ordet "naturkatastrof" började leva upp till sitt namn. Definitionen av katastrofer anses enligt Nationalencyklopedins ordbok härstamma från grekiskans *katastrophē* vilket tyder på en vändning och förstörelse (Nationalencyklopedin AB [NE], u.å.). Thomas Lundén (2006) förtydligar detta som "en mycket stor olycka med omfattande materiell förödelse efter vilken man har svårt att tänka sig ett återställande eller en fortsättning". En naturkatastrof är således ett fenomen som ger ett samhälle och miljön som drabbats allvarliga följder (NE, u.å.). Lundén belyser att "katastrofen ofta är naturlig i den meningen att den är ett resultat av jordens förändringsprocesser".

Naturfenomen förekommer i milda men även svåra former. Översvämningar, torka och löpeldar är några exempel som troligtvis inte hade benämnts i första hand. De mer välkända fenomenen i relation till naturkatastrofer är vulkanutbrott, orkaner, jordbävningar och tsunamis. Det hävdas att dessa i modern tid ökar i intensitet, frekvens och ger större och kraftigare effekter, delvis på grund av de pågående klimatförändringarna (World Health Organization [WHO]. u.å.).

Tsunamis har genom åren fått människor att fly för sina liv i hopp om att överleva. Vissa har mist föräldrar, barn och vänner, medan andra lyckligtvis precis har klarat sig. Med den kraft en tsunami tar över kustsamhällen, är det inte bara människor som är i fara. Denna naturkatastrof orsakar även enorma skador på bland annat byggnader, bostäder och infrastruktur. Efter att ha genomgått traumatiska händelser bör de drabbade få återvända till ett tryggt, säkert och stabilt samhälle. Att behöva återvända och anpassa sig till ett samhälle som är skadat, leta efter trygghetszoner och börja om från noll är en börda som ingen ska behöva bära. Att människor inte ska behöva leta efter trygghetszoner är något som är särskilt viktigt att betona. Det borde redan vara tsunami-säkert på den utsatta platsen eller att samhället åtminstone har förberett befolkningen på vad en tsunami innebär och vilka förebyggande åtgärder som har arbetats fram.

Ett samhälle byggs upp av flera olika aktörer, oavsett om det är staten, medborgarna, organisationer och företag eller andra samarbetspartners runt om i världen. Det borde därmed vara en självklarhet att bostäderna som uppförs har lokaliserats och projekterats för att hålla när en hanterbar naturkatastrof inträffar. Människor ska allmänt vara skyddade och kunna känna sig trygga i sina hem. De bör i förväg vara informerade om vart de ska ta vägen för att undkomma så många skador som möjligt, både fysiskt och psykiskt. Vissa byggnader anses vara mer väsentliga att prioritera, än andra. Detta gäller sjukhus, brandstationer, församlingssalar, skolor, tempel, kraftverk, dammar och kärnkraftsanläggningar, vilka har en kritisk roll i samhället och därmed kräver extra professionellt utförande i samband med riskreducering (Kohi, S. 2010.).

Dagens och framtidens ingenjörer, politiker, samhällsplanerare, specialister, etc. står med intressanta utvecklingsområden och stora utmaningar världen över. Genom det förebyggande arbete som är i utveckling för allas säkerhet kan konsekvenserna av tsunamis och andra naturkatastrofer reduceras. Ett mål som ger bättre välmående och trygghet för alla.

1.2 Syfte och Målsättning

Syftet med arbetet är att identifiera var och hur tsunamis som naturkatastrof sker, samt vilken skada de orsakar kustsamhällen. Målet därpå är att öka förståelsen för hur viktigt det är att förebygga skador med hänsyn till de förutsättningar som finns i respektive områden runt om i världen.

1.3 Frågeställning

Studien syftar på att besvara följande frågor:

- Vad är en tsunami, hur uppstår den och vilka är konsekvenserna?
- Vilka faktorer i det förebyggande arbetet brister och vad beror det på?
- Hur åstadkommer vi förbättringar gällande det förebyggande arbetet?
- Hur kan den byggda miljön och invånarna tsunamisäkras?

1.4 Avgränsning

Naturkatastroferna som finns är i sin helhet många och olika. Det finns milda sådana liksom svåra. Avgränsningen blir därmed tsunamis som naturkatastrof, vilket anses vara en av de svårare att förebygga. Studien täcker utmaningar i samhällsuppbyggnad och visar på skillnader kring vilka förutsättningar som finns på olika platser i världen. Arbetet fokuserar på förebyggande åtgärder och vilka insatser som bör prioriteras för att konsekvenserna ska bli mildare, samt för att effektivisera krishanteringen under naturkatastrofens inträffande.

1.5 Studerade exempel

Händelserna vid Indiska Oceanen 2004 och Japan 2011 studeras ingående vad gäller de drabbade fallens situationer innan, under och efter en tsunami har skett. De två fallen valdes ut med avseende på hur omfattande händelserna blev och anses vara de mest intressanta att studera gällande samhällets beredskap och dess betydelse. Vid Indiska Oceanen 2004 hade varken folket eller samhället koll på tsunamis och vad det innebar, medan Japan 2011 var väl förberedda och rutinerade när det kom till tsunamis. Studien har fokuserat på dessa aspekter:

- Människors kunskap kring tsunamis
- Drabbade platsens förebyggande åtgärder
- Mättekniker och varningssystem
- Evakuering

2. Metod

Den huvudsakliga metoden för arbetet är en litteraturstudie på primära och sekundära källor. En kvalitativ teoristudie som grundar sig på bland annat artiklar, böcker, avhandlingar, webbsidor och annan relevant litteratur. Under studiens gång har bland annat Google Scholar, LUBcats databaser och Diva Portal kommit till väl användning. Vi har även besökt Orkanens bibliotek på Malmö Universitet, samt använt oss av Lund Universitetsbibliotek för att direkt få tag på fysiska och relevanta böcker beträffande tsunamis och dess omgivande aspekter som beaktas.

I analysen bryts de dokumenterade tsunamifallen i Indiska Oceanen 2004 och Japan 2011 successivt ner, för att se över bristerna i de skador som uppstått men även vad som har fungerat bra och därmed går att bibehålla. Studien omfattar även en sammanställning av förebyggande åtgärder som ökar motståndskraften mot tsunamis. Detta innebär dokumentation av samhällets uppbyggnad i förebyggande syfte och vad effekterna har blivit av detta.

3. Tsunami

3.1 Tsunami som naturkatastrof

I vissa delar av världen, exempelvis i Japan, har tsunamis varit en självklarhet för befolkningen i flera århundraden (B. W. Levin & M. A. Nosov. 2016.). “Japan är ett av världens seismologiskt mest aktiva områden.” och drabbas i genomsnitt “var sjunde år av en större flodvåg.” (Sweden Abroad. 2023.). I andra delar av världen där tsunamis inte är lika förekommande var detta ett mer obekant fenomen.

Tsunamin i Indiska oceanen 2004 var dock ett av de starkaste fallen som gav upphov till allmänbildningen kring tsunamis. Under 2000-talet utvecklades media och teknologi. Samhället digitaliserades och internet blev allt mer vardagligt. I samband med detta dokumenterades katastrofen löpande på både privata och offentliga plattformar. Uppmärksammandet i real tid och bekanta på semester som rycktes med, skärpte allvaret tillsammans med behovet av internationella insatser (Daleus, P. 2005.) En naturkatastrof som inte bara orsakade stora dödstal, utan även materiell förödelse och fick människor världen över att lida ekonomiskt, emotionellt och fysiskt (Gustafsson Sundberg, H. 2012.). Denna historiskt välkända händelse från år 2004 kommer att studeras senare i arbetet.

Tsunamis är kända för de enorma vågor som när den når land kollapsar och krossar byggnader. En omskakande naturkatastrof som för båtar långt upp på land och fördärvar hela kustområden och samhällen (Allaby, M. 2008.). En tsunami kan även benämnas som en jättevåg eller flodvåg och beskrivas som en serie kraftfulla vågor som “kan transportera flera ton tunga föremål” såsom fartyg och bilar, samt “förstör hus, infrastruktur och växtlighet upp till flera kilometer upp på land” (Röda korset. 2020.). I övrigt kan en tsunami beaktas som en större variant av vanliga vågor i form av att även de består av toppar och dalar. Havsvågor orsakas av vind och innebär att endast det översta vattenlagret är i rörelse, begränsad i storlek och hastighet, medan en tsunami i större utsträckning är energi i rörelse genom hela vattenmassan (TED-Ed. 2014.).

3.1.1 Varningstecken

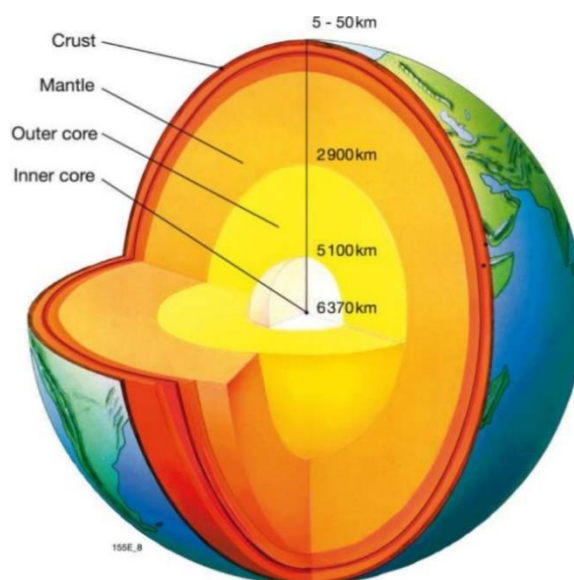
Vid kusterna är det vanligt med tidvatten som orsakas av månens och solens gravitation, varvid vattenytan strävar efter jämvikt med dragningskraften (SMHI. 2022). Ett dagligt fenomen som inte bör förväxlas med ett av tsunamins naturliga varningstecken, vilket är att vattennivån stiger och sträcker sig högre upp på stranden. Detta tillstånd varar oftast i några minuter, liksom tsunamins andra varningstecken då havet drar sig tillbaka från kusten mycket mer än vanligt. Vanligtvis tyder detta på att vattnet vid kusten har ryckts med den första inkommande tsunamivågdalen. Det mest uppenbara tecknet är dock när en stark vit linje vid horisonten framträder och närmar sig land i all hast. Denna linje markerar tsunamivågens översta del och larmar starkt för omedelbar evakuering (Allaby, M. 2008.). Det är även känt att djur känner av att en naturkatastrof är på ingång och därmed drar sig undan långt före. Djur visar oro och evakuerar oftast området i god tid och kan därmed vara ett förebyggande tecken för människor att förbereda sig för flykt (Swedish Nomad. 2019.) Noteras dessa tecken och misstankar finns, bör alla “genast söka sig till högre belägen mark” (Allaby, M. 2008.).

3.2 Tsunamins uppkomst

3.2.1 Jordens uppbyggnad och plattetektonik

En tsunami uppkommer när jordens yttre skikt, jordskorpan, hamnar i olägliga rörelser. Rörelserna orsakas av jordens inre processer, som skapar spänningar och krafter, vilka omvandlas till enorma energier som tas upp av havet. Jorden består nämligen av fyra skikt, en fast inre och en flytande yttre kärna, mantel och jordskorpa, se Figur 1. Det yttre lagret är den tunna och hårda skorpan som utgör kontinenterna och havsbotten, och tillåter liv på jorden (Allaby, M. 2008.). Skorpan är dock inte sammanhängande jorden runt, utan består av sprickor som delar upp skorpan i sju stora plattor och flertalet mindre små. Dessa kallas för tektoniska plattor och rör sig i förhållande till manteln (Naturhistoriska riksmuseet [nrm]. 2020.).

Respektive skikt består av olika beståndsdelar. Jordens inre och yttre kärna består främst av järn och nickel. Trycket på den inre kärnan är så pass hög att sammansättningen är fast trots den höga temperaturen på 4000-4700°C som råder, varav den yttre kärnan med en temperatur mellan 3500-4000°C håller sig flytande (nrm. 2020.). Kärnans radie ligger på ca. 3400 km medan manteln har en radie på ca. 2900 km (Hoseini, E. 2007.). Manteln består av silikatbergarter rika på järn och magnesium, varav silikater innebär att mineralerna är föreningar av kisel och syre (nrm. 2020.) Jordens mantel är fast men värms upp av kärnan, till ca 1000-3500°C (Sveriges geologiska undersökning [SGU]. 2014.), och blir därmed rörlig (Allaby, M. 2008.). Materialet i nedre delen av manteln, astenosfären, är plastisk, i den mån att det är mjukt och formbart, medan den övre delen, litosfären, har egenskaper mer likt jordskorpan (nrm. 2020.). Eklöf (2011) utvecklar att den "Övre delen av astenosfären har en tryck/temperatur-regim som gör att en liten del av den är smält, vilket leder till att litosfären kan röra sig oberoende av astenosfären". Detta innebär att trycket och värmen inifrån skapar genomgående rörelser ut mot sista skiktet.



Figur 1: Jordens uppbyggnad (Garden Cottage Nursery. u.å.)

Jordskorpan är uppbyggd av smält sten med lättare mineraler som flyter på manteln av tyngre material. Skorpan består av kontinentala och oceaniska delar vars tjocklek och densitet skiljer sig (Eklöf, S. 2011.). Jordskorpan oceaniska delar är i tjocklek 6-7 km (Hoseini, E. 2007.), medan de kontinentala delarna anses vara mellan 20-70 km djupa (Eklöf, S. 2011.). De oceaniska jordskorporna består ganska homogent av tung basalt, en magmatisk bergart, varav de kontinentala skorporna har en mer varierad komposition bestående av lättare granit, gnejs och sandsten med lägre densitet. Därmed är de oceaniska plattorna mer kompakta och ligger längre ner i jämförelse med de kontinentala som står vidare över havsytan (Allaby, M. 2008.).

Mellan lagren skiljer sig de materiella egenskaperna (Eklöf, S. 2011.). Hur dessa påverkar lagrena emellan är vad som gör att vår jord är i konstant förändring och har varit det sedan flera miljarder år tillbaka. De genomgående processerna formar än idag jordens utseende (Jansson, M. 2016).

Värmetransporten i jordens skikt sker via materialens kapacitet för konduktion och konvektion (Hoseini, E. 2007.). Konduktion sker när värmeenergi leds från en partikel till en annan i fasta objekt, även kallat värmeledning (Berglund, A. 2009.) Vilket är den värmetransport som sker främst i skorpan och litosfären (Hoseini, E. 2007.). Materialets porositet, temperatur, permeabilitet är några av egenskaperna som har en inverkan på värmeutbytet effektivitet. Temperaturskillnaderna i jordens olika lager skapar rörelse i form av konvektion, vilket innebär att värme transporteras i fluider som vatten och luft (Berglund, A. 2009.).

Kärnan glöder och är så pass varm att manteln iaktas som ett tjockt lager av trögflytande hett berg (Binogi Sverige. 2018). Manteln ligger mellan den varma kärnan och en kallare jordskorpa, vilket medför att utjämningen av temperatur sker främst däremellan. (Jansson, M. 2016). Mantelns temperatur värms konstant upp av kärnan på ena sidan samtidigt som andra halvan kyls ned från jordskorpan håll (Jansson, M. 2016.). I och med att densitet är temperaturberoende, ökar densiteten vid nedkylning och minskar vid uppvärmning (Pumpportalen. u.å.). Detta gäller även manteln som närmast jordskorpan kyls ned och således ökar i densitet (Jansson, M. 2016.). Längre ner i manteln är materialet varmare och därmed lättare. Så småningom stiger mantelns varma material upp mot jordskorpan och växlar av med det nedkylda materialet. Konvektionsströmmarna som bildas av denna konstanta cykel (Allaby, M. 2016.) har även ett inflytande på litosfären och jordskorpan som inte alltid kan motstå värmens krafter som trycker och flyttar på de oceaniska och kontinentala plattorna i jordens yttersta lager, som resulterar i diverse naturverk som jordbävningar, vulkaner och bergskedjor (Jansson, M. 2016.).

3.2.1.1 Plattekonik

Att det finns sprickor mellan plattorna, som jordskorpan består av, innebär att de ojämna plattorna kan drivas åt olika håll i samband med mantels rörelser, se Figur 2. De kan flyta isär, liksom de kan pressas mot varandra eller ner under, samt fastna i och glida längs med varandra (Tärning, J. 2014.).



Figur 2: Konvergerande-, divergerande- och omvandlingsgräns (Clio Online. 2014.)

Plattorna förflyttar sig ett antal centimeter årligen (Da cruz, J. 2006.) och sker i form av divergerande och konvergerande plattgränser, samt omvandlingsgränser (Binogi Sverige. 2018). Gränserna där plattorna möts kallas för förkastningar (Da cruz, J. 2006.) När de tektoniska plattorna rör sig från varandra, divergerar de, medan mötet vid kollision kallas för konvergerande (Allaby, M. 2008.). Vid divergerande plattgränser strömmar magma upp mellan plattorna från jordens inre och kyls ner på så sätt att nya plattor eller bergskedjor bildas. Här bildas dock inte jordbävningar som när plattorna konvergerar. (Svenska nationella seismiska nätet [SNSN]. 2021.).

Plattorna kan trycka mot varandra så pass att de hakar fast i varandra. När spänningen blir alltför stor bryter de sig fria och trycket som därmed uppstår får hela marken att röra sig då ett stort landområde hastigt höjs. Sker detta i havsbotten leder det till att hela vattenmassan ovanför trycks uppåt och därmed skapar en flodvåg (Tärning, J. 2014.) Omvandlingsgränserna, även kallade transform plattgränser, är definierade utifrån att de varken skapar eller förstör plattorna, utan snarare rör sig längs med varandra. Friktionen skapar spänningar plattorna emellan och kan därmed skapa mindre jordbävningar i jämförelse med de som sker vid konvergerande plattgränser (SNSN. 2021.)

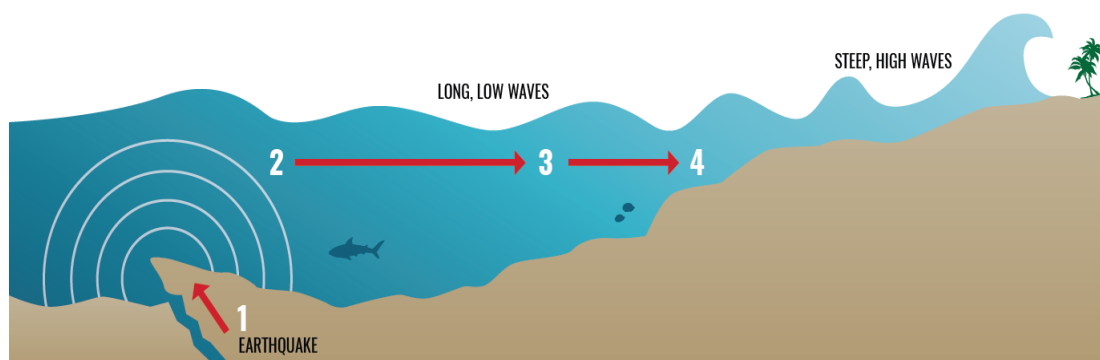
3.2.2 Inducerad tsunami

Tsunamis kan induceras av vulkanutbrott, jordskred både på land och i havet, men främst av tektonisk aktivitet i havsbotten (Da Cruz, J. 2006.) som skapar jordbävningar med vanligen över 7 på Richterskalan (WHO. 2011.). Utöver plattetektonikens rörelser hade likväl ett meteorit- eller asteroidnedslag (Dalin, G. 2006) samt en atombombsprängning kunnat orsaka denna flodvåg. I grund och botten uppstår tsunamis av större krafter eller spänningar vars energi förs vidare och orsakar stora vattenmassor till att plötsligt lyftas eller sänkas, “i vertikal förskjutning” (Da Cruz, J. 2006.).

Den enorma energimängd som plattetektoniken orsakar vid tsunami-framkallade jordbävningar överförs till vattnet ovan i form av långa vågor som därefter fortplantar sig vidare ut i havet (SGU. 2020.). Vågornas energi är så pass stor att havsnivån tillfälligt höjs, detta dämpas dock i det vida havet på grund av gravitationskraften som äger rum. Tyngdkraften ger motstånd till tsunamivågen och ger upphov till att den istället breddar ut sig mer horisontellt i havet (TED-Ed. 2014.).

Ute till havs märks vanligtvis inte en tsunami av. Höjdskillnaden på djupt vatten är minimal i jämförelse med hur stor en tsunami faktiskt är. På djupt vatten visar sig endast en svag förhöjning, “vanligen under 1 meter” (SGU. 2020.). Detta beror på att flodvågen utnyttjar hela vattendjupet från havsbotten till havsnivån, varav hela vattenmassan är i rörelse, se Figur 3. När vattenmassan vid kusten minskar på grund av grundare vatten måste den massiva energin kompensera genom att pressas samman horisontellt (TED-Ed. 2014.). Energin som vattnet förs med bromsas upp av kustens friktion. Detta resulterar i att vågorna närmre land ökar i amplitud (B. W. Levin, M. A. Nosov. 2016.), det vill säga höjd, men hastigheten blir lägre (Röda korset. 2020.), se Figur 3. Tärning (2014) påpekar att tsunamin kan träda upp över 10 m i höjd vid stranden. “Anledningen är att samma energimängd måste fortplantas i grundare vatten” (SGU. 2020.).

Tsunamins vågdal närmar sig land först och drar in vattnet vid kusten. Sedan anländer vågtoppen och framträder stigande vid horisonten som hastigt drar upp över land (Allaby, M. 2008.). Katastrofala tsunamis som går upp flera tiotals meter i höjd resulterar i flera kilometers översvämning in på land (B. W. Levin, M. A. Nosov. 2016.) Jätteflodvågorna drar inte bara med sig människoliv, utan är kraftiga nog för att undanröja ett helt samhälle i kustområdena, både in mot land samt när vågorna drar sig tillbaka till havet (TED-Ed. 2014.). Tsunamis sköljer bland annat iväg båtar och bilar, drar med sig lösa objekt och träd, såväl som kollapsar broar och byggnader (B. W. Levin, M. A. Nosov. 2016.). De kan minst sagt “orsaka stor förödelse” (SGU. 2020.).



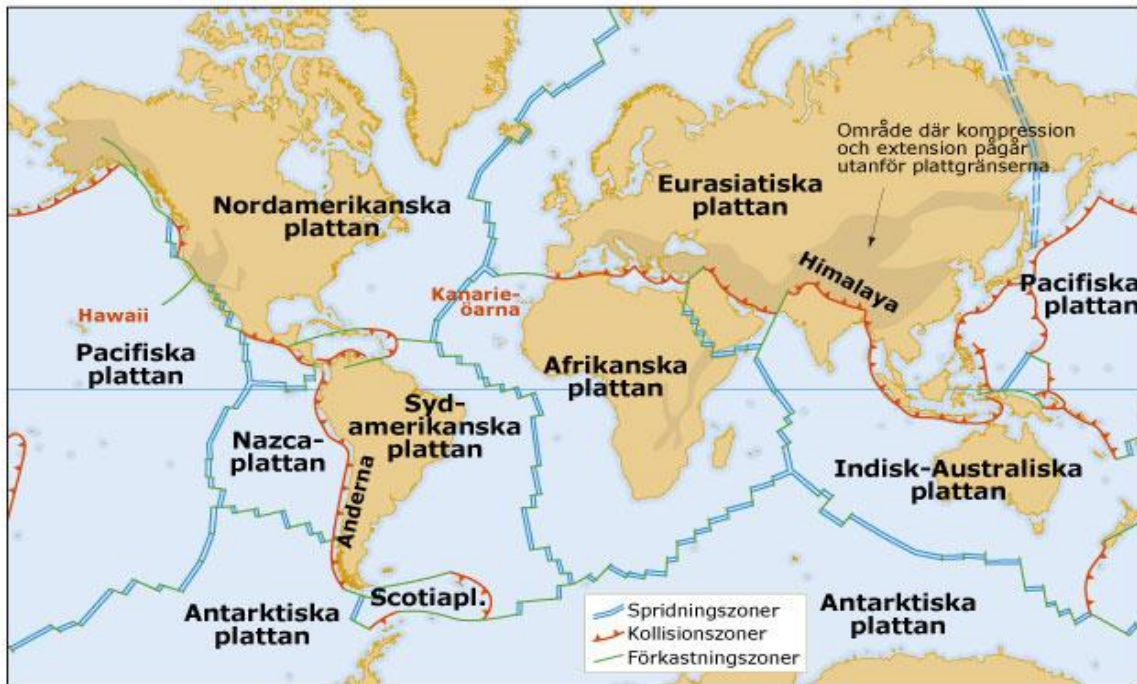
Figur 3: Tsunamins rörelsemönster (California State University. 2021.)

3.3 Riskzoner

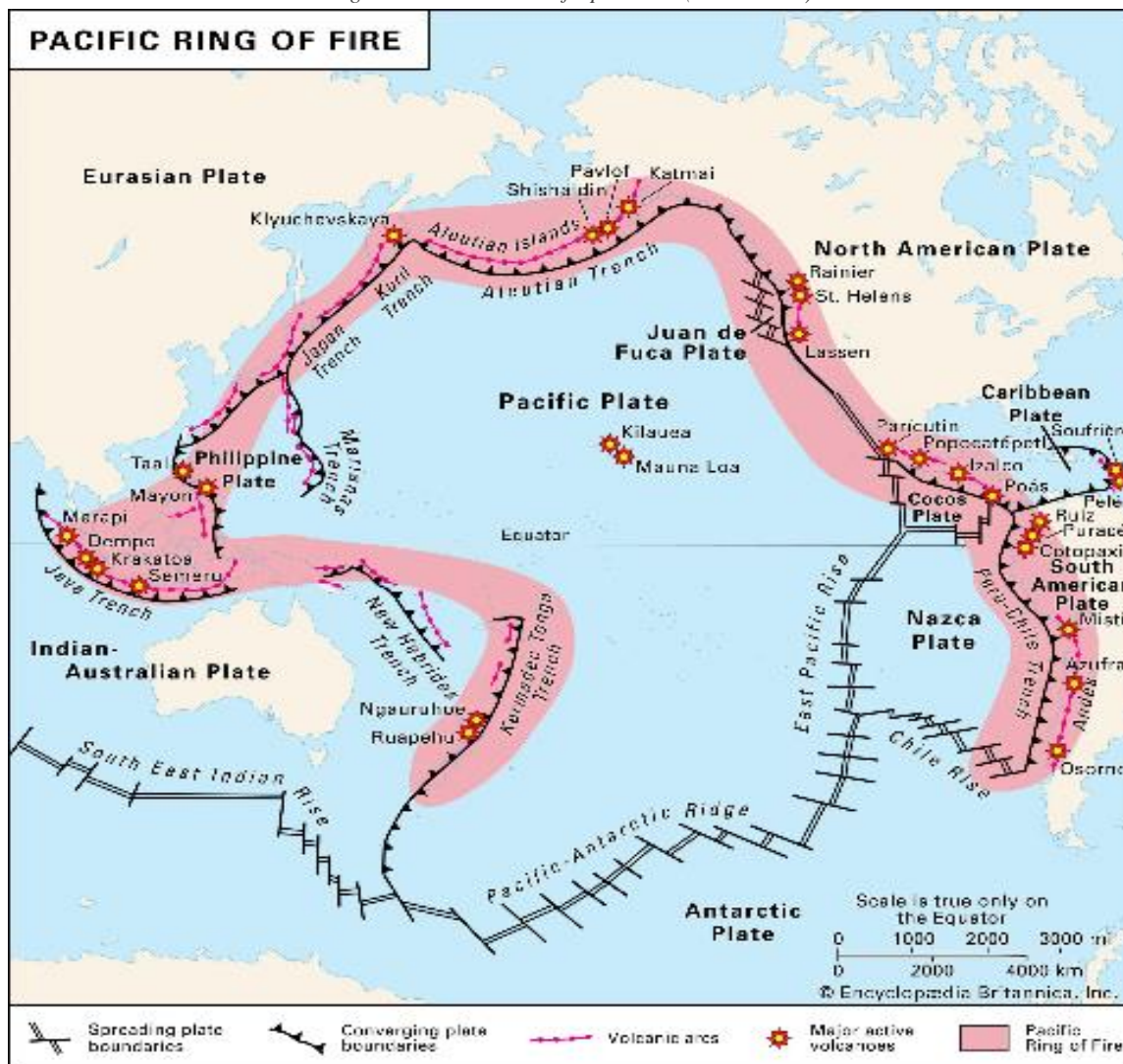
Det finns tre olika plattgränser, som tidigare har nämnts; divergerande, konvergerande och förkastningar. I denna del kommer dessa istället att kallas för spridningszoner, kollisionszoner och förkastningszoner. Dessa plattgränser existerar mellan de redan nämnda sju stora plattor och ett tiotal mindre plattor. De större anses vara "Eurasiska, Nordamerikanska, Sydamerikanska, Afrikanska, Indo-Australiska, Antarktiska och Stilla havs-plattan" (nrm. 2020.).

De flesta jordbävningar sker där litosfärplattorna rör sig som mest i förhållande till varandra och där plattorna möts (SGU. 2020.). Förkastningszonerna är de grönmärkerade zonerna, kollisionszonerna är de rödmärkerade zonerna och spridningszonerna är de blåmärkerade enligt SGU:s Karta över litosfärplattorna (Figur 4). Dessa tre typer av zoner representerar olika sätt som plattorna kan interagera med varandra. En förkastningszon är en plattgräns där två jordplattor glider förbi varandra horisontellt. Denna rörelse kan ske i sidled, motsatt riktning eller samma håll. När dessa plattor försöker röra sig i olika riktningar skapas spänningar som kan leda till kraftiga jordbävningar. Vid kollisionszonerna rör sig istället två plattgränser mot varandra och kolliderar. Dessa zoner är kända för att vara platser där bergskedjor bildas och är förknippade med jordbävningar och vulkanisk aktivitet. Den blåmärkerade zonen, spridningszonen, är den typ av plattgräns där två jordplattor rör sig bort från varandra. Detta sker enligt Figur 4 oftast i havet och resulterar i att en ny oceanisk skorpa bildas. När de två jordplattorna separeras stiger alltså magma upp från jordens mantel och fyller tomrummet som skapats.

Kartan i Figur 4 visar alltså just var jordbävningar sker men något som bör noteras är att en jordbävning som sker ute på djupt vatten är de jordbävningar som är benägna till att orsaka en kraftfull tsunami, i jämförelse med jordbävningar som sker på land eller vid grundare vatten. Jordbävningar är alltså vanliga i alla zoner medan tsunamis är vanligast i spridningszoner eftersom dessa är lokaliserade i haven. Även kollisionszonerna är zoner där tsunamis inträffar. Dessa är inte lika vanligt förekommande zoner där tsunamis sker jämfört med spridningszonerna eftersom det beror på var jordbävningen lokaliseras och med vilken magnitud den inträffar i kollisionszonerna. Ett exempel är Stilla havet där 78% av alla tsunamis har skett (National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]. 2023.). Runt Stilla havet finns den region som kallas för Eldringen, eller "Ring of fire" på engelska, som är känd för sin höga seismiska aktivitet på grund av just zonernas lokalisering. Här befinner sig zonerna på världens största hav med mycket djupt vatten (NOAA. 2023.) vilket gör det möjligt för vågor att bildas i större magnitud jämfört med om de hade befunnit sig i Atlanten där lika mycket energi inte kan utvinnas (SMHI. 2021.).



Figur 4: Karta över litosfärplattorna (SGU, 2020.)



Figur 5: Eldringen (Britannica, 2023.)

3.3.1 Byggnader och bosättning i riskzoner

Att bygga upp ett säkrare och mer stabilt samhälle kräver stora insatser från både staten och befolkningen. Vanligtvis är det människor med lägre inkomst som bor i riskområdena och som därmed inte har ekonomin för mer än det dagliga behovet, samt säkerställandet av hälsa och utbildning (Khudair, Z. 2012.). Även Lundén (2006) påpekar detta och nämner att "Om ett område är farligt för bosättning är markvärdet lågt, vilket lockar till sig människor som inte har råd att bo säkert.". Samtidigt uppmärksammar han att "dessa potentiella katastrofzoner" likväl kan vara väldigt attraktiva, visuellt och fysiskt, och därmed locka till sig aktivitet som främjar ekonomin och turism. I sådana fall borde ytterligare arbete för information och kommunikation, från och till lokalbefolkningen, inledas så att alla kan vara redo för att hjälpa till att skydda varandra.

Brist på kunskap är också en faktor till varför verkställandet av säkrare byggnader inte riktigt prioriteras. Den mest dominerande faktorn är dock att tilliten och relationen med staten inte är säker eller stabil nog, vilket gör att allmänheten inte heller vill ta ansvar för förändringarna som måste ske. Det är även känt att fler utbildade människor med högre kunskap kring tsunamisäkert byggande förstår vikten av att eventuellt flytta ifrån en riskfylld plats. Alla har dock inte möjlighet att flytta på grund av deras ekonomiska livsstil. När ekonomin inte är tillräcklig innebär det även att byggnader inte kommer kunna byggas på ett sätt som anses vara tsunamisäkert, särskilt inte om staten inte bidrar. Bosättning i riskzoner är oftast inte ett aktivt val. Skulle andra alternativ erbjudits hade förmodligen många fler flyttat till säkrare områden. Detta gör att kvarvarande människor med på platsen att bygga upp sina egna hem trots brist på kunskap. Människorna förblir trots allt tacksamma nog för marken de får leva på, som även ger dem tak över huvudet och mat på bordet (Khudair, Z. 2012.).

Att en naturkatastrof kan inträffa på en viss plats borde vara hämmande nog för befolkningen att inte bosätta sig inom dessa områden. I stället har det visat sig att det vid kustsamhällen fortfarande råder stadsutveckling trots att tsunamis tidigare inträffat på platsen. Detta kan bero på bland annat ekonomi, regeringens politik, befolkningstillväxt och brist på kunskap. Vad alla inte inser är att tsunamis inte är en naturkatastrof som ofta inträffar, men som när den inträffar har potential att fördärva hela städer (Amri, I och Giyarsih, S.R. 2021.). Lämplig politik är ett sätt att främja en hållbar stadstillväxt (Achmad, A., et al. 2015.). Det är nämligen inte ovanligt att stadstillväxt leder befolkningen till riskzoner när en lämplig fysisk stadsplanering inte har styrts upp. Reglering gällande markanvändning och andra riktlinjer relaterade till byggregler ger såväl myndigheter och organisationer som lokalbefolkningen en uppfattning om vad som faktiskt är lämpligt för platsen. Det är därmed viktigt att se till att stadsplaneringen i samband med stadsutveckling utformas i takt med befolkningsökningen för att styra upp och minimera eventuella risker (Amri, I och Giyarsih, S.R. 2021.).

Hur det kommer sig att så många fortfarande befinner sig inom riskzonerna för tsunamis kan bero på mycket. Några av orsakerna är ägandeskap, markpris, verksamhet, historisk och kulturell association till platsen. Begränsad tillgång till land innebär svårigheter för stadsstyrelsen att flytta ett kustsamhälle längre in mot land. Mark är kostsamt och alla har inte råd att äga mer än en tomt. Om tomten som ägs är belägen inom en riskzon för tsunamis har markägarna oftast inte ekonomi nog, och därmed inget annat alternativ än att bygga och förbli bosatta i riskzonen. Zoner som tidigare har drabbats av tsunamis får oftast ganska direkt ett lägre markvärde, medan mark längre in mot land ökar i värde. Detta gör det ännu svårare för de drabbade människorna att ha råd att omlokalisera sig (Amri, I & Giyarsih, S.R. 2021.).

I många fall har även markägarna en historisk förbindelse till platsen. Marken kan ha erhållits från familjeärv med starka kopplingar till havet. Verksamheterna på platsen kan vara deras huvudsakliga inkomstkälla och vara bidragande till försörjningen av familjen och samhället. Detta gäller exempelvis fiske och annan handel vid havet. Det är ingen enkel process att omlokalisera människor på grund av tsunamis, som därmed blir tvungna att anpassa sig till nya aktiviteter, skapa nya sociala nätverk och tillgodose sina grundläggande behov i städerna. Vissa platser ligger långt utanför deras komfortzon och städernas centrum vilket kan försvåra situationen och anpassningen. Många känner sig inte bekväma nog och missnöjden med omplaceringen kan leda till att de flyttar tillbaka till deras ursprungliga bostadsorter trots riskerna vid kusten (Amri, I & Giyarsih, S.R. 2021.).

Vad som krävs av staten för att lyckas med tsunamiförebyggande åtgärder är bland annat att bekämpa mer av fattigdomen, ge alla tillgång till säkrare platser att bygga på och implementering av lämpliga byggregler (Rhyner, K. 2006.). Politik gällande mark bör i framtiden utveckla fram hållbara lagar och regler för att undvika byggnation och omlokalisering till tsunamiutsatta områden (Supprasi, A., et al. 2012.). Genom att skapa fler möjligheter för de som inte har råd att bygga upp en annan livsstil från grunden ges de fler alternativ till yrken och livsstilar utanför riskzonerna. Det är uppenbart att de kommunala, provinsiella eller nationella regeringarna i utvecklingsländer har begränsade möjligheter för att uppnå en optimal nivå av dessa åtgärder. Vad som hindrar den politiska makten att skapa gynnsamma förändringar är den sociala och ekonomiska aspekten kring alla beslut och program som hade behövt implementeras för att avsevärt minska sårbarheten i kustsamhällen (Rhyner, K. 2006.).

3.4. Mätskalor och tekniker

Mätskalor och mättekniker är viktiga verktyg som hjälper till att kvantifiera och beskriva styrkan hos tsunamis. Tsunamis är, som redan konstaterats, både en komplex och föränderlig naturkraft vars egenskap och styrka förändras i enlighet med flera variabler. Vad som mäts i en tsunami och hur mätningarna görs beror på flera olika faktorer. Valet av parameter kan bero på syftet med mätningen och vilken information som behöver samlas in.

Vad mäts i en tsunami?

Styrka - Magnitud och intensitet

Tsunamistyrka mäts först och främst i form av magnitud och intensitet. Magnituden är ett av de vanligaste måtten för att beskriva styrkan hos en tsunami eller styrkan hos ett jordskalv. Styrkan anges i form av Richterskalan som är en logaritmisk skala som mäter mängden energi som 'utvecklas vid jordskalvets fokus och baseras på den uppmätta amplituden på ytan.' (Svensk kärnbränslehantering [skb]. 2023.). I och med att det är en logaritmisk skala betyder det att för varje steg på Richterskalan multipliceras styrkan med 10 (Eriksson, S. & Reslan, S. 2016.).

Richterskalan uppfanns av Charles M. Francis Richter år 1935 men idag används en nyare variant av skalan som kallas för momentmagnitudskalan. Denna skala, förkortad Mw, fungerar över ett bredare spektrum av jordbävningssstorlekar och kan appliceras på flera platser i världen. Skillnaden mellan dessa två skalor är att momentmagnitudskalan ger ett mer precist värde för magnituder över 8 (Michigan Technological University. 2023.).

Intensiteten är istället ett mått för vilken påverkan jordskalvet har på byggnader, natur och människor. Skalan använder ett romersk nummersystem mellan siffrorna ett till tolv där varje nivå beskriver hur jordskalvet upplevs för människor och hur byggnader och infrastruktur påverkas av skalvet (Michigan Technological University. 2023.). "Den varierar från plats till plats, beroende bland annat på vilka jordlager som finns där och på avståndet till epicentrum, det vill säga den plats på markytan som ligger rakt ovanför jordskalvets fokus under jord (s.k. hypocentrum)." (skb. 2023.). Intensiteten mäts enligt Mercallis intensitetsskala som uppfanns av Guiseppe Mercalli år 1902 men som under senare tid har modifierats av Harry Wood och Frank Neumann till den skala vi använder idag (Michigan Technological University. 2023.).

Våghöjd

Avser höjden mellan vågens dal och vågens topp. Våghöjden mäts i meter.

Våglängd

Avser längden mellan mitten på den ena vågens topp till mitten på den andra vågens topp. Ute på havet har vågorna normalt en våglängd på 100 meter medan tsunamivågor kan ha våglängder upp till 500 kilometer (Nelson, S. 2016.).

Våghastighet

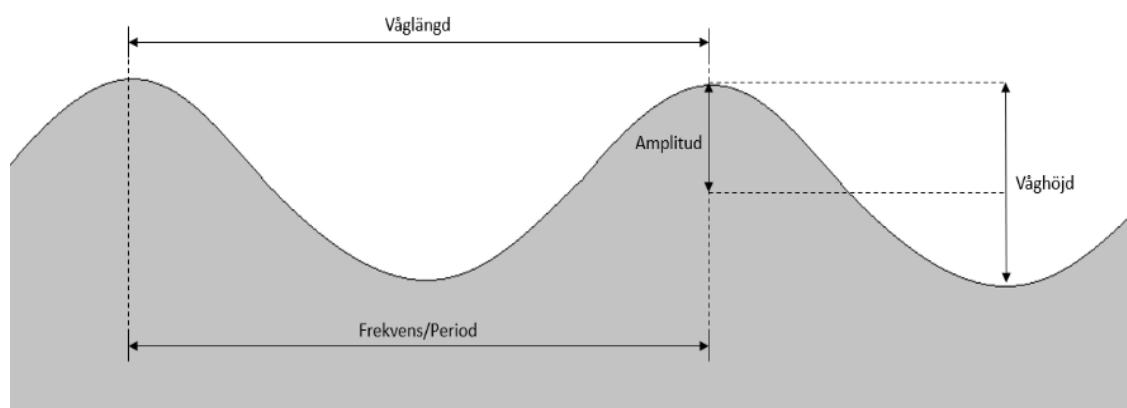
Mäts i kilometer per timme. Normalt har vågorna en hastighet på 90 km/h medan tsunamivågor kan ha en hastighet upp mot 950 km/h (Nelson, S. 2016.).

Amplitud

Med vågornas amplitud menas oftast halva våghöjden och är även här mätt i meter (Nelson, S. 2016.).

Frekvens/Period

En frekvens eller en period är tiden som det tar för en hel våg att passera en stillastående punkt. Denna tid kan mätas i sekunder, minuter och hertz. En period för en tsunami kan vara allt mellan 5 och 90 minuter lång (International Tsunami Information Center [ITIC]. 2023.).



Figur 6: Mätparametrar för tsunamivågor (Skapad av författaren, Lydia Stijovic. 2023.)

3.5 Mätinstrument & Varningssystem

3.5.1 Seismiska sensorer

En seismometer är ett mycket känsligt instrument som används för att registrera jordbävningar och dess magnitud. När det kommer till tsunamis så används seismometern för registrering av jordskalv som sker ute på djupt vatten. Instrumentet fungerar på ett sådant sätt att det mäter markens rörelser i förhållande till ett objekt som är oberoende av rörelserna (snsn. 2021.) Detta objekt är oftast en vikt av något slag som är fäst i en fjäder och hänger från instrumentet. Förr användes en nål eller en penna för att registrera markrörelserna som sedan lämnade ett spår av sicksackmönster på en roterande pappersrulle (Eriksson, S. & Reslan, S. 2016.). Denna rulle skakade i samband med markrörelserna och registrerades på det som kallas för en seismograf eller seismogram i form av horisontella nord-syd rörelser, horisontella öst-väst rörelser och vertikala rörelser (P.L. Abbott. 2006.). Idag registreras istället dessa signaler på en dator men fungerar enligt samma princip (Seis-Insight. 2016.)

3.5.2 Vattenståndsmätare

En vattenståndsmätare är ett mätinstrument som registrerar vattenståndet i olika vattenkroppar. Detta instrument förekommer ofta i samband med en anläggning som utför kontinuerlig övervakning och insamling av data för att övervaka bland annat tidvatten. Förr spelade vattenståndsmätarna in alla mätningar medan de idag använder avancerad akustik och elektroteknik. Vattenståndsmätarna skickar ner en ljudsignal genom ett avlångt rör och mäter sedan tiden det tar för samma signal att återvända upp till vattenytan. Denna data samlas in var sjätte minut (NOAA. 2023.).

3.5.3 Hydrofoner

Precis som en mikrofon så är även en hydrofon en typ av akustisk sensor. De är placerade på havets botten och genererar elektriska signaler när de utsätts för vattentrycksförändringar. När en hydrofon utsätts för dessa tryckförändringar och genererar de elektriska signalerna så skickas de sedan in igen till land för att i sin tur förstärkas för inspelning (NOAA. 2023.).

De akustiska vågorna som en tsunami orsakar rör sig mycket snabbare än själva tsunamin. Därför är hydrofoner främst utvecklade för att kunna ge mer tid för att agera och eventuell evakuering ifall en tsunami skulle detekteras. De kan identifiera jordbävningar och tsunamis från flera tusentals kilometers avstånd oberoende av vilken riktning tsunamin rör sig (UNDDR. 2018.).

3.5.4 DART-system (Tsunamiboj)

DART-systemet som tillverkats av National Oceanic and Atmospheric Administration står för "Deep-ocean Assessment and Reporting of Tsunamis". Det består bland annat av en så kallad "Bottom Pressure Recorder" (BPR) som detekterar tryck och vibrationer i marken. BPR:en är kopplad till en akustisk länk som överför datan från havsbotten till bojen på havsytan. När bojen har fått datan skickas signalerna till en satellit som sedan skickar vidare signalerna till DART-systemets markstationer. Ifall bojarna detekterar en tsunami så skickas signalerna från markstationerna vidare till ett varningscenter (NOAA, 2023.). Bojen i sig själv registrerar även havsnivåförändringar som kan skickas till markstationerna.

DART-systemen är begränsade när det kommer till hur långt ut i havet och vart i havet de kan placeras. Bästa möjliga fall hade varit om de kunde placeras långt ut i havet, men detta kräver ett stort antal bojar för att kunna fungera korrekt. Istället är de placerade närmare in mot land där det kräver färre antal bojar för att fungera. Problemet med detta är att det finns mindre tid för att agera och evakuera när DART-systemet väl upptäckt en kommande tsunami (United Nations Office for Disaster Risk Reduction, [UNDDR], 2018.).



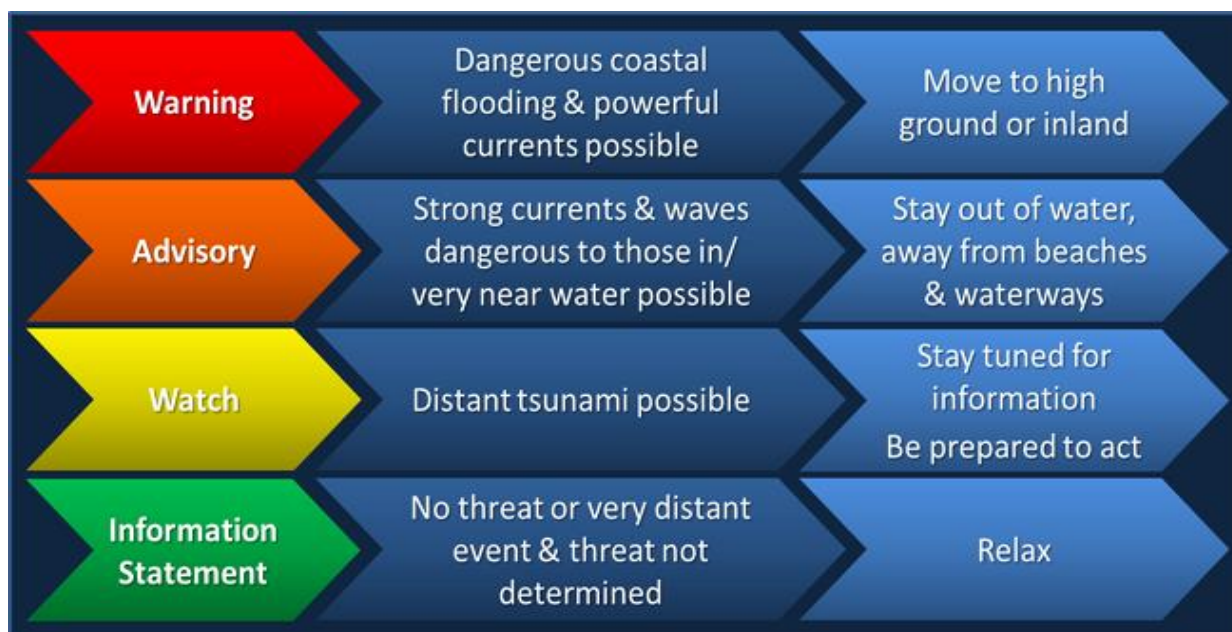
Figur 7: DART-boj (Woods Hole Oceanographic Institution, 2005.)

3.5.5 Varningscenter

Det finns flera varningscenter lokaliserade runt om i världen. Det är specialiserade organisationer vars uppgift är att samla in information från olika mätinstrument för att kunna göra en bedömning av den seismiska aktiviteten. Ifall den seismiska aktiviteten tyder på att en tsunami är på väg så utfärdas varningar och råd till de drabbade regionerna (NOAA. 2016.).

Några exempel på kända varningscenter är (ITIC. *Current Official Tsunami Bulletins*. 2023) :

- Pacific Tsunami Warning Center (PTWC) som täcker Stillahavsområdet
- National Tsunami Warning Center (NTWC) som täcker USA
- Japan Meteorological Agency (JMA) som täcker Japan
- Indian National Centre for Ocean Services (INCOIS) som täcker Indiska oceanen



Figur 8: Varningsmeddelanden (National Weather Service. u.å.)

Både PTWC och NTWC har konstruerat fyra olika nivåer för varningsmeddelanden, se Figur 8, som ska nå ut till befolkningen när en tsunami är på ingång. Vilket av dessa meddelande som används beror på tsunamins styrka. Detta meddelandets syfte är inte bara att varna de drabbade inför hotet som lär drabba deras kuster utan är också till för att hjälpa befolkningen för hur de ska agera beroende på tsunamins styrka (ITIC. 2023).

4. Krishantering i förebyggande syfte

4.1 Vad är en kris?

En kris definieras enligt Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB. u.å.) som en hotfull händelse vilken skapar oro och oordning i ett samhälles fundamentala funktioner, som vanligtvis är plötsliga och kan komma att kräva påskyndade beslut. Människors liv kan vara i fara, el- och vattenförsörjningssystemet kan ruineras och oklarheter kan råda kring helhetsbilden på händelseförloppet. Konsekvenserna kan vara flertalet drabbade människor, liksom ett förstört samhälle som kan komma att behöva återuppföras på nytt för att åter vara fungerande. Vid kris räcker sällan ordinarie resurser till, utan stöd och insatser från andra håll erfordras (MSB. u.å.).

4.2 Tsunami som kris

Tsunamis faller därmed inom denna kategori, vilket innebär att ett samhälle som befinner sig inom riskzonen att drabbas, bör arbeta med att vara förberedda i den mån det går. Här handlar det om att kunna arbeta både proaktivt och interaktivt (Erdman, A. & Wahlund, A. 2011.). Detta innebär identifiering av att en framtida tsunami kan ske och att försöka förhindra konsekvenserna av den med förebyggande åtgärder. Även att i förhand planera inför att handla på ett organiserat sätt under en kris för att åstadkomma smidigare och effektivare system, som exempelvis evakuering och skyddsutrymnen, som i sin tur kan lindra skador som eventuellt hade kunnat uppstå i svårare form.

4.3 Samhällets förebyggande åtgärder

Händelseförloppet från att flodvågorna bildas till att hela kustsamhällen ödeläggs sker relativt fort. Att inte vara förberedd som samhälle tar livet av så många fler än vad som kanske redan är oundvikligt, vilket därmed inte är ett hållbart förhållningssätt. NOAA (2023) menar på att även om tsunamis inte är ett ofta förekommande fenomen, har ett förberett samhälle en stor inverkan på de liv och egendomar som består.

Studien av Erdman, A. och Wahlund, A. (2011) baseras på uppbyggnaden av kriskommunikationsberedskap inom företag, men vars infallsvinklar i förebyggande syfte även kan tillämpas vid beredskap av de kriser som uppstår vid tsunamis. De menar på att begreppet kriskommunikation bör hanteras i ett bredare perspektiv. Att i stället för att avgränsa det till kommunikation under tiden en kris sker och arbetet därifrån, ska man se kriskommunikation som ett förebyggande arbete som sedan används, bearbetas och utförs "innan, under och efter en kris". Det är viktigt att efter inträffandet kunna kommunicera vidare vilka lärdomar som kan dras av olika ageranden. "Bristande eller undermålig kommunikation kan i sig skapa eller förvärra en kris". Diskussioner bör framkallas kring vad som har fungerat bra, vad som har fungerat mindre bra och vilka alternativ som behöver bearbetas vidare eller fram, för att därpå "vara ännu bättre förberedda på en eventuell ny kris". Ytterligare påpekas vikten av samarbete och att skapa relationer som förebyggande åtgärd, vilket innebär ett bildande av goda kontaktnät med respekt och förtroende för varandra. Kommunikation chefer och kollegor emellan inom olika organisationer som på ett eller annat vis kommer att behöva vara involverade i en framtida kris, kan komma att underlätta omgående samarbeten under själva krisen i och med att de tidigare associerat och därmed känner till respektive aktörs tillförlitlighet, arbetsmetoder och ingripanden (Erdman, A. & Wahlund, A. 2011.).

Organisationer måste utöver teoretisk planering se till att även praktiskt kunna få ihop ett krisarbete. När en kris väl sker ska omställningen kunna ske på ett väl strukturerat sätt och inte skapa ytterligare problem eller misstag som kan komma att förvärra situationen. Rätt organisationer och individer som ska vara med och agera i en kris bör kunna förhålla sig till vad som tidigare planerats med rättfärdiga justeringar i fall det erfordras (Erdman, A. & Wahlund, A. 2011.). Ett vanligt uttryck som i vardagen används är att "övning ger färdighet", vilket minst sagt stämmer in även här. En person som varit med om sådant arbete flertalet gånger lär vara rutinerad och kommer förmodligen att ha större kunskap och överblick på en situation, samt veta vad den ska och kan bidra med mer exakt, än en person som aldrig tidigare varit med om något liknande. De erfarna lär vara mer kunniga för att styra och ställa, medan en person som är med för första eller andra gången kanske behöver mer tid på sig att sätta sig in i sin arbetsroll.

Viktigast är att förbereda ett arbete inför eventuella kriser och planera till viss del, då en kris och dess arbete som krävs vanligtvis inte kan planeras fullt ut. Att vara teoretiskt och praktiskt förberedd är en sak, sedan handlar det lika väl om att hantera krisen och konsekvenserna av den i den takt den inträffar. Intervjuer visar på att det är rimligt med krisövning en gång per år inom företagen, för att övningen på riktigt ska kännas verklig och viktig. Här handlar det om att testa processerna i beredskapen, se krishanteringen som ett levande arbete som kan vara oförutsägbara, visa på oprövade omständigheter som kan komma att kräva ytterligare åtgärder. Det gäller att förstå sin roll och vilka arbetsuppgifter vardera person tillhandahåller i pressade situationer för att kunna åstadkomma framgång i teamens samordning och i krisens räddningsarbeten (Erdman, A. & Wahlund, A. 2011.).

4.4 Övning och beredskap inför tsunami



Figur 9: Evakueringssteg vid tsunamiövning (United Nations Development Programme. 2019.)

4.4.1 Betydelsen av kollektiv beredskap

Beroende på hur långt ut jordbävningarna sker ute till havs, träder flodvågorna in mot land på olika kort eller lång tid. Det kan ta en tsunami 20 minuter, liksom timmar, att nå kusten. Detta innebär att det inte går att förlita sig på att varningssystemen hinner nå ut i god tid varje gång. Människorna vid kusten måste vara kunniga nog för att identifiera de naturliga tecken som förekommer i samband med tsunamis och vid minsta lilla misstanke bör försiktighetsåtgärder vidtas i form av omedelbar evakuering. Det är mer sannolikt att observationen och evakueringen sker av lokalbefolkningen i första hand, vilket visar att det är essentiellt att evakueringen prövas. Det är väsentligt att människorna som befinner sig i riskzonerna vet vilka rutter de till fots kan och bör ta till ett högre läge. Evakuering med hjälp av fordon är inte alltid optimalt. Jordbävningen kan ha orsakat förhinder på vägarna och det kan bildas kö eller totalstopp i trafiken vilket endast utmynnar i att alla gör varandra en otjänst och fastnar på olägliga platser (Nourse, K. 2017.). Evakueringsrutterna bör med jämna mellanrum uppdateras i samband med ny kunskap och data i fall aktuella omständigheter visar på avvikelser (NOAA. 2023.).

En kollektiv evakueringsövning inför tsunamis innebär att fler blir medvetna och skapar en ökad förståelse för vad en tsunami kan innebära, som i sin tur ger samhället bättre förutsättningar och därmed mer motståndskraft. Utöver detta påpekar Nourse, K. (2017) hur viktigt det är med regelbundna övningar och ett generellt samhällsengagemang där alla involverade i samhället deltar, såsom bland annat lärare och elever i skolor, familjer, företag, lokala organisationer och tjänstemän. Genom att utbilda folket, skapa goda kommunikationsnätverk, planera och öva tillsammans ökar möjligheterna till att rädda fler liv. När alla är delaktiga och informerade kring hur varje person når säkrare områden och även var deras nära och kära kommer att befinna sig, skapas en förebyggande trygghet och säkerhet, som minimerar risken i att människor tvekar i deras beslut och att fler utsätter sig för fara för att rädda andra familjemedlemmar. I stället är det mer sannolikt att evakueringen i riskzonerna sker omedelbart (Nourse, K. 2017.).

Engagerade volontärer som deltar i de regelbundna övningarna uppmuntras även till att vara aktivt involverade och agera när en tsunami väl inträffar, vilket är ännu en positiv aspekt att ta hänsyn till. Rollspelen visar på var vägledning behövs och delegerar ansvar till olika positioner, var volontärerna får träna på sina färdigheter och får skapa sig en uppfattning över vilka frågeställningar som kan uppkomma för att därmed veta vilken kunskap och vilka svar de bör ha redo. Människor har uttryckt att de innan övningarna ägt rum, tvivlat på sin förmåga att på egen hand evakueras till respektive skyddsområden i tid, för att sedan inse att det absolut är möjligt. Rent allmänt bringar deltagandet i övningarna förtroende för befolkningen själva men även för varandra i samhället runtomkring. Övningarna gör det mer troligt att evakueringen kan ske i lugnare och mer effektiva förhållanden när en riktig evakueringen verkligen råder (Nourse, K. 2017.).

4.4.2 Översiktliga rekommendationer till övningar

Planerade övningar sätts upp i olika omfattning med hänsyn till var kustsamhällena är belägna, landets erfarenhet och vilka säkerhetsåtgärder som bör tas. De mest framgångsrika övningarna förknippas med att lokalbefolkningen, organisationer och människorna från de offentliga myndigheternas räddningstjänst sinsemellan har lyckats skapa starka relationer (Nourse, K. 2017.). Tsunamis är ett relativt sällsynt fenomen, men vars effekter kan skapa stor förödelse. Att regelbundet anordna evakueringsövningar är därmed nödvändigt för att upprätthålla den operativa beredskapen som behövs när tsunamin väl inträffar. Övningarna visar nämligen på hur förberedda samhället är till ett potentiellt krisläge och kan därmed analyseras för att kunna vidta planering för vidare åtgärder som behöver utvecklas (International Tsunami Information Center [ITIC]. u.å.).

Inför övningarna är det viktigt att fastställa bland annat (Nourse, K. 2017.):

- Vilka som har hand om planeringen (t.ex. tidsplan, statusuppdateringar, kommunikation, samordning och samverkan)
- Fördelningen av roller och ansvarsområden (under övning och till vidare dokumentation)
- Vilka som organiserar och låter övningen genomföras
- Vilka av befolkningen som ska vara involverade
- Samla relevanta tsunami evakueringskartor
- Granska samhällets evakueringsplaner och ruttor
- Syftet med övningen och dess begränsningar (t.ex. kan syftet med övningen vara att lokalbefolkningen ska bekanta sig med deras evakueringsrutt eller med hur varningssystemet fungerar och signalerar ut)
- Bedöma risker och effekter av eventuella begränsningar

Det är även viktigt att förstå att en övning i sin helhet inte kan få med alla aspekter och omständigheter som uppstår när en riktig tsunami väl är på ingång. Variationen av övningar är stor och kan genomföras i stora som små föreställningar. De kan hållas inom avdelningar och organisationer, involvera hela samhällen, stater men även organiseras internationellt (ITIC. u.å.).

Det är svårt att återspegla en sådan komplicerad katastrof i en generell övning, vars omfattning kan variera i både korta och långa drag. Rekommendationer förekommer kring att resebyråer och hotellpersonal bör vara utbildade för att kunna vägleda turisterna från riskzonerna i fall evakuering väntas ske. Lokalbefolkningen behöver också förstå hur de ska kunna hjälpa andra människor, som skadats på grund av den föregående jordbävningen, att evakuera ut från riskzonerna för översvämning. Att invänta ambulans och räddningspersonal i sådana omständigheter lär inte vara gynnsamt. Beroende på när katastrofen inträffar kan ett område vara packad med fler familjemedlemmar och turister, till exempel under sommarmånaderna, vilket medför att större säkerhetsåtgärder lär erfordras. En naturkatastrof tar inte hänsyn till hur många människor som befinner sig på en plats, vilken tid den bör inträffa eller i vilken utsträckning den lär inträffa. Det är därmed viktigt att försöka utbilda och utföra övningarna under olika omständigheter för så god beredskap som möjligt i samhället. (Nourse, K. 2017.). Att media därpå deltar och dokumenterar övningarna innebär att spridningen av kunskap täcker större delar av världens länder, vilket är av stor vikt (ITIC. u.å.)

4.4.3 Evakueringsplan

Allmänna anvisningar på vad människorna bör göra i fall en tsunami är på ingång enligt NOAA (2015):

- Se till att befinna sig på en plats minst 30 meter bort från vattendrag och småbåtshamnar som är anslutna till havet på grund av möjliga vågsvall och översvämningar. (Angivet avstånd betvivlas dock och anses vara otillräckligt).
- Evakuera från de rödmarkerade zonerna när en tsunamivarning utfärdats. Se avsnitt 8.1.4 *Kartor och zonindelning* och Figur 23, 24 och 25.
- Båtagare bör flytta deras fartyg till cirka 90 meters djup och 2 nautiska mil bort från hamninlopp.
- Byggnader av stål eller armerad betong på tio eller fler våningar ger ökat skydd på eller ovanför fjärde våningen. Befinner sig någon nära strandlinjen och om tiden för evakuering inte räcker till bör direkt vertikal evakuering till högre höjder övervägas.

The American National Red Cross (2010) betonar vikten av att ha färdiga evakueringsplaner från olika platser som eventuellt kan komma att nyttjas. Detta gäller från hem, skolor, arbetsplatser och andra möjliga platser en person kan befinna sig på där tsunamis utgör en risk. Vid val av evakueringsplats bör helst områdena vara belägna minst 3 kilometer inåt land eller 30 meter över havsnivån. Områdena bör till fots kunna nås inom 15 minuter.

5. Indiska Oceanen 2004 - Tsunami

Detta kapitel handlar om att identifiera erfarenheter från tsunamin 2004 och dess historiska påverkan. Händelsen studeras med avseende på kunskapsutveckling.

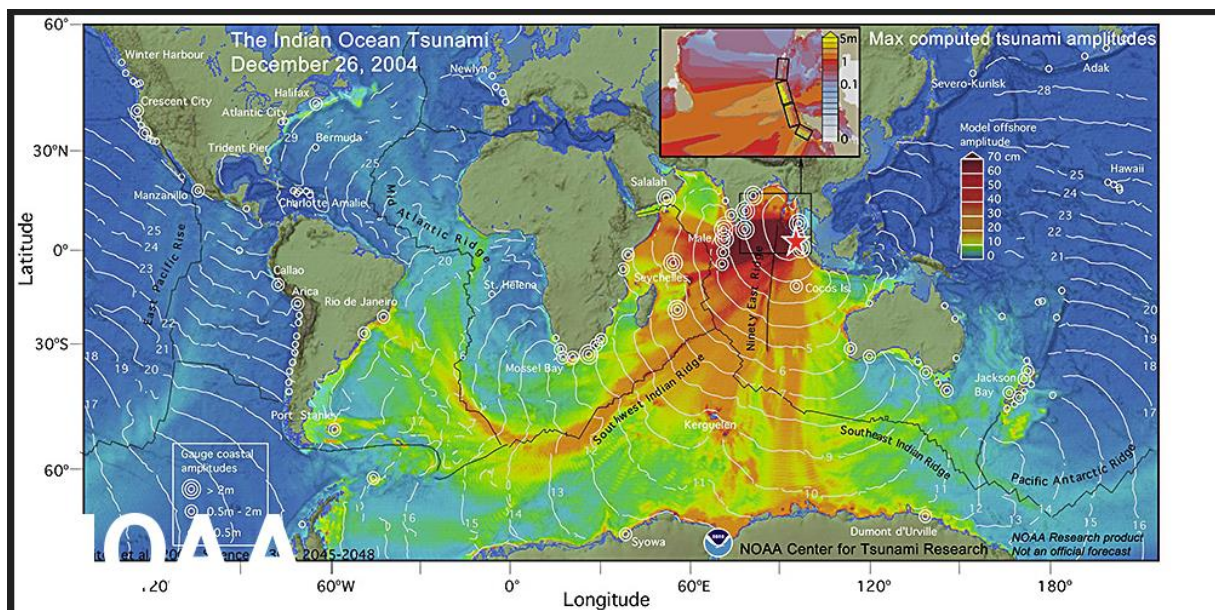


Figur 10: Följderna av tsunamin i Indiska Oceanen 2004 (United Nations Office for Disaster Risk Reduction. u.å.)

5.1 Var uppstod tsunamin och vilka länder påverkade den?

En av de mest förödande naturkatastroferna som skett genom tiderna är tsunamin 26 december 2004 i Indiska oceanen, det mest internationellt välkända fallet i modern tid, som orsakades av ett jordskalv med en magnitud av 9,15 på Richterskalan, vilken gav upphov till att havsbotten förflyttades upp till 20 meter och med det stora vattendjupet därmed genererade mäktiga tsunamivågor vars rörelse utöver vattendjupet även påverkades av gravitationen (Jakobsson, M & Hell, B. 2006.). Vanligtvis varar jordbävningar i sekunder, medan denna pågick i upp till 10 minuter. Kraften från jordskalvet vars energi fördes vidare med vattnet i form av en tsunami anses ha varit "uppskattningsvis över 1 500 gånger mer än atombomben som fälldes över Hiroshima" (Yle, 2014.). En annan liknelse är att energin som frigjordes från jordskalvet motsvarade cirka 2,3 år av Sveriges hela energiförbrukning (Jakobsson, M & Hell, B. 2006.).

Tsunamivågor som nådde hela Sydostasien, kuster och öar i bland annat Burma, Indien, Indonesien, Malaysia, Maldiverna, Sri Lanka, Somalia och Thailand, men som även drabbade länder på längre håll omkring Indiska Oceanen och människor ute till havs vilket rapporterades in senare i tiden och därmed inte blev lika välkänt (Da Cruz, J. 2006.). Se Figur 11.



Figur 11: Modellerad våghöjd (färg) och restider (linjer) av tsunamin 2004 i Indiska Oceanen (NOAA. u.å.)

5.2 Händelseförloppet i områdena kring Indiska Oceanen

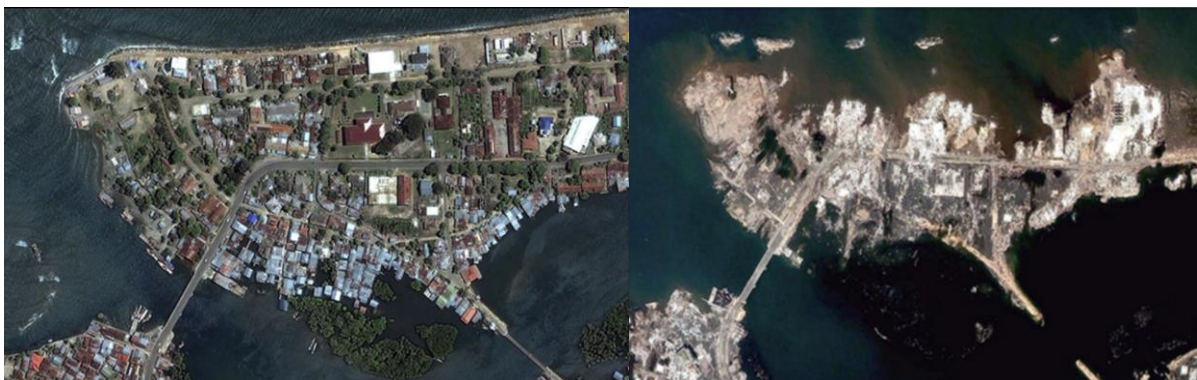
I kronologisk ordning ägde den kraftiga jordbävningen rum den 26 december 2004 klockan 1.59 (svensk tid). Tsunamin som formades nådde Norra Sumatra i Indonesien och ögruppen Nikobarerna klockan 2.15. Vidare fördes den mot Sri Lanka, Indien och Thailand som träffades först klockan 3.45 för att sedan nå Maldiverna vid klockslaget 5.30. Dessutom drabbades Afrikas östkust och fler områden däromkring som dock inte är lika väldokumenterade (Sveriges Riksdag, 2006.). I stort sett drabbades länderna av händelseförloppet inom ett relativt kort tidsintervall från det att jordbävningen inducerade tsunamin.

Bödvarsson, R. (2005), en expert inom seismologi, var aktivt involverad i arbetet från Sverige under hela katastrofens händelseförlopp. I hans expertrapport beskriver han hur privatpersoner som befann sig i områdena, bekanta till dessa men även myndigheter, organisationer och självfallet massmedia sökte sig till seismologer och andra experter i allmänhet som på ett eller annat vis var involverade i arbetet kring tsunamin, för att förstå sig på vad som hade inträffat och vad det innebar för gemene man. Den gemensamma efterfrågan gällde "fakta om orsakerna men framför allt information om det fortlöpande händelseförloppet".

Den inducerade tsunamin hade i oceanens djupare delar en hastighet på omkring 700 km/h, ungefär lika kraftfull som dagens jetflygplan (Jakobsson, M & Hell, B. 2006.), och saktade vid kusten ner till mellan 30-50 km/h i samband med att vågen starkt ökade i amplitud och välld över land (Yle. 2014.). Tsunamin sägs ha nått upp till 51 meter på vissa platser och orsakat översvämningar upp till fem kilometer in på land (NOAA. 2023.). Vissa av de indonesiska öarna omkring Sumatra drabbades av över 15 m höga vågor (Jakobsson, M & Hell, B. 2006.). Trots att Sri Lanka och Thailand sköljdes över ungefär samtidigt blev utfallet värre i Sri Lanka. Jordbävningens epicentrum låg närmre Thailand men vågornas hastighet var mer reducerade av det grundare vattnet i Andamansjön precis utanför Thailand. (Hansén, D. 2005.).

Den 26 december 2004 skakades Bangkok en morgon av det kraftiga jordskalvet, varav vissa av egen intuition evakuerade sina hem utan att några synbara skador hade uppkommit eller varnats för. Under den andra timmen av händelseförloppet kontaktades bland annat anställda på den svenska ambassaden i Thailand av bekanta som befann sig på de mest omskakande platserna och informerades om att “någonting var ‘väldigt fel’. Vattenståndet var ovanligt högt, bilar flöt omkring, hotell var skadade och flera stränder var översvämmade”. De insåg fort att vanliga åtgärder till mildare naturkatastrofer inte skulle räcka till och prioriteringar lades på att meddela ut till världen via media, för att upplysa folket om vad som hade tagit sin början och vad som var på väg att inträffa. Här handlade det om att vara effektiva i informations- och räddningsarbetet när “samhällets alla resurser behövde tas i anspråk”. Trots det aktivt fortlöpande arbete som pågick under naturkatastrofens inträffande var tid och insatser inte tillräckliga nog. När tsunamin väl hade slagit in hade hela kustsamhällen hamnat i total destruktions, vars “bilar, träd och döda kroppar [...] flöt omkring”. Eländet medförde en atmosfär av sorg i alla delar av världen (Hansén, D. 2005.).

Uppskattningsvis dog mer än 245 000 människor sammanlagt i flertalet länder där bland annat Indonesien med cirka 198 000 döda, Sri Lanka 20 000, Indien 11 000 och Thailand 6000, drabbades hårdast (Abbott, P.L. 2006.). Fem miljoner förlorade sina hem vars hela samhälle hade drabbats (Yle. 2014.). Samhällen hamnade i grova ekonomiska förluster på uppemot tretton miljarder dollar (Bernard, E. & Titov, V. 2015.), vilket mestadels berodde på avsaknaden av kunskap och varningssystem för tsunamis i Indiska Oceanen 2004 (NOAA. 2023.). Dessa ekonomiska förluster täcktes upp av andra länder i form av ett internationellt bistånd (Bernard, E. & Titov, V. 2015.).



Figur 12: Banda Aceh, Indonesien, före vågen (Yle. u.å.) Figur 13: Banda Aceh, Indonesien, efter vågen (Yle. u.å.)

5.3 Brister i systemen

Anledningen till att det i Indiska oceanen år 2004 inte fanns några varningssystem för tsunamis berodde på att ingen regering hade varit villig att investera i tsunameters (Da Cruz, J. 2006.), vilket används som en generell term för mätinstrument som detekterar tsunamis (NOAA, u.å.). Da Cruz (2006) använder termen för “Särskilda havsbojar med seismografer” som kostade omkring 250 000 dollar per styck. Detta gäller särskilt de regeringar som mycket väl vetat om att tsunamis skulle kunna inträffa i närområdena, men inte heller bidrog västvärlden vars befolkning var och är återkommande turister i länderna som befinner sig inom riskzonerna för tsunamis och andra naturkatastrofer. Samtidigt är det inte heller säkert att folket hade kunskapen om vad tsunamis var och ifall de insåg vilken fara som var rådande. De fåtal varningar som nådde fram togs inte på tillräckligt stort allvar av alla förrän det var för sent.

Fenomenet var intressant för många turister som i stället för att inse faran, prioriterade att skåda tsunamin som en livsupplevelse på nära håll i stället för att fly undan det inkommande eländet (Da Cruz, J. 2006.), vilket förmodligen berodde på den allmänna okunskapen kring naturkatastrofen. Da Cruz (2006) betonar att tiotusentals förlorade liv hade kunnat räddas om varningssystemen var utsatta och larm nådde människorna på plats i tid.

5.4 Från Thailand till Sverige

Med tanke på att det var annandag jul, samt att många delar av Asien, särskilt sydvästra Thailand, länge har varit en av svenskarnas mest besökta turistmål genom tiderna, var det inget förvånansvärt sammanträffande att många svenskar och i övrigt européer befann sig på de drabbade regionernas stränder. Detta innebar att även Sverige hamnade i en nationell katastrof i samband med att cirka 1 500 svenskar skadades och över 500 svenskar omkom när flodvågen slog in, vilket krävde omedelbara bistånd och insatser av den orsaken att de direkt utsatta staternas myndigheter och sjukhus redan var strikt överbelastade och därmed var i väldigt behov utav yttre hjälp och insatser (Sveriges Riksdag, 2006.).

Vad som har konstaterats är att räddningsinsatserna först och främst inte var tillräckliga, men också sattes i gång alldeles för sent. På grund av obefintlig och oklar beredskap utformades ingen "formell begäran om särskilda insatser". I stället var det omvärldens allmänna tryck som satte prägeln på det räddningsarbete som tillslut kom samman. Staterna hade inte utarbetat någon "särskild planering eller färdiga förhållningsregler för dylika händelser". Kommunikationen mellan parter bestod av informella och ostrukturerade samtal kontakter emellan, vilket i en urartad katastrof visade sig enormt bristfällig. Avsaknaden av "ett krisledningsteam med befogenhet att ta resurser i anspråk för undsättning i en katastrofsituation" innebar svårigheter att fatta beslut. Även kommunikationen mellan utrikesdepartementet i Sverige och ambassaden i Bangkok, Thailand, var bristfällig, gällande vilka insatser som erfordrades. De flesta insatserna genomfördes av allmänhetens frivilliga engagemang i den mån det gick och tillfälligt konstruerade team av något erfarna, liksom oerfarna parter/aktörer/personer som skickades ut tillsammans. Myndigheterna förlitade sig på personalens egna förmåga till bedömning med hänsyn till deras erfarenheter och allmänna kompetenser. Avsikten med Sveriges insatser var att assistera ambassaden och stödja de svenska medborgarna i Thailand. Det framkom även att ambassadens främsta hjälpmedel som stöd för de svenska medborgarna var ett allmänt omfattande regelverk, varav de anställda "rapporterade att de varken hade fått någon utbildning i katastrofhantering eller någon information som hade att göra med denna typ av naturkatastrof och dess implikationer". Fokus lades istället för krishantering på annat arbete, som formell dokumentation och administration, som gynnande informationsflödet från och till Sverige angående exempelvis saknade personer. Ambassadpersonalen uttalade sig även om svårigheterna kring att ha varit underbemannade under en tid då alldeles för mycket uppgifter kom in för att hinna tas emot, fördelas, bearbetas och prioriteras. Oordningen skapade kaos och förvirrade mer än klargjorde situationen och den samverkan som egentligen krävdes (Moseley, L. 2005.).

5.5 Efteranalyser och lärdomar

De förödande konsekvenserna som uppstod i samband med tsunamin 2004 stimulerade regeringar världen över till att omgående operera i förebyggande arbeten gällande tsunamis och faktiskt tillkännage tsunamis som en naturkatastrof. På den tiden var inte alla nationer medvetna om tsunamis och hade därmed ingen sorts beredskap för att kunna lyckas med ett plötsligt ingripande vid en massiv oförväntad kris. Den allmänna okunskapen hos människorna innebar att de inte heller hade någon aning om en tsunamis naturliga tecken. Detta ledde till att staterna, befolkningscentra och turistmålen som var i fråga hamnade i olämpliga beslut och åtgärder (Bernard, E. & Titov, V. 2015.). Detta fall demonstrerade bland annat bristen på kunskap, behovet av mer forskning och upprättande av varningssystem (Løvholt, F., et al. 2014).

Diskussioner kring förvarningar i anknytning till tsunamis uppkom i världens alla hörn. För att lyckas med ett system som kan reducera de skador och omkomna liv som en tsunami orsakar krävdes upprustningar både i de tekniska och informativa procedurerna.

Det tekniska handlar om att vara utrustad med rätt instrument för att kunna mäta och bedöma en geologiskt relaterad naturkatastrof och vilken inverkan den uppskattas ha på omkringliggande samhällen. Med hjälp av seismologi kan viktig information gällande jordskalvets position och omfattning framföras, vilket vidare ger möjligheter till att organisera de akuta insatser som krävs under och efter ett krisutlösande inträffande. Ju mer precisa uppgifter i de tidigare skedena av händelsen, desto bättre bedömning kan ske i god tid och därmed förhindra ytterligare kritiska utfall än vilka som redan är oundvikliga. Felaktig eller bristande information kan därmed bli katastrofalt missledande och innebära konsekvenser som möjligtvis hade kunnat förebyggas, vilket i detta fall skedde i den misskommunikation och bristande mätsystem för god bedömning, i samband med att naturen verkar i sin egen vilja, av skalvets efterföljder (Bödvarsson, R. 2005.).

Upprustning i den informativa proceduren kring varningssystem strävar efter att i de berörda områdena lyckas nå ut till befolkningen i förväg och real tid för evakuering. "Klara strukturer och riktlinjer och övade beredskapsplaner är av stor vikt i dessa sammanhang för att informationen ska kunna spridas effektivt", samt att lokalbefolkningen, liksom turisterna, till viss del även i förväg måste ha någon form av utbildning för att lyckas agera på ett effektivt och främjande sätt (Bödvarsson, R. 2005.). I Bödvarssons rapport benämns även att tsunamin hade kunnat noteras tidigare om efterskalvet noggrant och omedelbart hade följts upp seismologiskt i det direkt berörda området, varav Indiska Oceanen borde ha varit utrustad med bland annat ett mätinstrument för våghöjdsättning. Detta hade kunnat bekräfta att en tsunami bildades av jordskalvet samt i vilka riktningar flodvågorna rörde sig, för att tillsammans med "en krishanteringsstruktur som både är robust och flexibel [...], skulle ha kunnat rädda väldigt många av de som drabbades av flodvågen i Thailand, och även Sri Lanka" (Bödvarsson, R. 2005.) Vad som dock var nästintill omöjligt även med ett sådant system var att tsunamin sköljde över Norra Sumatra cirka 20 minuter efter jordbävningens inträffande. En tid som kräver mer än bara välutvecklade system och omedelbara åtgärder. Sådana mycket snabba system för jordskalvsvarning testas i bland annat Japan, som utvecklas för att kunna ge automatiska larm i tid (Bödvarsson, R. 2005.).

6. Japan 2011 - Jordbävningen, Tsunamin & Kärnkraftskatastrofen vid Tohoku

Detta kapitel handlar om att identifiera erfarenheter från tsunamin 2011 och dess historiska påverkan. Händelsen studeras med avseende på kunskapsutveckling.



Figur 14: Följderna av tsunamin i Japan 2011 (STR/epa/Corbis. u.å.)

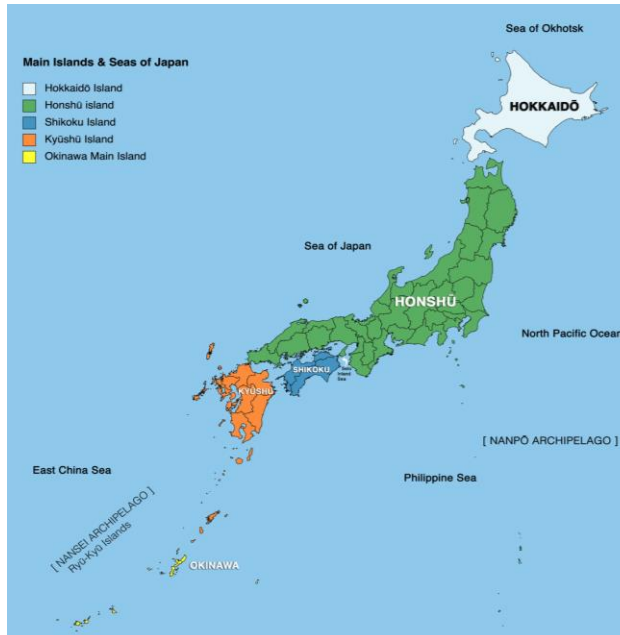
6.1 Japans historik av seismologisk aktivitet

Japan befinner sig på och bland en mängd olika plattgränser vilket genom tiderna har inneburit nästintill konstant seismologisk aktivitet (SNSN. 2011.) Japan påstås därmed vara det land som erfar flest tsunamis, “the country with the highest frequency of tsunami attacks”, i världen, och har till följd av detta störst erfarenhet och allmän kunskap inom landet gällande flodvågorna (Chock, G. et al. 2013.). Flodvågorna är alltså inte något ovanligt fenomen för befolkningen och fokus har legat på utvecklingen gällande varningssystem och vidare forskning i mån av att skydda sina städer och sitt folk från de förödande omständigheterna som kan ske. Utvecklingen har varit aktuell i tiden för att tidigare kunna förutse när framtida skalv lär inträffa, samt att effektivisera varningssystemen för att fortare kunna varna när ett skalv har inträffat. Detta för att lyckas med ett tidigt ingripande och en så tidig evakuering som möjligt om nödvändigt. Det har skett jordbävningar, liksom tsunamis, som har ödelagt flertalet städer i Japan. Dessa har orsakat kollaps av massa byggnader, tagit livet av hundratusentals människor och lämnat städer i total förödelse, vilket har resulterat i den tvingande utveckling som numera har visat på upprustning och förbättringar i hur en tsunami-situation hanteras (SNSN. 2011.). Japan har därmed i världen bäst evakueringsprocedurer och utvecklade åtgärder för att stå emot tsunamis (Mas, E., et al. 2012.).

6.2 Var uppstod tsunamin och i vilken omfattning?

Den 11 mars 2011 inducerades en tsunami i Stilla Havet intill Honshu, Japans huvudö, se Figur 15, närmast Tohoku vilken är delen i nordost av ön (Chock, G. et al. 2013.). Regionens största stad är Sendai, några andra kända städer inom området är Fukushima, Miyagi och Iwaki (Gill, T., et al. 2014.). Med Sendai som utgångsläge, beräknades skalvets epicentrum 13 mil från kuststaden och orsakade oförglömliga och förödande konsekvenser (Krisinformation.se. 2014.), se Figur 16. Inte bara orsakades allvarliga och omfattande störningar i telekommunikationen, utan även el-, gas- och vattenförsörjningen slogs ut (Gill, T., et al. 2014.).

Tsunamin skapades alltså av en jordbävning orsakad av den spänning som uppstår när två tektoniska plattor hakar fast i varandra, varav friktionen blev oemotståndlig och plattornas förbindelse brast (Lund, B. 2014). Med dagens teknologi, i form av exempelvis GPS och radarsatelliter, kan plattornas rörelse mätas mycket noggrant. Det kraftiga huvudskalvet medförde även ett stort antal efterskalv som lyckligtvis inte orsakade ytterligare tsunamis. För att tsunamis ska bildas krävs vanligen jordskalv med magnituder upp mot 7,5 på Richterskalan, medan efterskalven registrerades till mellan 5,0-7,0. Jordskalvet som orsakade tsunamin registrerades med magnituden 9,1 på Richterskalan och tillhör numera en av de största jordbävningarna som någonsin instrumentellt har registrerats (SNSN. 2011.), varav plattan sägs ha rört sig upp till 50 meter i havsbotten (Lund, B. 2014). Detta medförde att uppemot 10 meter höga vågor sedan slog in över Honshus nordostkust (SNSN. 2011.). Vidare studier visar även på att vågen kan ha slått in med en höjd på 38,9 meter över Japan (Chock, G. et al. 2013.). I övrigt utbreddes sig tsunamin "över hela Stilla Havet och evakuering av kustnära områden genomfördes i länder på båda sidor om Stilla Havet". Trots att så långt som Kalifornien, USA, rapporterade in skillnader på en till två meters våghöjder, hade inga vidare skador orsakats av tsunamin utanför Japan (SNSN. 2011.).



Figur 15: Karta över Japans fyra huvudöar och två skärgårdar (Blue Japan. u.å.)



Figur 16: Jordbävningen epicentrum (USAID. 2011.)

6.3 Händelseförloppet

Enligt Svenska Nationella Seismiska Nätet (SNSN. 2011.) inträffade jordskalvet kl. 06.46 svensk tid, 14:46 i Japan på breddgraderna N38.1, E142.9 på ett 24 kilometers djup i cirka tre långa minuter, och gav upphov till en tsunami (Mas, E., et al. 2012.). Varningssystemet för jordbävningar sattes igång 8 sekunder efter att jordbävningen hade påvisats av mätsystemen. Nästkommande varning nåddes ut 3 minuter efter jordskalvet inför en följande tsunami, med en uppskattad våghöjd på sex meter, som sekunder senare ändrades till en estimerad höjd på över tio meter. Cirka en timme senare efter jordskalvet ankom tsunamin till Japans kustsamhällen (Mas, E., et al. 2012.).

6.3.1 Tsunamin - reaktioner & evakuering

När en tsunami inträffar framgår det att den viktigaste och mest effektiva metoden för att rädda liv är att evakuera via såväl lämpliga som välplanerade rutter med säkra destinationer. Den skyndsamma evakuering in mot land, eller till högre mark, som ägde rum resulterade i att ungefär över 90% av befolkningen som befann sig inom riskområdena för tsunamin lyckligtvis överlevde (Mas, E., et al. 2012.).

Proaktivt inför tsunamin började befolkningen förbereda sig för evakuering. Eftersom jordbävningen utlöstes mitt på eftermiddagen då familjer och vänner vanligen är utspridda på ärenden, arbeten och skolor, var folkets initiala prioriteringar och reaktioner av olika skäl något diffusa. Vissa skyndade sig för att hämta barn i skolorna, varor i butiker flyttades upp till högre våningar, bilmekaniker körde bort klienters bilar till högre marker, brandmän tog sig brådslande till portar som behövde stängas för att skydda för tsunamin, medan läkare och sjuksköterskor hjälpte patienterna upp till sjukhusens tak. Fiskare fick besluta sig om att antingen segla ut till havs för att rädda sig själva och sina båtar eller om de fort skulle återvända hem för att stödja och skydda sina familjer. Allt detta i samband med att från tsunamin utrymma sig vidare till anvisade platser (Gill, T., et al. 2014.).

Att man ska lämna allt och direkt fly en kommande tsunami har länge varit ett standardråd, och något som majoriteten följde. Trots den vetskapen underskattades tsunamins fart och storlek ändå av många. Det är nämligen svårt för människan, med hänsyn till psykologisk förnekelse, att föreställa sig hur förödande en katastrof faktiskt kan vara. Oavsett hur tydligt eller hur medvetna de är, så är det svårt att mentalt föreställa sig att ens egna hem, ägodelar och käraste kan gå bort och förstöras på bara några minuter. När vågen väl träder in och visar sig i ofattbara höjder som ödelägger bostadsområden, fördriver landmassor, stora vägar och till och med utplånade hela kustsamhällen på kartor. Även evakueringszoner som var förmodat säkrade översvämmades. Dessvärre lyckades inte alla fly. Människor blev bortsköljda av tsunamivågorna, drunknade i stigande vatten eller hamnade under kollapsade byggnader och omkullvräkt fordon. Flodvågorna drog med sig allt på land och blev svart av alla föroreningar som smuts, skräp, olja och kemikalier (Gill, T., et al. 2014.).

Mot kvällen ansamlades massvis med människor i predestinerade evakueringskyddsrum, exempelvis i skolor och församlingslokaler. Särskilt de första veckorna var skyddsrummen överfulla, varav bristen på rinnande vatten, elektricitet, toaletter och andra grundläggande behov, utgjorde ytterligare utmaningar. Gator gick knappt att passera, järnvägar hade blivit krokiga och att få tillgång till bränsle var besvärligt. Därmed dröjde transport av bland annat filter, kuddar, kläder, mat och vatten i mindre mängder. Det fanns även sjukvårdsteam som erbjöd akutvård i det temporärt bildade stadscentra. Detta gällde dock mest de större städerna. I de mer avlägsna byarna förlitade människorna sig mer lokalt på varandra (Gill, T., et al. 2014.).

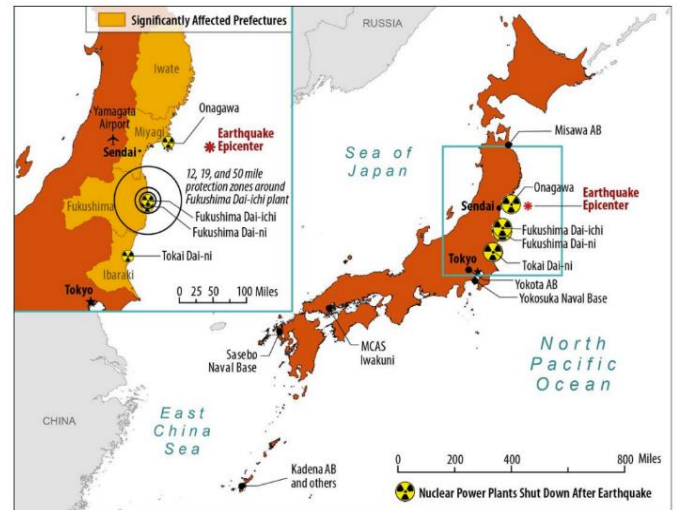
Redan innan tsunamin drog in över land hade internet och täckningen slagits ut, vilket innebar att befolkningen därmed inte hade kunnat kontakta sina nära och kära ens innan tsunamin ödelade städerna. När tsunamin väl hade inträffat var det lokalbefolkningen som var först till att hjälpa varandra. Övriga räddningsteam hade gator, av mörker och kaos som nästintill var oframkomliga, att först rensa och ta sig igenom, men som därefter lyckades rädda tiotusentals människor i olika tillstånd. Analyserad statistik visar att själva jordbävningen orsakade omfattande skadegörelse, dock var det tsunamin som stod för majoriteten av de flesta dödsfall och den allvarligaste förödelsen i kustsamhällena (Gill, T., et al. 2014.).

Längs Japans nordöstra kust fanns i städerna tsunamibarriärer konstruerade i höjd för maximalt våghöjder på 5,7 meter. Jordskälvet orsakade en tsunami som innebar att barriärerna var alldeles för låga och därmed svämmade över. Den först inkommande vågen vid Fukushima, var kärnkraften befann sig, nådde precis under fem meter, medan vågen kort därpå översvämmande med en våghöjd på 14 meter. Till följd av både jordbävningen och tsunamin skadades eller kollapsade över en miljon byggnader (Energiforsk AB. 2021.).

Kärnkraftverken är placerade på ett markplan tio meter över havet, vilket vidare innebar att de blev omgivna av omkring fyra till fem meter högt vatten (Energiforsk AB. 2021.). Översvämningarna efter tsunamivågorna sträckte sig flera kilometer in i land, varav delar av hamnar och städer vid kusten hade hamnat i omfattande förstörelse. Flyg- och satellitbilder uppskattade att cirka 535 kvadratkilometer mark översvämmande, varav Tohoku-regionen drabbades hårdast (Chock, G. et al. 2013.). Översvämningen slog ut all växelström, även det batterisäkrande nätet, orsakade vattenföroreningar och konsekvenserna av detta mynnade ut i en katastrof med radioaktiv strålning (Energiforsk AB. 2021.).

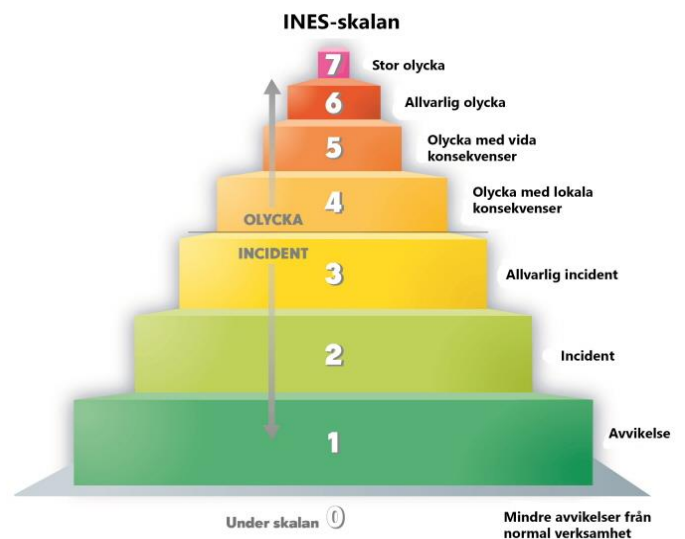
6.3.2 Kedjereaktionen i Fukushimas kärnkraftverk

Jordskalvet och tsunamins verkan resulterade i att fyra kärnkraftverk som låg närmast Sendai fick stoppas, se Figur 17. De japanska myndigheterna började evakuera de närmast boende så fort ett problem med kylningssystemet i ett av kärnkraftverken visade sig. Eftersom materialet inte kunde kylas ner uppstod ett ökat värmetryck i kärnkraftverkets reaktorinneslutning. Det var reaktor 1 i Fukushimas kärnkraftverk som startade upp kommande händelseförlopp och som fick genomgå “ett kontrollerat utsläpp av ånga” natten efter att jordbävningen hade inträffat. En explosion i reaktorn inträffade trots detta dagen därpå, den 12 mars, vilket resulterade i att “Strålningsnivåerna vid kärnkraftverket steg till bakgrundsvärden som var högre än normalt” (Krisinformation.se. 2014.). Bakgrundsvärdet syftar på halten förorening i den omgivande luften (NE. u.å.), vilket i detta fall alltså är kärnkraftverkets radioaktiva ämnen.



Figur 17: Karta över kärnkraftverkens placering i Japan (CRS. u.å.)

Olyckan klassades till en fyra av en sju-gradig skala på den internationella INES-skalan, se Figur 18, av den japanska strålsäkerhetsmyndigheten. Natten därpå uppstod ännu en explosion vidare i reaktor 3 och slutligen 24 timmar senare ytterligare en i reaktor 2. I detta skede fastställde strålsäkerhetsmyndigheten att “inneslutningen i reaktorn inte längre var intakt och att läckage hade uppstått” (Krisinformation.se. 2014.). Inneslutning i den mening syftar på en konstruktion i kärnkraftverk som säkerhetsanordning för att skydda omgivningen från radioaktiva utsläpp i fall något i anläggningen går sönder och börjar läcka, varav trycket som uppstår behöver någonstans att tillfälligt ta vägen. (Strålsäkerhetsmyndigheten. 2017.) Tillslut startades även bränder i reaktor 4 som innehöll använt kärnbränsle och som därmed medförde stora mängder radioaktivt utsläpp.



Figur 18: INES-skalan (Strålsäkerhetsmyndigheten. u.å.)

Enligt strålsäkerhetsmyndigheten ligger tillåtna gränsvärden i Sverige för de arbetande inom kärnkraftsindustrin på 50 mSv (millisivert) per år. I Japan låg värdena på 400 mSv per timme. Mer än 200 000 människor evakuerades inom en radie på tre mil från kärnkraftverket. Den 16 mars meddelades dessutom att den 4e reaktorns bassäng med använt kärnbränsle inte längre hade kvar något kylande vatten, vilket innebar att risken för ytterligare bränder med större utsläpp av radioaktivitet var rådande. Allvarlighetsgraden gick upp till fem av sju på INES-skalan och varningar gick ut även för den svenska befolkningen i Japan att hålla sig borta med en radie på 80 kilometer, samt ta jodtabletter som skydd mot radioaktiv strålning att tas upp av inre organ. Utsläppen var så pass stora att låga halter även nådde Sverige den 23 mars, utan någon vidare risk för människor eller miljö. Medlemsstaterna inom EU beslutade även kontrollförstärkning av livsmedel för att undvika kontaminering (Krisinformation.se. 2014.).

Japans kärnkraftmyndighet NISA klassade kärnkraftsolyckan till en sju, den högsta nivån på den internationella skalan. Det är samma nivå som Tjernobylolyckan. Två månader efter jordbävningen bekräftade japanska kärnkraftföretaget TEPCO att det var en härdsmlta som inträffade vid reaktor 1 i Fukushima. Eventuellt inträffade härdsmltor även i de andra reaktorerna i kärnkraftverket.
(Krisinformation.se. 2014.)



Figur 19: Fukushima kärnkraftverk år 2008 (NBC News. U.å.)

6.3.3 Följder

Mer än 20 000 människor i Japan miste sina liv till följd av detta jordskalv och påföljande tsunami (Fine, I.V, .et al. 2012.). Även när sjukhusen evakuerades uppstod många dödsfall på grund av bristande rutiner (Energiforsk AB. 2021.). Hundratals människor blev hemlösa och än, ett år senare, befann sig 344 000 evakuerade fortfarande utan återvändo på grund av antingen demolerade hem på grund av jordbävningen och tsunamin, eller kontaminerade av kärnkraftverkens radioaktiva utsläpp (Hasegawa, R. 2013.).

6.4 Implementerade system

Under 2000-talet har betydande förbättringar utvecklats enligt det moderna nätverket av havsnivå-observationer som därav tillåter ytterligare detaljerade analyser av data gällande tsunamivågor. Vid kusten hade en massa vattenmätare placerats ut, utöver dessa hade även 40 DART-system installerats, tillsammans med japanska och kanadensiska system för bottentrycksmätare (BPR – Bottom Pressure Recorders) som förser med punktlig realtidsdata. Den 11 mars 2011 snappades tsunamins rörelser upp av 32 DART-instrument och av de japanska och kanadensiska BPR stationerna. Det finns även radarhöjdmätare ombord flera satelliter som kan ta direkta ögonblicksbilder. Det kan dock ta upp till 30-50 minuter för en polär satellit att passera Stilla Havet, medan stationära trycksensorer omedelbart registrerar och skickar ut data i realtid under tsunamins händelseförlopp. I allmänhet registreras dessa observationer för att förbättra iakttagelser på aspekterna beträffande tsunamis. (Fine, I.V, .et al. 2012.).

6.5 Efteranalyser och lärdomar

Fine, I.V. et al. (2012) betonar generellt att det är viktigt att tsunamivarningarna når ut i tid. Detta gäller såväl de första varningarna innan första vågen kommer in, liksom avslutande varningar som visar på att faran är över. Det påpekas även att första tsunamivågen absolut inte behöver vara den mest hotfulla vågen i serien, utifrån en tidigare studerad tsunami, inkom den mest förödande vågen många timmar efter tsunamivarningen hade upphävts (Fine, I.V., et al. 2012.). Med tanke på att Japan väl känner till både jordbävningar och tsunamis, har de lyckats utfärda effektivare system i förebyggande syfte och kunde därmed ganska omedelbart varna för en inkommande tsunami (Hasegawa, R. 2013.). Beredskapsprogram, evakueringsplaner, högtalare till varningssystemen och konstruktioner längs med kusten hade implementerats i samhället (Løvholt, F., et al. 2014).

Jordskalvet som hände hade en starkare magnitud än beräknat, vilket resulterade i högre vågor och att Tohoku regionen översvämmades helt. Konstruktionerna som hade formats mildrade konsekvenserna men var inte höga eller kraftfulla nog för den tsunamin som vällde över. Som förebyggande arbete testades tsunami evakueringar minst en gång om året. Bara någon vecka innan tsunamin inträffade hade ett antal skolor genomgått dessa övningar. Många klarade sig fint medan andra tyvärr hade behövt söka sig vidare till högre marker på grund av de oförväntade omständigheterna (Supprasi, A. 2012.). Vissa anser på att det även kan vara en nackdel att ha den kunskap och erfarenhet som japanerna har. Hasegawa, R. (2013.) menar på att det kan skapa en falsk trygghet och därmed utöka sårbarheten. Med implementerade system i samhället kan folket tro att de är immuna från förödande konsekvenser och därmed finna en säkerhet i att exempelvis tsunamibarriärerna vid kusten motstår krafterna. En naturkatastrof ska oavsett förebyggande åtgärder aldrig underskattas.

Japans befolkning var väl utbildade gällande dessa fenomen och hade som insatta rutiner redan kännedom kring hur och var de skulle evakuera till. Utrymningen för att undkomma faran som den seismologiska aktiviteten orsakade utfördes i enlighet med Japans ordinära procedurer (Hasegawa, R. 2013.). Till följd av detta överlevde 96% av de som bodde i zonerna som tsunamin vällde över, trots den oförväntade magnituden och våghöjden. (Nourse, K. 2017.).

Vad folket dock inte var beredda på var den katastrof som ägde rum kort därpå. Evakueringen i samband med kärnkraftsolyckan, som inte var lika förutsägbar och därmed inte planerad inför, var inte lika välorganiserad, vilket slutade i total kaos. Bristen på kunskap och brådskande varningar gjorde att befolkningen hamnade i ovisshet, vilket skapar oro. Befolkningen tvingades att fly med endast varningar och otillräcklig information gällande allvaret kring olyckan och konsekvenserna av den radioaktiva strålningen. Följden till detta är att befolkningens åsikter gällande förtroendet för de japanska myndigheterna varierar (Hasegawa, R. 2013.). Energiforsk AB (2021) fastslår att de genomgående institutionella brister och hur olyckan utspelande sig gav konsekvenser i form av sviktande förtroende och väckte oro kring kärnkraft över hela världen (Energiforsk AB. 2021.).

Baserat på dessa analyser, klargörs även här att befolkningens sårbarhet främst ligger i det förebyggande arbetet gällande kännedom, planering och beredskap, samt praktiska övningar, för att under krisens infallande lyckas med evakuering och vidare undsättning (Hasegawa, R. 2013.).

7. Sammanställning av fallstudierna

Tsunamin 2004 och 2011 började med ett jordskalv av magnitud i nästintill samma skala. Den orsakade en direkt förödelse i sydöstra Asien medan Japan klarade sig en aning bättre under tsunamins händelseförlopp, tills vidare konsekvenser gällande kärnkraftsreaktorerna satte igång en evakueringsprocess som ingen hade kunnat förutse. I båda fallen diskuteras vikten av kunskap och beredskap, vilket gäller varje individ men också kollektivt.

Förberedande kunskap

Det är uppenbart att varningar för total evakuering i god tid inte har varit tillräckliga nog i historien. Människorna som befinner sig på platsen bör vara informerade om riskerna och var evakuering sker, staten och myndigheter bör vara redo för att agera och finna kollektiva lösningar för att underlätta påföljderna. Genom att arbeta proaktivt ökar chansen till att samhället får mer att bibehålla och att folket känner sig säkrare i sina egna områden med ökad tillit till staten och dess myndigheter. Befolkningen måste vara redo att kunna hjälpa varandra, vägleda vänner, familj, men även turister som råkar befinna sig på en plats de kanske inte känner tillräckligt bra och därmed är mer sårbara när en nödsituation uppstår. Därmed har de kanske inte riktigt vetskapen om vad en tsunami egentligen är och ännu mindre vilka naturliga tecken som signalerar en inkommande fara, hur varningssystemen fungerar eller minst sagt var evakueringsplatser finns och vilka rutiner som gäller vid en krissituation.

Information och kommunikation

Särskilt under tsunamikatastrofen 2004 handlade katastrofen i sig om att människorna tidigare inte hade praktiserat vare sig kommunikation eller samverkan inför en kollektiv kris. Folket visste inte vem eller vilka som kunde kontaktas, inte heller vart aktuell information skulle hämtas. Starkt påvisade detta fall att kunskapsspridning världen över gällande tsunamis var ett måste. Beredskap- och evakueringsövningar inför tsunamis är av stor betydelse. "Vad som händer i varje period präglas av verkligheten före katastrofen, det vill säga om samhället var förberett, organiserat, resursrikt och så vidare, men också hur själva svaret inför nödsituationen var" (Da Cruz, José. 2006.). Det är dock inte alltid säkert att de förutsatta evakueringsplatserna fortfarande är aktuella under en rådande naturkatastrof. Beroende på omständigheterna kan dessa ändras och därmed förklaras vikten av att ha ett informationscentrum som kan ge besked om sådana omställningar.

Det framgick exempelvis att störningar i telefoni- och internettäckning hade uppstått och med tanke på att jordskalvet i Japan uppstod mitt på eftermiddagen innebar detta att de flesta av familj och vänner inte fanns nära till hands för att evakuera tillsammans. Att nå varandra var nästintill omöjligt, vilket gjorde det svårare att få en helhetsbild av nyheter från olika håll och vad det innebar för varandra i olika områden. Vanligen finns tryggheten hos människorna omkring, även under en evakuering vid kris, för att känna sig säkrare. Risken i sådana situationer är stor att de inte lär återförenas och en ytterligare ovisshet skapar mer oro och rädsla. Genom att utöva beredskapsprogram i förtid, skapas förutsättningarna för att folket vet vart de ska ta vägen, men även var deras nära och kära kommer att evakueras till. Följaktligen förenklas kommunikation och vidare sökande under och efter katastrofen.

Här kan diskuteras vikten av att fortsätta med nyheter i ett nät som i sådana kriser inte kan rubbas. Därmed är det inte optimalt att skapa ett system som är fullständigt beroende av internet och smartphones, med tanke på att det inte alltid är säkert att teknologin fungerar under sådana händelser. Trots att nyheter kan spridas smidigare och effektivare via mobiltelefonerna, kan så enkla orsaker som att batterier tar slut, mobiltelefoner tappas bort eller liknande omständigheter uppstå. Faktorer som kan argumentera för att folk självmant ska kunna veta var de ska ta vägen utan vidare hjälpmedel, vilket är möjligt om organisationer och myndigheter lyckats med förebyggande krishantering i samhället. Ju fler som kan och vill hjälpa varandra, desto mer av en gemenskap och säkerhet kan byggas folket emellan även under en förödande kris som en tsunamis ankommande.

Varningssystem

När det kommer till mät- och varningssystem skiljer sig fallen åt markant. Indiska Oceanen var inte utrustad med särskilda system för att detektera vare sig jordbävningar eller tsunamis i tid. Japan däremot har genomgått ett stort antal jordbävningar med efterföljande tsunamis genom tiderna. Den kunskap som utvecklats i samband med denna erfarenhet har resulterat i bättre utarbetade system gällande varningar och evakuering. Japan hade i förebyggande syfte placerat ut tsunamibarriärer längs kusten, vilka visserligen skadades kraftigt men som definitivt reducerade våghöjden och därmed förmildrade katastrofens konsekvenser (Løvholt, F., et al. 2014). Japan implementerade även ett större antal BPR och DART-instrument, vilket direkt prioriterades efter att den förödande tsunamin i Indiska Oceanen hade inträffat (Sonardyne. 2021.).

Allmänbildningen i Japan innebar att majoriteten av folket visste vad som behövde göras, i vilken brådska och vart de behövde fly till. Tsunamibarriärerna var dock inte tillräckliga i höjd och beständighet men hade en mildrande inverkan på den kraft som tsunamin vällde över kusterna.

På grund av att mät- och varningssystemen i Japan hade utvecklats och därmed var mer exakta, kunde situationen uppskattas, befolkningen varnas och förberedas mycket tidigare under händelseförloppet, vilket vidare gav mer tid för att informera och evakuera. När katastrofen gällande kärnkraftverken initierades förtydligades betydelsen av att förbereda ett samhälle inför alla möjliga typer av omständigheter, hur förutsägbara eller oförutsägbara de än må vara. I samband med denna katastrof hade folket inte någon riktig erfarenhet och hade därmed svårt att föreställa sig vad katastrofen faktiskt innebar och visste därmed inte lika tydligt vart de behövde evakuera till.

Återhämtning

Vad som sedan är viktigast när ett helt samhälle har genomgått en naturkatastrof är att återhämtningen och arbetet därpå sätts igång så fort som möjligt. Detta gäller människans basala behov att försörja sig med vatten, mat, se över bostad, hygien, vård och hälsa. I samband med att försöka återställa den miljö och livsstil de tidigare erhöll innan naturkatastrofen inträffade. "Ett drabbat samhälle måste se till att gå tillbaka till någon slags normalitet, oberoende av förlusternas omfattning eller tillgång till resurser". Oavsett om ett land är fattigt eller rikt, hamnar kustsamhällen i förödande omständigheter efter sådana katastrofer, vilket innebär att samhället måste erbjuda de nödgärder som direkt krävs och städernas återuppbyggande (Da Cruz, José. 2006.). Det var dock inte så enkelt att ens nå fram till människorna. Det rådde brist på bland annat rinnande vatten, toaletter och elektricitet. Utöver detta var det en utmaning att transportera fram varor med en fördärvad infrastruktur.

Ytterligare en aspekt att ta hänsyn till gällande förebyggande åtgärder i ett samhälle är att skapa förutsättningar hos befolkningen som ger en ökad säkerhet i riskzonerna. Nationernas respektive kommuner och regeringar i utvecklingsländer har begränsade möjligheter, men för att uppnå säkrare åtgärder krävs att förbättring i ekonomi prioriteras, vare sig det är staten, internationella organ, banker eller privatpersoner som investerar i att människors sårbarhet kan reduceras (Rhyner, K. 2006.).

Beträffande myndigheter och organisationers arbete var det i Japan-fallet skäligen väl genomfört, medan tsunamin som orsakade förödande konsekvenser i sydöstra Asien medförde stora besvär under evakueringsfasen. Siffror och dödstal visar på att Japan var mycket mer förberedda. Inte ens i efterhand har ett bättre utförande kunnat begäras. Det visade sig även att de flesta som omkom till följd av tsunami var människor i äldre åldrar som inte hade lika bra förutsättningar att fly undan (Løvholt, F., et al. 2014).

"Ambassadpersonalen rapporterade att de varken hade fått någon utbildning i katastrofhantering eller någon information som hade att göra med denna typ av naturkatastrof och dess implikationer" (Moseley, L. 2005.). Bristfällig kunskap och beredskap innebar att övningar i fråga inte heller hade utförts med landets befolkning och därmed var det en förstälighet konsekvens av naturkatastrofen.

Ännu en sak att påpeka är att Japan är ett av världens rikaste länder och mest kända för den avancerade teknologi de tillhandahåller. Oavsett vilken mängd kunskap och ekonomi en stat besitter, kan en katastrof fortfarande inträffa och orsaka stor förödelse. (Hasegawa, R. (2013.) klarlägger att inget land i världen är immun till de risker och konsekvenser som följer med sådana oförutsägbara naturkatastrofer.

8. Tsunamisäkert byggande

Att ett naturfenomen bryter ut innebär inte direkt att ett samhälle är i fara. Vad som har betydelse för att motstå naturens krafter är hur fysiskt, ekonomiskt och socialt förberett samhället är. Bosättning i riskzoner och bristfällig infrastruktur är några av de huvudsakliga orsakerna till att katastrofer inträffar och skapar fördärvande konsekvenser för både människor och städer. Ett välplanerat och väl förberett samhälle minimerar riskerna för ohanterbara omständigheter. Detta gäller bland annat stadsplanering, människors kunskap och sårbarhet. (Martirena, F. & Olivera, A. 2006.).

8.1 Tsunamiresistent stadsplanering

Tsunamisäkrande stadsplanering gynnas av välgrundade byggregler. (Umer, S. & Xu, P. u.å.). Data kring var och i vilken omfattning tsunamis i historien har påverkat kustsamhällen finns inte bara digitalt men även inristat på bland annat minnesstenar och i tempel. Detta gäller information om tsunamihöjder, ankomsttider och översvänningsgränser. Den kunskap och erfarenhet som har byggts upp genom åren är grundläggande för att skapa medvetenhet och förbereda människor för framtida händelser (Supprasi, A., et al. 2012.).

8.1.1 Placering och orientering av byggnader

Avstånd från kust och havsnivå

Världshälsoorganisationen, WHO, har konstaterat att de maximala våghöjder en tsunami kan nå vid kusten är cirka 9-12 meter. Vidare innebär detta att tsunamin kan översvämma land upp mot 1-2 kilometer in. Det har även visat sig att flodvågorna kan orsaka skador på byggnader som är belägna 500 meter in i landet. Rekommendationer kring bebyggelse har därmed angivits till att helst inte bygga på land som är mindre än 500 meter från kusten, inte heller på en lägre markhöjd än 9 meter över havet. Skulle bebyggelse på dessa platser ändå genomföras bör de åtminstone följa specifika anvisningar på byggtekniker för tsunamisäkra byggnader. Anvisningar kring bebyggelse finns för olika nivåer av tsunamisäkerhet. Genom att följa rekommendationerna gynnas samhället både i ekonomi och säkerhet (Umer, S. & Xu, P. u.å.).

Tabell 1: Rekommendationer gällande bebyggelse och avstånd från kusten sammanställd av Umer, S. och Xu, P. (u.å.)

| Avstånd från kusten | Bebyggelse och anvisningar |
|-------------------------|--|
| 0 – 500 meter | Ingen bebyggelse. |
| 500 meter – 1 kilometer | Solid och vattentät grund, varav de nedersta 90 cm bör vara saltvattenbeständiga samt ha frontal förstärkning. |
| 1 – 2 kilometer | Vattentäta fundament och nedersta 30 cm saltvattenbeständiga. |
| 2 kilometer - | Ingen betydande risk för direkta vågskador och därmed inte heller särskilt strikta byggregler. |

Umer, S. och Xu, P. (u.å.) uppmärksammar även att avstånden från kusten är uppskattade baserat på bristfälliga vågbrytare. Antingen att de saknas eller är otillräckliga. Utvecklas vågbrytare i sådan utsträckning att de klarar av att motstå mer av tsunamins kraft, kan säkerhetsavstånden också minskas.

Placering och orientering av byggnader

Tsunamin i Indiska Oceanen 2004 visade exempelvis i Sri Lanka på att det var mer sannolikt för människor inom en 100-meters zon från kustlinjen att dö och skadas allvarligt än de som bodde längre inåt land. Tsunamimönster som studeras bland skadade människor kan oftast även kopplas till skador på byggnader. Ju närmre kusterna desto svårare skador identifieras om inte byggnaderna demolerats helt. Det är dock viktigt att ha kännedom om att bedömning av endast byggnader och den fysiska sårbarheten inte ger en övergripande bild på stadsplaneringen. Fördelningen av sociala grupper i de utsatta områdena bör även beaktas, som i sin tur har en inverkan på kvaliteten och tätheten i de exponerade områdena (Løvholt, F., et al. 2014.). Vid planering av bostadsområden innebär större tomter en lägre folktäthet, som i sin tur minskar mängden avfall och skador som kan uppstå och dras med vågen för att ytterligare vara skadliga objekt (Pradipta Aidil, A. 2015.).

Tsunamin i Japan 2011 välte byggnader med riktningen in mot land och visade tydligt på den enorma kraft som tsunamis träder in med. Byggnader och bostäder som var belägna på låga höjder förstördes medan högre belägna byggnader klarade sig (Supprasi, A., et al. 2012.). Det är nämligen bättre att undvika byggnation på låga nivåer och slät grund nära strandlinjen. Byggnaderna bör vara placerade med tillräckligt mellanrum och ha en smal front, samt helst inte vara rätvinkligt orienterade mot stranden (Reid, R. u.å.). Detta beror på att vattentrycket är så pass stort att det är osannolikt att konstruktionsdelar som väggar och ramar lyckas motstå dess kraft. Är det oundvikligt att bygga nära strandlinjen är det bäst att bygga på lämpliga pelare så att vattnet kan rinna under och runt byggnaderna, samt ge en aning motstånd som dämpar vågkraften (Reid, R. u.å.).

Trafik och infrastruktur

En annan avgörande faktor är vägförbindelser. Är de tillräckligt breda och stora nog möjliggör de snabbare evakuering och respons för nödhjälp (Umer, S. & Xu, P. u.å.). Antalet bilar under evakuering kan överstiga den kapacitet väginfrastrukturen klarar av. Detta orsakar enorma trafikstockningar som gör att utrymningsvägarna blockeras och blir svårare att ta sig förbi. Evakuering till fots är därmed att föredra i första hand för att undvika kaos i trafiken (Ramos Santibáñez, L. 2016.).

Att ha byggnader längs med båda sidorna av en väg kan ge upphov till att kanaler skapas av flodvågorna. Vattnet ackumulerar skräp och forsar vidare utan att den destruktiva kraften eller höjden reduceras. Därmed föredras en stadsplanering som tar hänsyn till denna företeelse och att tomma utrymmen finns mellan byggnaderna så att tsunamin har någonstans att mynna ut utan att förstärkas eller ledas längre in mot land (Reid, R. u.å.).

8.1.2 Vågbrytare

I försök att ständigt undvika de kraftfulla tsunamivågorna existerar också det faktum att vågorna antingen måste förlora sin energi och dra sig tillbaka ut till havs eller till slut träffa något. I fallet att vågorna träffar något är det bättre att detta sker förr än senare.

Det som vågorna ska träffa innan de rör sig in mot samhället är så kallade vågbrytare som är gjorda för att minska våghöjden och dämpa vågornas energi för att kunna minska skadorna. Vågbrytare kan förekomma i både naturliga formationer och konstgjorda strukturer.

Skogar och träd

Ett exempel på naturliga formationer är kontrollerade skogsområden som reducerar kraften som en tsunami träder fram med in mot land. Det är en specifik typ av skog som bevarats och tagits hand om i syfte att uppnå specifika mål, i detta fall som en vågbrytare mot tsunamis.

Skogarna hjälper även till att rensa det forsande vattnet som vanligtvis har samlat på sig skräp från förstörda konstruktionsdelar, bilar och annat som kan dras med. Detta innebär att människor och byggnader i städerna därefter får uppleva mildare konsekvenser av tsunamin. Träden i skogarna kan dock endast reducera och inte förhindra kraften från tsunamin att fortsätta vidare och förbi. Beroende på trädens storlek, motstånd och beständighet kan de ge resistens mot flodvågorna till en viss höjd och kraft. Ett träd med en diameter på 10 centimeter klarar av en tsunami med ett översvämningsdjup på upp till 3 meter, men lär dras med eller ge vika med ett större djup (Supprasi, A., et al. 2012).

Ett exempel på där träden gav vika är i Rikuzentakata, Japan. En stad som var känd för en 2 kilometer lång strandlinje bestående av cirka 70 000 tallar. Tsunamin som slog Japan 2011 med dess bastanta vågor svepte bort hela skogen förutom ett 200 år gammalt, 10 meter högt träd som numera är symboliskt för staden. Skogen räckte varken till för att skydda staden från tsunamin utan blev i motsatt effekt en svårare konsekvens när träden i stället forsade med flodvågorna och blev ytterligare farliga föremål för människor och byggnader att försöka undkomma (Supprasi, A., et al. 2012).



Figur 20: Miracle Pine Tree (Te Guardian. u.å.)

I en annan stad, Natori, sveptes även där träden iväg av tsunamin. Men tack vare det strategiskt placerade skogsområdet reducerades flodvågornas kraft vilket medförde att Sendais flygplats, som är placerad i Natori, klarade sig. Översvämningsdjupet som nådde flygplatsen hade reducerats till endast 4 meter (Supprasi, A., et al. 2012).

Ännu en stad vars skog lyckades reducera den destruktiva tsunamikraften och filtrera vågorna från skräp och andra farliga föremål var Ishinomaki. Det framgår dock att träden förmodligen klarade sig på grund av andra förebyggande åtgärder som staden hade implementerat längs kusterna, konstgjorda vågbrytare. Detta resulterade i att tsunamihöjden i Ishinomaki var lägre än 6 meter (Supprasi, A., et al. 2012). Utan skogen hade tsunamin uppskattningsvis kunnat översvämma 600 meter på 18 minuter med en medelhastighet på 10 m/s. Tsunamins ankomsttid fördröjdes dock med 6 minuter på grund av skogen och hastigheten reducerades till 2 m/s (Supprasi, A., et al. 2012).

Data från tsunamis i Japans historia har visat på att de strategiskt placerade skogarna generellt sett kan motstå upp till 3 till 5 meters höga tsunamis (Supprasi, A., et al. 2012). Detta betyder att valet av träd som planteras längs kusterna är ett viktigt val ifall dess mål är att skydda mot kraftfulla tsunamivågor. Även valet av vilket avstånd träden ska planteras ifrån kusten är ett viktigt val. Ifall den strategiskt placerade skogen befinner sig nära kusten kan den som sagt endast motstå upp till 3 till 5 meters höga tsunamis. Skulle det komma en tsunami högre än 3 till 5 meter hade skogen behövt befinna sig högre upp mot land för att tiden det tar för vågorna att färdas fram till skogen ska vara tillräcklig för tsunamin att tappa sin energi och därmed slå emot med en lägre våghöjd. Alternativt hade ett annat val av träd behövt göras ifall behovet av att skogen ska befinna sig nära kusten skulle finnas. (Supprasi, A., et al. 2012).

Havsvallar

I Ishinomaki fanns inte bara vågbrytare i form av skogar utan det fanns även en konstgjord vågbrytare som ansågs vara anledningen till att skogen fortfarande stod kvar efter tsunamin. Denna vågbrytare var en havsvall som existerade innan tsunamin slog till år 2011. Det visade sig tyvärr vara en otillräckligt hög och svag konstruktion med tanke på tsunamins förödande påverkan på samhället. I stället för att skydda samhället mot vågorna kollapsade istället delar av den enorma vällen vilket resulterade i att stora delar av muren följde med vågorna och orsakade en större skada än vad som hade skett utan vällen (Halberstadt, R. 2023.)

Idag har en ny havsvall i Ishinomaki uppförts. Det är ännu en vägg som idag är starkare byggd och med en höjd på 9,7 meter som sträcker sig 12 kilometer längs Ishinomakis kust (Asahi Shimbun. 2021.). Väggen är precis som den förra, tänkt att skydda mot kraftfulla tsunamivågor. Trots dess goda avsikt anser dock många forskare att väggen ger en falsk trygghet som dämpar invånarnas sinne för fara och instinkt att evakuera och söka skydd. De menar istället på att den enorma väggen inte kommer att kunna skydda samhället och kommer att kollapsa ifall ännu en tsunami inträffar (Asahi Shimbun. 2021.). Flera invånare i staden och andra städer i Japan har uttryckt sina åsikter kring väggarna som ligger längs kusterna. En man i Ogatsu-distriktet i Ishinomaki, Yorio Takahashi, 53, genomlevde tsunamin 2011 och sa att "den skyddande strukturen utdelade ett dödligt slag mot hans älskade kustsamhälle" (Asahi Shimbun. 2021.) och menar på att "Ogatsu dödades av havsväggen" (Asahi Shimbun. 2021.).



Figur 21: Havsvallen i Ogatsu, Ishinomaki, Japan (Shimbun, A. 2021.)

Även andra former av konstgjorda havsvallar existerar. Några exempel på sådana är stensättningar, rasmassor eller ruiner. Dessa är dock inte lika effektiva mot tsunamis utan är gjorda för att dämpa mindre vågor och skydda bland annat hamnar och broar. Dessa är vanligt förekommande och existerar på flera olika platser världen över. Även pirar fungerar som vågbrytare (Rixö Bryggan. u.å.).



Figur 22: Havsvallar i Vejbystrand, Ångelholm. (Castor, D. 2022.)

Korallrev

Korallrev, havets regnskogar, fungerar också som en typ av vågbrytare. De kan också dämpa effekterna av stormar och annat extremväder. En rad forskare har visat på att korallrev fungerar som ett väldigt effektivt skydd mot tsunamis då de kan fånga upp så mycket som över 90% av vågenergin enligt det internationella forskarlaget. Att satsa på att bygga upp korallreven ger dubbeleffekt då man även hjälper till att bevara och skydda det marina livet såväl som människorna på land från stormar (Extrakt. 2014.).

8.1.3 Evakueringsplatser

En del städer har i dag format evakueringsvägar och höga, säkra byggnader som kan ta emot en stor mängd människor i flykt från tsunamis. Kullar har länge varit de platser folk tagit sig till för att nå högre mark, som funkar utmärkt än idag för att fysiskt skydda befolkningen. Kullar att evakuera till bör ligga inom en kilometers avstånd från kustens mest ogynnsamma punkt och ha en minimihöjd på 30 meter över havet. Enligt Ramos Santibáñez, L. (2016.) bör man skapa evakueringsrutter vars sista delmål är en plats med en höjd på över 30 meter. Att det finns riktlinjer kring avstånd och höjd beror på att tsunamis inträder in mot land fort och med stor kraft. När ett evakueringslarm har aktiverats innebär det oftast att befolkningen inte har mer än 15 till 20 minuter på sig att evakuera till en säkrare plats (Ramos Santibáñez, L. 2016.).

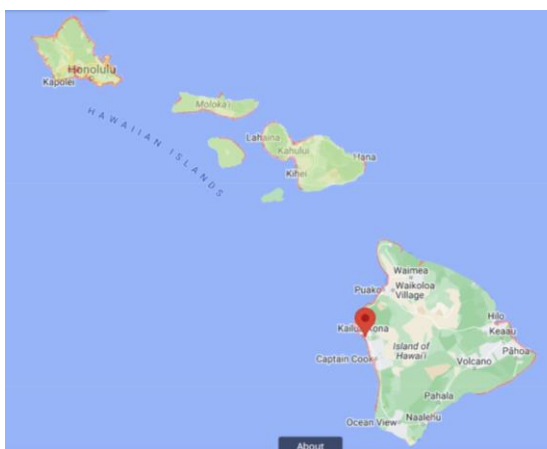
Bedömning gällande evakueringsplatsernas kapacitet och om den är tillräcklig nog för att rädda och skydda människorna i området beror direkt på befolkningstätheten i den zon som den betjänar. Skulle en evakueringsplats inte vara rymlig nog för antalet människor som befinner sig på platsen hade den inte ansetts vara kvalificerad nog för området (Ramos Santibáñez, L. 2016.).

Många evakueringsplatser behöver enligt Ramos Santibáñez, L. (2016.) ha högre standarder gällande hälsotjänster och förmågan att tillgodose eventuella energibehov. Platserna behöver dessutom ha ett förbestämt antal människor som de kan ta emot och det måste finnas tillräckligt med sådana platser. Detta är för att se till så att tillräckligt mycket resurser finns till alla människor på platsen ifall det skulle vara så att befolkningen hade behövt stanna där i flera timmar, dagar eller veckor. Ju fler människor en plats tillåter, desto större utgörs möjligheten för befolkningen att stanna där under en längre tid.

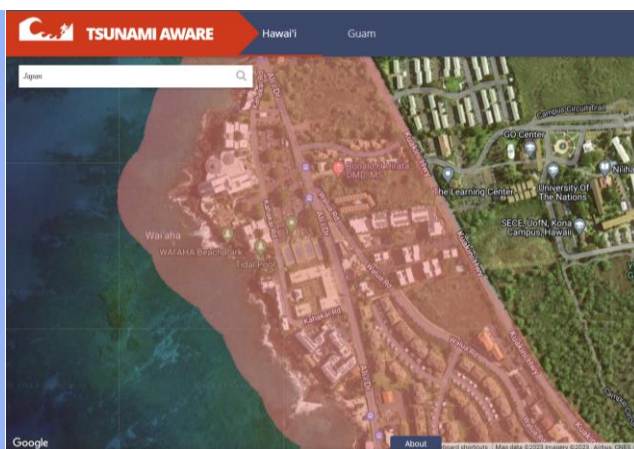
8.1.4 Kartor och zonindelning

Kartor för olika områden, runt om i världen, som är i risk för tsunamis finns att söka efter på nätet. Kusterna delas vanligtvis in från kusten i röda, orangea och gula zoner som definierar i vilken grad kustområden anses vara i risk och hur farliga de är att befinna sig i när en tsunami är på ingång. Ett exempel är *ThinkHazard!* (2020) vars webbplats fungerar som ett hjälpmedel för allmänheten, utan vidare specialistkunskaper, att veta var i världen olika naturfenomen eventuellt kan ske. Tanken är att översiktligt ge grund till design och planering av diverse projekt, inklusive byggprojekt. I kustområdena med en viss sannolikhet för tsunamis benämns bland annat att “Project planning decisions, project design, and construction methods must take into account the level of tsunami hazard.” (ThinkHazard!. 2020.). De menar på att alla projekt som ska genomföras i riskfyllda områden behöver ta hänsyn till de olika faror som kan finnas på respektive plats. I vilken omfattning de förebyggande åtgärderna behöver uträttas för att människor och byggnader ska vara så säkra som möjligt beror på hur stor risken är för naturfenomenet.

Mer detaljerade kartor på kuster och dess riskzoner finns att hitta på olika organisationers webbsidor. Ett exempel är Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA] (2015) karta på Hawaii, se Figur 23 och 24. Dessa organisationer har samlat ihop selektiv data från utvalda länder och områden i syfte att skapa kartor med evakuerings- och riskzoner för tsunamis. Till skillnad från *ThinkHazard!* (2020) ger dessa kartor mer ingående information på hur kustområdena faktiskt ser ut med bland annat byggnader och avstånd från kusten för människorna att veta hur långt in mot land de bör evakuera i ett mer detaljerat plan.

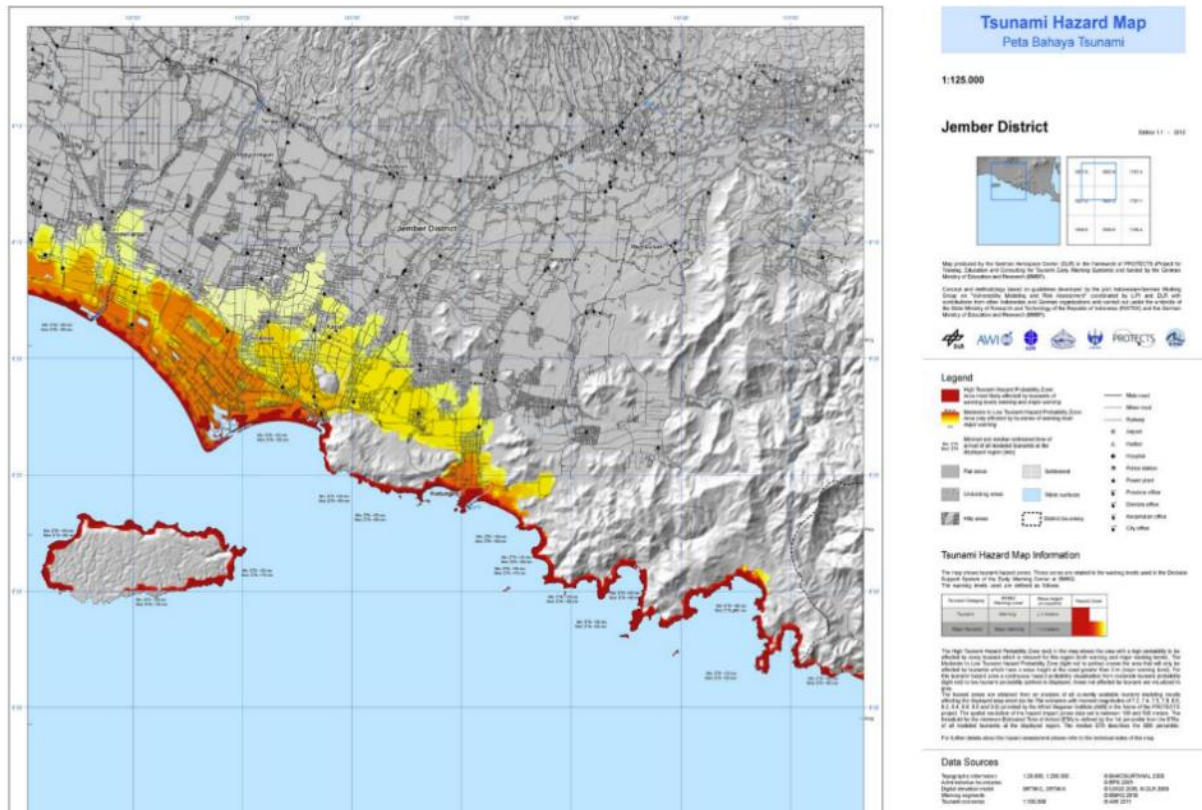


Figur 23: Hawaiiöarnas tsunami karta på riskzoner (Think Hazard!. 2020.)



Figur 24: Riskzon vid ett kustområde i Hawaii (NOAA. 2015.)

Ännu ett exempel är BWgeohydromatics (2022) karta på Jember District i Indonesien som ser ut enligt Figur 25.



Figur 25: Tsunami riskzons karta i Jember District, Indonesien (BWHydromatics, 2022.)

8.2 Tsunamiresistenta byggnader

8.2.1 Rätt material och teknik

När tsunamin inträffade i Japan 2011 fanns det redan riktlinjer om hur en evakuering skulle gå till. Dessa riktlinjer etablerades år 2005. Bland dessa riktlinjer fanns rekommendationer som bland annat talade om att människor skulle fly mot höga byggnader ifall högre mark var oåtkomlig och en evakuering mot våningar högre än tre till fyra våningar skulle ske ifall den förväntade tsunamins översvämningsdjup var två eller tre meter. Dessa riktlinjer motbevisades när tsunamin träffade Japans kust och sex stycken byggnader i Onagawa kollapsade. Inga av dessa byggnader var konstruerade för att kunna stå emot en tsunami och människorna trodde att det endast var höjden hos byggnaderna som var av betydelse (Supprasi, A., et al. 2012.).

När tsunamin träffade Japans kust år 2011 blev 115 163 hus kraftigt förstörda, 162 015 måttligt förstörda och 559 321 delvis förstörda (Supprasi, A., et al. 2012.). För att byggnader ska anses vara tsunamisäkra bör de konstrueras med specifika egenskaper och med rätt material för att kunna stå emot tsunamivågornas kraft. Några viktiga aspekter att se över är uppbyggnaden av inner- och ytterväggar.

Innan en byggnad uppförs är det viktigt att tänka över valet av antal rum och innerväggar som ska uppföras noga. Det är viktigt att ha en kontinuerlig konstruktion utan några svaga punkter. Skiljeväggar eller innerväggar som uppförts efter att ytterväggarna har byggts har lättare för att kollapsa än om de byggdes i samband med ytterväggen från första början (Pradipta Aidil, A. 2015.). Det är också viktigt att ha starka och hållbara material. Trots att trä är ett passande val för jordbävningsdrabbade områden på grund av dess låga vikt är det inte lika bra val när det kommer till att motstå tsunamivågornas kraft. Detta går att se i Japan där många av de hus och byggnader som förstördes var uppbyggda av trä (Supprasi, A., et al. 2012.). I stället är betong, gärna i kombination med stål, ett bättre val på grund av dess styrka och motståndskraft mot tryckbelastning. Betong och stål har olika egenskaper men kompletterar varandra mycket väl. Betong har som sagt goda egenskaper mot tryckspänningar som inte stål har medan stål har goda egenskaper mot dragspänningar som inte betong har (KTH. 2021.). Detta ger väggarna en viss flexibilitet och rörlighet för att kunna absorbera och fördela krafterna från tsunamivågorna. Det är också viktigt att dessa väggar har en tillräcklig tjocklek för att kunna motstå stöten från vågorna. En rekommendation på innerväggstjocklek är runt 15 till 23 centimeter men det rekommenderas att bygga även tjockare väggar än detta (Pradipta Aidil, A. 2015.).

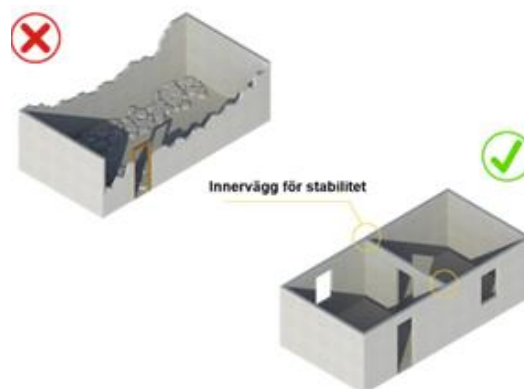
Förutom materialen hos inner- och ytterväggar finns det andra faktorer som är viktiga gällande tsunamisäkra konstruktioner. En byggnad i Onigawa på fem våningar stod fortfarande kvar trots vågornas kraft. Denna byggnad var, precis som de andra sex byggnaderna, en hög byggnad som var uppbyggd av armerad betong och som befann sig på samma plats som de som föll. Orsaken till att de andra kollapsade kan bero på flera olika orsaker. Många pålgrundläggningar tog till skada av den kraftiga skakningen. Försvagningen i pålgrundläggningarna innebar att byggnaderna utsattes för kraftig sidolast och på grund av jordflytningen gav fundamentets anslutningar vika eftersom förbindelserna mellan pålarna och fundamentet var för svagt.

Även andra orsaker utöver materialval och tekniker påverkade fallet av dessa byggnader. Till skillnad från femvånings-byggnaden var de överkastade byggnaderna riktade mot land vilket betyder att de kollapsat på grund av den ursprungliga vågen och inte den tillbakadragna vågen. Föråldrade byggnadsregler var också en anledning till att byggnaderna kollapsade då de flesta byggnader uppfördes mellan 1970 och 1980 innan de nya byggnadsreglerna för jordbävningsresistentbyggande kom till (Supprasi, A., et al. 2012.).

8.2.2 Byggnadens utformning

En väsentlig del inom tsunamiresistent byggande är framför allt byggnadens utformning och komponenter. Med hjälp av flera smarta och enkla val kan byggnaden skyddas och stå emot krafterna inför en kommande tsunami.

När det kommer till tsunamiresistent byggnader är det viktigt att tänka mindre och fler, än större och färre. Genom att dela upp en byggnad i mindre delar tillåts vågorna passera genom dessa byggnader i stället för att ta en kraftig smäll mot en stor väggyta. Ett exempel är en L-formad byggnad som delas upp i två och hindrar det forsande vattnet från att tas emot i byggnadens "hörna". En annan viktig del att tänka på när det kommer till byggnadens form är måtten på byggnaden. En tumregel brukar vara att en avlång byggnad med en längd tre gånger sin bredd har en större chans att falla. Därför föreslås också kvadratiska byggnader framför rektangulära och andra förekommande former på byggnader. Skulle en byggnad vara tillräckligt stor nog för att kunna delas upp i flera rum är detta något att föreslå. Genom att ställa upp innerväggar som är vinkelräta mot den yttre väggen som mest troligt kommer utsättas för en kraftig våg kan byggnaden göras mer stabil och "fånga upp" kraften från tsunamivågorna, se Figur 27. Detta görs särskilt ifall en längd på byggnaden skulle överskrida sju meter (Pradipta Aidil, A. 2015.).



Figur 27: Innervägg för stabilitet (Pradipta Aidil, A. 2015. Bearbetad av författarna.)

Symmetri är också ett viktigt ord att ha i tanke när det kommer till byggnaders utformning. Skulle en tsunami med kraftiga vågor röra sig mot en symmetrisk byggnad tas krafterna emot lika på alla ställen förutsatt att vågorna träffar hela byggnaden samtidigt. Ifall en byggnad består av till exempel en veranda som är en markant mer utsatt del än en vägg skulle denna del av byggnaden kollapsa och förmodligen dra med sig andra delar av byggnaden (Pradipta Aidil, A. 2015.).

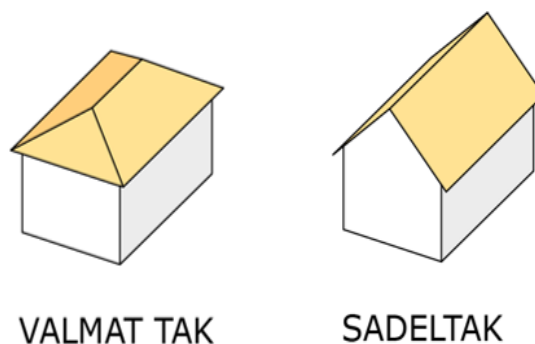
Att upprätthålla en symmetri av fönster och dörrar är också av betydelse för att skapa en jämn fördelning. Fönster och dörrar ska helst finnas på samma höjd, ha samma mått och placeras mitt för varandra. Detta är för att vågorna som träffar byggnaden ska ha ett naturligt flöde och kunna ta sig igenom dessa öppningar på ena sidan av byggnaden för att sedan ta sig ut genom öppningarna på andra sidan, utan att några hinder är i vägen. På så sätt hindras byggnaden från att kollapsa och ta emot en kraftig smäll mot en vägg.

Det är också viktigt att tänka på placeringen av dessa öppningar i form av fönster och dörrar och att de varken är för små eller för stora. Ifall de är för små tar ytterväggarna emot en för stor kraft som redan nämnts. Ifall de är för stora finns risken att konstruktionen i sig inte är tillräckligt stabil för att kunna ta emot en tsunamivåg. Samma princip gäller placeringen av fönster och dörrar där det är viktigt att dessa öppningar inte placeras för nära en viktig bärande del av byggnaden, till exempel byggnadens kanter, se Figur 28, (Pradipta Aidil, A. 2015.).



Figur 28: Spalten i hörnan är för smal (Pradipta Aidil, A. 2015. Bearbetad av författarna.)

Byggnaders tak ska helst bestå av många lutningar i många riktningar för att inte lämna en fri angreppsytta. Ett exempel på ett passande tak som kan ses i Figur 29 är valmat tak med fall på kortsidorna till skillnad från ett sadeltak som utsätter kortsidorna av byggnaden för kraften av vågorna (Takexperter. 2023.). För att ge ett ytterligare skydd mot både tsunamivågor och väder bör taket ha en lutning mellan tjugo och trettiofem grader och ett takutsprång på högst en halvmeter. Denna lutning och detta takutsprång passar särskilt fuktiga och tropiska klimat som existerar i Indonesien och är viktigt för att kunna avleda regnvatten som annars kan komma åt fasaden och försvaga den med tiden (Pradipta Aidil, A. 2015.).



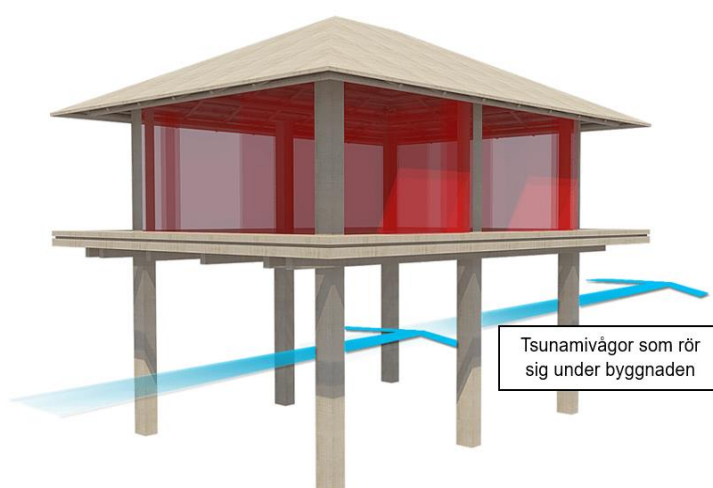
Figur 29: Valmat tak vs Sadeltak (Träguiden. 2020.)

8.2.3 Grundstabilitet

Där det inte finns möjlighet för att bygga hus och andra verksamheter på en förhöjd marknivå kan pelare eller plintar ses som ett passande val av grund, se Figur 30. Dessa pelare kan vara gjorda av flera olika material där de bästa materialen som kan användas för att motstå trycket från tsunamivågorna är betong och stål. De vanligaste förekommande materialen som byggs med idag är dock trä och betong. När en byggnad ska byggas på pelare är det viktigt att veta vart byggnaden ska stå. Detta är för att ju närmare kusten byggnaden uppförs desto högre måste pelarna vara. Det är en viktig bedömning att göra och en bedömning som måste göras till varje enskild byggnad. Byggnaden måste befinna sig på en sådan höjd att alla horisontella delar av byggnaden inte är i riskzon för att träffas av de starka vågorna. Detta är också anledningen till att pelare eller stolpar blir ett passande grundval från första början. En pelargrund gör det möjligt för vatten att passera under byggnaden utan att skada den (Pradipta Aidil, A. 2015).

En grund, oavsett om den består av en plattformgrund eller grund på pelare, ska alltid befinna sig på ett tillräckligt stort djup ner i marken och vara tillräckligt bra förankrade för att kunna motstå kraften från vågorna. Det är viktigt att den även håller för översvämning, erosionseffekter och kraftpåverkan från vrakgods och andra delar som kan följa med tsunamivågorna. Denna kraftpåverkan ska grunden även vara tålig nog för att kunna överföra till marken. (Pradipta Aidil, A. 2015).

I USA byggs byggnader och hus på pelare i så kallade V-zoner eller Velocitetszoner vilket är "kustområden med en 1 % eller större risk för översvämning och en ytterligare fara som är förknippad med stormvågor." (FEMA. 2020). I dessa zoner finns lagar och regler som säger att byggnader i dessa zoner måste uppföras på pelare (Paquin, W. 2022)



Figur 30: Byggnad på pelare (Pradipta Aidil, A. 2015. Bearbetad av författarna.)

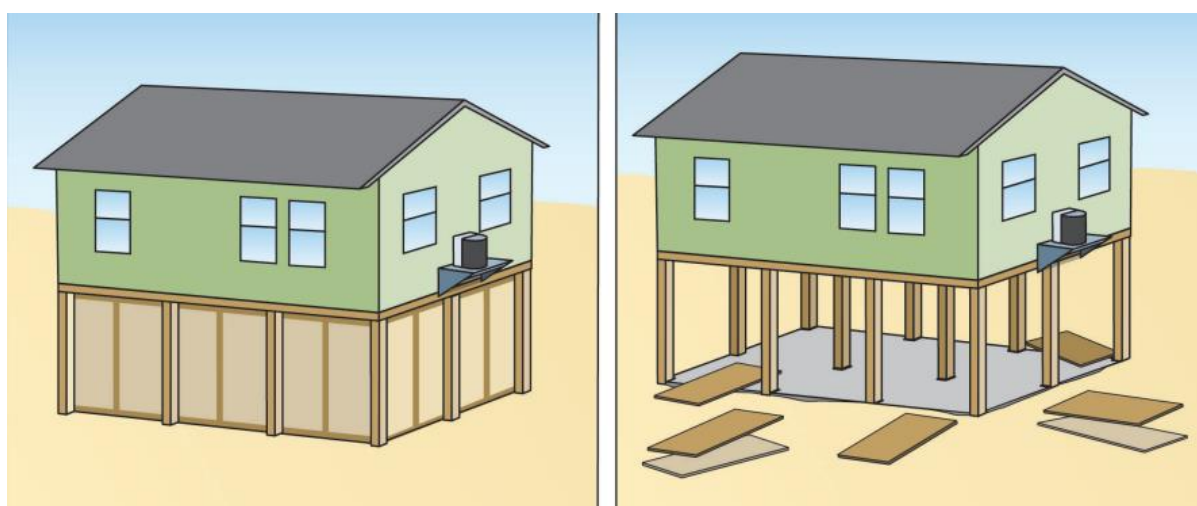
8.2.4 Breakaway walls

En "Breakaway wall" som på svenska kan översättas till "brytbar vägg" eller "säkerhetsvägg" är en vägg som inte fyller ett syfte för den bärande delen av byggnaden. Dess syfte är istället att kollapsa när väggen utsätts av krafter som kommer från sidan, se Figur 31, i detta fall krafter från en tsunamivåg (Federal Emergency Management Agency [FEMA]. 2020). Väggar är avsedda att kunna tåla en kraft på ungefär 50-100 kilogram per kvadratmeter innan de tillslut "bryts" (Paquin, W. 2022).

Dessa väggar installeras och förekommer i samband med pelargrund och används av samma syfte som en vanlig vägg, för att skydda ens ägodelar, för bekvämlighet och för att det är estetiskt tilltalande. Eftersom det råder en risk för översvämning och kraftiga vågor där dessa väggar förekommer brukar dock inte människor förvara det allra dyrbaraste av ägodelar i denna del av byggnaden.

Istället brukar detta utrymme användas som garage eller förvaring. Ett sätt som utrymmet inte bör användas för. Det är särskilt viktigt att dessa avbrytbara väggar faktiskt uppfyller sitt namn. I flera fall har dessa väggar installerats och utnyttjats på ett felaktigt sätt. Antingen har väggarna blockerats av ett eller flera horisontella objekt eller så har andra föremål som inte ska fästas i väggarna fästs i dem vilket resulterat i att de inte bryts av korrekt. I vissa fall har även den avbrytbara väggen fästs i byggnadens fasad vilket gjort att delar av fasaden följt med väggen när den utsatts för krafter (FEMA. 2020).

Breakaway walls är framförallt vanligt i USA där regler som Federal Emergency Management Agency (FEMA) och National Flood Insurance Programme (NFIP) skapat för uppförandet av dessa väggar måste följas. Några av dessa regler är bland annat vilken storlek på spik som får användas, var de ska spikas in och vilket material som ska användas för väggarna. Breakaway walls befinner sig särskilt i så kallade V-zoner eller Velocitetszoner som tidigare nämnts i samband med pelargrunder (Paquin, W. 2022).



Figur 31: Breakaway walls

8.3 Att bygga vid kustområden

Människor har sina anledningar till att turista eller bo nära kusten trots att de lär befinna sig inom riskzonerna för tsunamis. Det är därmed viktigt med god skyltning gällande höjder, läge över havet och vidare information, råd och anvisningar gällande tsunamis och evakuering. Kusterna bör samtidigt vara utrustade med stadigt förebyggande åtgärder som vågbrytare och strandvallar (Supprasi, A., et al. 2012.).

Massiva konstruktioner är dock inte alltid optimalt när tid och budget beaktas (Supprasi, A., et al. 2012.). Staten har en begränsad budget och kan endast investera till en viss del när det kommer till tsunami förebyggande åtgärder. Mängden strandnära skydd som är möjliga att implementera och dess verkan behöver därmed analyseras för att se om kostnaderna för anordningarna är förmånliga (Umer, S. & Xu, P. u.å.). Det gäller alltså att se till att hitta en balans och för samhället att investera rätt så att konsekvenserna när en tsunami väl inträffar kan bli så få som möjligt.

Trots att de förebyggande åtgärderna existerar bör befolkningen inte vilseledas till att känna sig säkra från tsunamin. De bör ha förståelse för att vågbrytarna till största del är till för att reducera faran och konsekvenserna av naturkatastrofen. Detta beror på att det inte riktigt finns byggnader som är konstruerade helt tsunamisäkra, men vissa byggnader är designade för att kunna motstå kraftiga flodvågor (Craven, J. 2021.). Trots att många olika strukturella tsunamibarriärer och dämpare kan konstrueras förblir evakuering fortfarande den viktigaste och mest effektiva metoden för att rädda människoliv (Supprasi, A., et al. 2012.).

När konstruktioner utformas korrekt strukturellt kan omfattningen av skador och förluster markant minska. Det är därmed viktigt med god markanvändningspolitik för att skapa klarare anvisningar och säkrare projekt i samhället (Supprasi, A., et al. 2012.). Genom att tillämpa god stadsplanering gällande läge och avstånd kan en god infrastruktur uppnås och behovet av evakueringsåtgärder identifieras. Detta är avgörande gällande evakueringstid till respektive evakueringsplatser (Løvholt, F., et al. 2014.).

9. Slutsats

Jordens uppbyggnad och tsunamins uppkomst

Jordens yttre skikt är uppdelat i oceanbotten- och kontinentalplattor som är i rörelse på grund av jordens inre konvektionsströmmar. Plattekoniken som råder orsakar att plattorna ibland kolliderar och när spänningen blir alltför stor bryter de sig fria. Trycket som därmed uppstår får hela marken att röra sig då ett stort landområde hastigt höjs. Sker detta under havsbotten med en tillräckligt stor magnitud kan jordskalvet inducera en tsunami, vilken definieras som en flodvåg som skapas av den energi skalvet utsöndrar. Flodvågorna rör sig genom hela vattendjupet från havsbotten från skalvets epicentrum och fortplantar sig vidare in mot kusterna. Hastigheten vågorna förs med beror på jordbävningens omfattning. En tsunami märks vanligen inte av ute till havs men farten bromsas av när det blir grundare närmare kusten. Friktionen mot land resulterar i att kraften som tsunamin kommer in med minskar avsevärt, men även att vågen markant ökar i höjd. I den stund tsunamin väler in över land står kustområdet inför en stor förödelse i form av bland annat kollapsade byggnader och konstruktioner, flera kilometerlånga översvämningar, förstörda fordon och föremål, fördärvad infrastruktur, omkomna liv och framför sig en utmanande situation att återställa samhället och de levnadsvanor de ursprungligen hade.

Byggnader och bosättning i riskzoner

Trots kännedom om tsunamins riskzoner befinner sig fortfarande en del av befolkningen i dessa områden. Detta beror oftast på låga inkomster, markvärden och ägandeskap, befolkningstillväxt, brist på alternativ och att regeringens insatser till omlokalisering inte har lyckats behaga folket nog för att anpassa sig till nya livsstilar och nätverk. Det är därmed viktigt att kustområden, trots rekommendationer om att inte bygga i dessa zoner, skyddas av konstruktioner implementerade vid kusten som tsunamiförebyggande åtgärder.

Mät- och varningssystem

För att försöka undvika så många konsekvenser som möjligt har både mät- och varningssystem utvecklats för att kunna registrera skalvens omfattning och magnituder för att vidare observera havsnivåer ifall en tsunami inducerats. Med tiden har kunskap spridits och förebyggande åtgärder gällande tsunamis har prioriterats i fler och fler kustområden. Det arbete som har lagts ner på att tsunamisäkra samhällen har resulterat i internationella samarbeten och att flera varningscenter numera finns runt om i världen.

Vågbrytare

Vågbrytare kan förekomma i både naturliga formationer och konstgjorda strukturer. De är gjorda för att minska vågornas höjd och dämpa energin som kommer från dem. Det finns som tidigare nämnts flera olika slags vågbrytare. I de flesta fall lyckas dock inte vågbrytarna med att faktiskt bryta vågorna helt utan de flesta dämpar istället dem.

Skogar och träd vid kuster i riskzoner bör analyseras ifall dem kommer fungera som ett tsunamiskydd eller ifall dem kommer följa med vågorna in mot land och göra mer skada. Oavsett vad rekommenderas det dock inte att hugga dessa träd eller avverka skogarna ifall de inte skulle orsaka en alltför stor skada eller befinna sig alltför nära byggnader och bostäder. Detta är på grund av skogarnas och trädens fördelar för klimatet och ekosystemet.

Med tanke på att det finns en viss ovisshet om havsvallarna längs Japans kust faktiskt kommer skydda mot en möjlig tsunami samt att ett missnöje kring vallarna har uttryckts bör det också ses över ifall dessa väggar verkligen ska vara ett prioritetsval när ett samhälle väljer att börja tsunamisäkras. En enda vågbrytare kan inte implementeras med tron om att denna kommer att skydda ett helt samhälle mot en tsunami. Det är snarare mer säkert att uppföra flera stycken vågbrytare eller att se över platsen som ska skyddas och analysera vilken typ av vågbrytare som är lämplig. Ifall platsen endast består av byggnader utan några invånare som bor i närheten kan vågbrytare i form av havsvallar vara ett lämpligt val. Vid en plats med många invånare kan i stället trädplantering eller bevarande av skogar vara ett bättre val.

Stadsplanering

När det kommer till hur en stad kan formars för att reducera konsekvenserna av en tsunami finns det även andra planeringsåtgärder att tänka på utöver att ha olika vågbrytare utplacerade i de olika zonerna.

Först och främst finns rekommendationer på att markområden inom en 500 meters sträcka från kusten helst ska hållas obebyggda. Upp till en sträcka på 2 kilometer, dit en tsunamis vågor som längst kan nå, bör grundkonstruktionerna följa särskilda byggregler och anvisningar.

Stadsplaneringen bör innefatta väl distribuerade kullar, byggnader och andra platser att evakuera till. Evakueringsplatserna bör även uppfylla de högre standarder som stadgats. Viktigast är att evakueringsplatserna går att nå på 15-20 minuter, då detta är tiden människorna oftast har på sig att evakuera efter att ett evakueringslarm för tsunamis har aktiverats.

Vägförbindelser är också en del av infrastrukturen som bör beaktas. Det gäller att se till att vägarna är rymliga nog och har kapacitet för den mängd befolkning som befinner sig i områdena för att trafikstockning och liknande olägenheter inte ska ske. Viktigt att poängtera är dock att evakuering till fots om möjligt är lämpligare än att hamna i trafik under evakuering.

Placering och orientering av byggnader påverkar hur tsunamin rör sig in mot land. Genom att bygga glesare minskar folktätheten i områdena. Även att stora mängder avfall dras med flodvågorna minskar vilket innebär färre risker i det forsande vattnet. Byggnation på lägre nivåer och slät grund nära strandlinjen bör undvikas, då det är ganska osannolikt att de skulle klara av att motstå det stora vattentrycket som råder vid en tsunami. Vid avlånga byggnader bör dessutom kortsidan veta mot kusten för att minska potentiell väggyta som kan träffas av de starka vågorna.

Byggteknik

Det krävs inte ett alltför omfattande arbete för att bygga byggnader och bostäder mer tsunamisäkra. Oftast handlar det om en stark grund, gärna en på plintar, samt en bra placering av fönster och dörrar och att se till så att det inte blir för stora eller för små väggytor. Att även se till att hellre dela upp byggnaden i mindre kvadratiska delar än att ha en stor avlång byggnad är ett sätt att bygga tsunamisäkert. Ifall en avlång byggnad inte går att undvika rekommenderas det att en innervägg uppförs i samband med bygget föra att kunna fånga upp kraften från vågorna. Ett viktigt ord att ha med sig när det gäller tsunamisäkert byggande är ordet "symmetri". Genom att ha en symmetrisk byggnad fördelas kraften från vågorna jämnt över hela byggnaden, förutsatt att vågorna träffar hela byggnaden samtidigt. Rätt material är också en betydande faktor då armerad betong är ett mycket starkare material än trä och tål exponeringen mot vatten mycket bättre.

I många fall handlar det mest om att göra rätt val och tänka igenom bygget noga. Det är inget omfattande arbete när det gäller nybygge men att göra en redan befintlig byggnad tsunamisäker är dock svårt. I många fall är också ekonomi en betydande faktor som påverkar bygget och val av material. Många invånare i fattigare områden kan föredra att bygga sina hus i trä eftersom det är billigare och lättare att återbygga ifall huset skulle kollapsa. Ett bättre val hade varit ett hus i betong men för att möta invånarnas behov hade både betong och trä kunnat kombineras. Förslagsvis hade stommen och grunden av plintar kunnat göras av betong medan väggarna byggts av trä och fungerat på ungefär samma sätt som säkerhetsväggarna, se avsnitt 8.2.4. På så sätt får byggnaden en stark upphöjd grund som tål att vågor forsar mot den samtidigt som hela byggnaden inte behöver återuppbyggas ifall en tsunami skulle drabba byggnaden och dessutom blir det billigare än om hela byggnaden hade byggts i betong.

Det är dock viktigt att veta att ingen byggnad kan göras eller byggas absolut tsunamisäker, men med hjälp av enkla val och rätt material kan en byggnad stå emot mycket mer kraftfulla vågor än om den hade uppförts utan att ha dessa råd i åtanke. Genom att dessutom aktivt sträva mot att bygga mer tsunamisäkert utvidgas kunskaperna inom området, vilket i sin tur gör det möjligt att komma ett steg närmre fullständigt eller mer heltäckande tsunamisäkra byggnader.

Krishantering och beredskap

Det råder inga tvivel om att varje kris är unik och att hanteringen av varje katastrof därmed måste anpassas till respektive företeelse. En tsunami kan inträffa på en plats där den är historiskt välkänd liksom den kan inträffa på en helt annan geografisk plats. Vad som skiljer utfallen åt efter en katastrof beror på skiljaktigheter gällande befolkningens erfarenheter till naturkatastrofen, samt om samhället har satt upp någon beredskapsplan eller om fenomenet tidigare i landet inte alls har beaktats.

Att förbereda ett samhälle inför en naturkatastrof innebär till en början att man faktiskt ser till att befolkningen har kännedom kring fenomenet och att de förstår vad det kan innebära. Det gäller att arbeta fram en kriskommunikation vad gäller förebyggande arbete mellan organisationer, myndigheter och lokalbefolkningen. Genom att utforma beredskapsövningar lär sig folket även praktiskt vad som lär fungera bra och vad som lär fungera mindre bra när den riktiga krisen inträffar. Här gäller det att ha en öppen kommunikation för att i förebyggande syfte kunna åtgärda det som brister i evakueringsplaner och andra relaterade anordningar.

Detta gäller även verklighetsbaserade händelser, att kommunicera fram lärdomar och vad som vidare bör och kan utvecklas för att undvika liknande eller värre utfall i framtiden. Det har även visat sig att beredskapsövningarna har skapat mer självförtroende i människor som tidigare har tvivlat på sin egen förmåga att på egen hand evakuera sig. Rent allmänt bringar deltagandet i övningarna förtroende för befolkningen själva men även för varandra i samhället runtomkring.

När diverse samhällsorgan går samman för att utvärdera system och strategier för att lindrigare undkomma konsekvenserna av en naturkatastrof skapas relationer som är generellt gynnsamma för alla. Bildandet av goda kontaktnät med respekt och förtroende för varandra underlättar arbetet före, under och efter en kris med tanke på att de sedan tidigare har fått känna av dynamiken sinsemellan och byggt upp en form av tillit och kännedom gällande respektive aktörs arbetsmetod. Det är även bra att ha i åtanke att "övning ger färdighet", vilket mer specifikt innebär att de som har erfarenhet vanligen är mer kunniga inom området för ha en lite mer överordnad roll i krishantering när det gäller beslutstagande och översikt.

Rekommendationer i företag gällande krisövningar, är att de rimligen hålls en gång om året. Här handlar det om att skapa simuleringar som testar hur väl förberedda aktörerna är inför en riktig krishantering och vilka brister som ytterligare behöver åtgärdas. Huvudsakligen går övningarna ut på att aktörerna ska visa på att de har förstått sin roll i krishantering och vilka arbetsuppgifter varje person har i pressade situationer. Lyckas de genomföra en god simulering upplevs framgång i teamens samordning inför eventuella räddningsarbeten som erfordras i samhället när kriser inträffar.

Brister vid Indiska Oceanen 2004 och Japan 2011

Länderna runt Indiska Oceanen 2004 var inte utrustade med några mät- eller varningssystem. Lokalbefolkningen och turister var inte bekanta med vad naturfenomenet innebar och insåg inte faran tsunamin skulle orsaka. Ingen tidigare beredskap hade utvecklats i krishanteringssyfte vilket innebar förödande konsekvenser för samhället.

Japan däremot hade tidigare upplevt många tsunamis innan fallet 2011. De hade implementerat förebyggande åtgärder i form av olika vågbrytare vid kusterna, samt att befolkningen även var utbildade med evakueringsrutiner. Det gynnade folket stort att vara medvetna om vilka åtgärder som krävs för att lyckas evakuera från en tsunami och vilka rutter de skulle ta till säkrare platser. Tsunamin i sig var inte den största faran för befolkningen, utan den huvudsakliga katastrofen var effekterna på kärnkraftsreaktorerna som började läcka radioaktiv strålning. En katastrof som ingen var beredd på och som varken myndigheter, organisationer eller allmänheten hade utvecklat någon som helst krishantering eller evakueringsplan för.

I båda fallen betonas vikten av förebyggande åtgärder och att förbereda ett samhälle inför oförutsägbara katastrofer. De viktigaste lärdomarna är att förstå hur viktigt det är för allmänheten att ha kunskap om diverse förhållanden som går att hamna i och som man bör vara någorlunda förberedd inför ifall de skulle inträffa. Hur väl förberedda ett samhälle är med deras insatser före, under och efter en kris är avgörande för paniken som kan uppstå, människornas överlevnad och tiden det tar att försöka återgå till sina normala liv igen.

Fallstudierna visade på att naturkatastrofens omfattning i förväg är svåra att förutse. Vad staterna, dess myndigheter och organisationer i förebyggande syfte kan anordna är utbildning och beredskapsövningar för att förbereda befolkningen på hur de bör agera, vilka rutter och skyddsområden de bör söka sig till för att uppnå trygghet och säkerhet när en tsunami är på ingång.

Kollektiv samverkan

Med den kraft en tsunami bryter ner städer på sekunder behöver tillräckliga åtgärder och resurser finnas för att kunna motstå detta. Konsekvenserna kan bli mildare och vissa även undvikas om aktörerna lyckas prioritera rätt. Ett förebyggande arbete bör utföras i bästa kvalitet till den mån det går, för att människorna i fråga ska kunna känna en form av trygghet. Men för att det ska gå måste alla delaktiga veta sin roll i samhället och vad som bör prioriteras i sådana krissituationer. Ett arbete som trots allt behöver utföras och som i längden ger vinst för alla. Det är även viktigt att de som agerar förstår vikten av deras arbete och att varningssystemen hinner meddela folket i tid för faran. Människorna måste inse vikten av att hjälpa varandra, såväl lokalbefolkning som turister, att fly undan för att så många liv som möjligt ska räddas.

I sin helhet handlar mycket om kommunikation. Att denna planeras innan och sker enligt plan under en pågående kris är väsentligt. Den kollektiva samverkan är nämligen avgörande när det kommer till att rädda ett helt kustsamhälle från en hotfullt inkommande tsunami. Viktigt är att se till att evakuera vid minsta lilla misstanke om att en tsunami är på väg att ske, och att detta hellre sker i förväg än för sent.

Strävan efter förbättring av planer och beredskap och andra omständigheter inför vad en tsunami kan medföra, är ett måste. Konsekvenserna ska vara mildare och kunna hanteras eller åtgärdas smidigare. En viktig och kollektiv utmaning som blir mer och mer aktuell med avseende på människors sårbarhet i världen gällande naturkatastrofer och dess potentiellt förödande konsekvenser på samhällen.

Framtida studier:

Eftersom detta examensarbete varit begränsat, har det inte varit möjligt att behandla alla aspekter i detalj. Därför ges exempel på vad framtida studier skulle kunna behandla ifall ytterligare studier görs.

- Hur beredskaps- och evakueringsplaner ser ut och faktiskt utförs.
- Utveckling av mät- och varningssystemen, samt mer ingående hur de registrerar, sänder ut och fungerar.
- Vilka aktörer som finns och deltar i tsunamikatastrofer - Globala, Nationella, Inhemska, Internationella, Biståndsorganisationer, etc. - och det ingående arbetet inom myndigheter och organisationer som görs i samband med naturkatastrofer.
- Inverkan av korruption på befolkningens säkerhet och de åtgärder som behöver vidtas, gällande ekonomi och beslut kring förebyggande arbete.

10. Referenser

Tryckta källor

Abbott, P.L. (2006). *Natural Disasters*. The McGraw-Hill Companies

Allaby, M., Shou, P. (red.). (2008). *Jorden - en faktabok för hela familjen*. Globe.

B. W. Levin, M. A. Nosov. (2016). *Physics of Tsunamis*. Springer Cham. <https://doi-org.ludwig.lub.lu.se/10.1007/978-3-319-24037-4>

Chock, G., Robertson, I., Kriebel, D., Francis, M. & Nistor, I. (2013). *Tohoku, Japan, Earthquake and Tsunami of 2011: Performance of Structures under Tsunami Loads*. American Society of Civil Engineers (ASCE). <https://ascelibrary.org/doi/book/10.1061/9780784412497>

Da Cruz, J. (2006). Jordbävningar och andra skakande upplevelser. Världshavens bottnar och tsunamis. I Lundén, T. (red.). *Katastrof! Olyckans geografi och antropologi*. Svenska Sällskapet för Antropologi och Geografi. ss. 127-150.

Dalin, G. (2006). När en katastrof blir svensk. I Lundén, T. (red.). *Katastrof! Olyckans geografi och antropologi*. Svenska Sällskapet för Antropologi och Geografi. ss.195-222.

Jakobsson, M & Hell, B. (2006). Världshavens bottnar och tsunamis. I Lundén, T. (red.). *Katastrof! Olyckans geografi och antropologi*. Svenska Sällskapet för Antropologi och Geografi. ss. 41-58.

Lundén, T. (2006). Katastrof!. I Lundén, T. (red.). *Katastrof! Olyckans geografi och antropologi*. Svenska Sällskapet för Antropologi och Geografi. ss. 7-23.

Gill, T. Steger, B. & Slater, D.H. (2014). I Gill, T. Steger, B. & Slater, D.H. (red.). *JAPAN COPE WITH CALAMITY*. Peter Lang AG. ss.3-23.

Martirena, F. & Olivera, A. (2006). SUSTAINABLE DISASTER MITIGATION: Ecomaterials in Reconstruction Projects in Cuba. I Wamsler, C. (red.). *Open house International: Managing urban disasters*. The Urban International Press. ss. 23-30.

Rhyner, K. (2006). CRIES IN THE DARK: Reconstruction after Hurricane Mitch in Honduras. I Wamsler, C. (red.). *Open house International: Managing urban disasters*. The Urban International Press. ss. 31-38.

Achmad, A., Hasyim, S., Dahlan, B. och N. Aulia, D. (2015). *Modeling of urban growth in tsunami-prone city using logistic regression: Analysis of Banda Aceh, Indonesia*. Applied Geography, Volume 62, Pages 237-246, ISSN 0143-6228, <https://doi.org/10.1016/j.apgeog.2015.05.001>.

Amri, I. & Giyarsih, S.R. (2021). Monitoring urban physical growth in tsunami-affected areas: a case study of Banda Aceh City, Indonesia. *GeoJournal* 87, 1929–1944 (2022). <https://doi.org/10.1007/s10708-020-10362-6>

Berglund, A. (2009). *Tjäle - en litteraturstudie med särskilt fokus på tjällossning*. [Forskningsrapport] Luleå Tekniska Universitet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:998673/FULLTEXT01.pdf>

Bernard, E. & Titov, V. (2015). *Evolution of tsunami warning systems and products*. Phil. Trans. R. Soc. A 373: 20140371. <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2014.0371>

Bödvarsson, R. (2005). *Samhällets behov av seismologisk kunskap i samband med geokatastrofer*. Uppsala Universitet. Statens Offentliga Utredningar (SOU).
<https://www.regeringen.se/contentassets/8627d9339e414175b0cef6b33eea2a64/sverige-och-tsunamin---granskning-och-forslag-expertrapporter>

Daleus, P. (2005). *Flodvågskatastrofen: massmedias och myndigheters framställningar av hanteringen*. Statens offentliga utredningar.
<https://www.regeringen.se/contentassets/8627d9339e414175b0cef6b33eea2a64/sverige-och-tsunamin---granskning-och-forslag-expertrapporter>

Eklöf, S. (2011). *Mineral i jordens inre - Hur kristallstrukturer förändras med tryck*. Uppsala Universitet. <http://www.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A439533&dsid=-69>

Erdman, A. & Wahlund, A. (2011). *Kriskommunikation. Om företags beredskap och underhållet av den*. Lunds universitet.
<https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=2163463&fileOid=8961344>

Eriksson, S. & Reslan, S. (2016). *Praktisk studie som förebygger kollaps mot jordbävningar*. Linköpings Universitet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1034759/FULLTEXT02.pdf>

Fine, I.V., Kulikov, E.A. & Cherniawsky, J.Y. (2012). *Japan's 2011 Tsunami: Characteristics of Wave Propagation from Observations and Numerical Modelling*. Pure Appl. Geophys. 170, 1295–1307 (2013). <https://doi.org/10.1007/s00024-012-0555-8>

Gustafsson Sundberg, H. (2012). *Det är ju bara en vulkan! Elevers tankar om naturkatastrofer, nu och i framtiden*. Uppsala Universitet. https://www.ibg.uu.se/digitalAssets/164/c_164653-1_3-k_henrikgustafssonsundberg.pdf

Hansén, D. (2005). *Den svenska hanteringen av tsunamikatastrofen: fokus på Regeringskansliet*. Försvarshögskolan, Crismart. Statens Offentliga Utredningar (SOU).
<https://www.regeringen.se/contentassets/8627d9339e414175b0cef6b33eea2a64/sverige-och-tsunamin---granskning-och-forslag-expertrapporter>

Hasegawa, R. (2013). *Disaster Evacuation from Japan's 2011 Tsunami Disaster and the Fukushima Nuclear Accident*. IDDRI, Paris, France. <https://hdl.handle.net/2268/195804>

Hoseini, E. (2007). *Värmeflödet från jordens inre och dess användning som energikälla*. Luleå tekniska universitet. <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1029999/FULLTEXT01.pdf>

Jansson, M. (2016). *Den arktiska regionens plattetektoniska utveckling*. [Kandidatuppsats]. Umeå Universitet. <http://umu.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A927059&dswid=1275>

Khudair, Z. (2012). *Disaster Reduction in Developing Countries*. Lunds Universitet. https://www.hdm.lth.se/fileadmin/hdm/Ex-jobb/Disaster_Reduction_in_Developing_Countries.pdf

Kohi, S. (2010). *Hur gör man bostadshusen i Bam jordbävningsresistenta?* Lunds Universitet. https://www.hdm.lth.se/fileadmin/hdm/Ex-jobb/Hur_goer_man_bostadshusen_i_Bam_jordbaevningsresistenta_-_Samad_Kohi.pdf

Lund, B. (2014). *Katastrofer rubbar jorden*. Uppsala Universitet <https://fof.se/artikel/2014/8/katastroferna-rubbar-jorden/>

Løvholt, F., J. Setiadi, N., Birkmann, J., B. Harbitz, C., Bach, C., Fernando, N., G. Kaiser. & Nadium, F. (2014). *Tsunami risk reduction - are we better prepared today than in 2004?*. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2014.07.008>

Mas, E., Suppasri, A., Imamura, F. & Koshimura, S. (2012). *Agent-based Simulation of the 2011 Great East Japan Earthquake/Tsunami Evacuation: An Integrated Model of Tsunami Inundation and Evacuation*. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, Japan. DOI:10.2328/jnds.34.41

Moseley, L. 2005. *Rapport om Räddningsverkets insatser vid flodvågskatastrofen i Asien*. Statens Offentliga Utredningar (SOU). <https://www.regeringen.se/contentassets/8627d9339e414175b0cef6b33eea2a64/sverige-och-tsunamin---granskning-och-forslag-experttrapper>

Nelson, S. (2016). *Natural Disasters - Tsunami*. Tulane University. https://www2.tulane.edu/~sanelson/Natural_Disasters/tsunami.htm

Nourse, K. (2017). *Tsunami Evacuation Drill Guidebook: How to Plan a Community-Wide Tsunami Evacuation Drill*. Oregon Office of Emergency Management. https://www.oregon.gov/oem/Documents/Tsunami_Evacuation_Drill_Guidebook.pdf

Mas, E., Suppasri, A., Imamura, F. & Koshimura, S. (2012). *Agent-based Simulation of the 2011 Great East Japan Earthquake/Tsunami Evacuation: An Integrated Model of Tsunami Inundation and Evacuation*. International Research Institute of Disaster Science, Tohoku University, Japan. DOI:10.2328/jnds.34.41

Moseley, L. 2005. *Rapport om Räddningsverkets insatser vid flodvågskatastrofen i Asien*. Statens Offentliga Utredningar (SOU).
<https://www.regeringen.se/contentassets/8627d9339e414175b0cef6b33eea2a64/sverige-och-tsunamin---granskning-och-forslag-expert-rapporter>

Supprasi, A., Shuto, N., Imamura, F., Koshimura, S., Mas, E., & Cevdet Yalciner, A. (2012). *Lessons Learned from the 2011 Great East Japan Tsunami: Performance of Tsunami Countermeasures, Coastal Buildings, and Tsunami Evacuation in Japan*. *Pure Appl. Geophys.* 170, 993–1018 (2013). Springer Nature. <https://doi.org/10.1007/s00024-012-0511-7>

Svenska nationella seismiska samhället [SNSN]. (2021). *Jordbävningar och jordens inre*. Uppsala Universitet. <http://www.snsn.se/scifest/seismologi.pdf>

Pradipta Aidil, A. 2015. *Safe Housing on stilts*. University of Liverpool.
<http://andhitapradipta.github.io/ternate-tsunami/house-on-stilts.html>

Pradipta Aidil, A. 2015. *Tsunami Resistant Building Design Manual - Design a safer home*. University of Liverpool.
<http://andhitapradipta.github.io/ternate-tsunami/tsunami-resistant-building-design-manual.html>

Ramos Santibáñez, L. (2016). Urban Evacuation Tsunamis: Guidelines for Urban Design. *Journal of Engineering and Architecture*. DOI:10.15640/jea.v4n2a10

Webbsidor

Asahi, The Asahi Shimbun. (2021). *Residents lose coastal vistas to fortress-like tsunami walls*.
<https://www.asahi.com/ajw/articles/14245498> [Hämtad: 2023-06-16]

Binogi Sverige (2018). *Plattektonik (Geografi)* www.binogi.se.
<https://www.youtube.com/watch?v=YZNPPgQPTQU> [Hämtad: 2023-04-10]

BWgeohydromatics. 2022. *Tsunami Hazard and Mitigation in Indonesia*.
<https://bwgeohydromatics.com/insights/science/tsunami-hazard-and-mitigation-in-indonesia/>
[Hämtad: 2023-06-18]

Craven, J. (2021). *About the Architecture of Tsunami-Resistant Buildings*. ThoughtCo,
[thoughtco.com/architecture-of-tsunami-resistant-buildings-177703](https://www.thoughtco.com/architecture-of-tsunami-resistant-buildings-177703). [Hämtad: 2023-06-12]

Energiforsk AB. (2021). *Fukushima Daiichi - tio år senare*. <https://energiforsk.se/program/karnkraft-omvarld-och-teknik/nyheter/internationell-utblick/fukushima-daiichi-tio-ar-senare/> [Hämtad: 2023-05-25]

Extrakt. (2014). *Lönsamt satsa på korallrev som stormskydd*.
<https://www.extrakt.se/lonsamt-satsa-pa-korallrev-som-stormskydd/> [Hämtad: 2023-06-16]

Federal Emergency Management Agency [FEMA]. (2020). *Breakaway wall*.
<https://www.fema.gov/glossary/breakaway-wall> [Hämtad 2023-06-12]

Federal Emergency Management Agency [FEMA]. (2020). *Zone V*.
<https://www.fema.gov/glossary/zone-v> [Hämtad 2023-06-12]

Halberstadt, R. (2023). *Behind the Great Seawall of Japan*. Me, Myself & Disaster.
<https://open.spotify.com/episode/3ltkBpGvNVBzMSp71njLpI?si=a64aac8833cd4cc5> [Hämtad: 2023-06-16]

International Tsunami Information Center [ITIC]. (2023). *How does a tsunami energy travel across the ocean and how far can tsunamis waves reach?*
http://itic.ioc-unesco.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1164&Itemid=2031
[Hämtad 2023-05-21]

International Tsunami Information Center [ITIC]. (2023). *Current Official Tsunami Bulletins*.
http://itic.ioc-unesco.org/index.php?option=com_content&view=category&id=1164&Itemid=1164
[Hämtad 2023-05-30]

International Tsunami Information Center [ITIC].(u.å.). *Tsunami Exercises*.
http://itic.ioc-unesco.org/index.php?option=com_content&view=category&id=1439&Itemid=1439
[Hämtad: 2023-05-30]

Japan Property Central. (u.å.). MINATO-KU HAZARD RISK MAPS.
<https://japanpropertycentral.com/real-estate-faq/minato-ku-hazard-maps/> [Hämtad: 2023-06-14]

Krisinformation.se. (2014). *Bakgrund om Fukushima*.
<https://www.krisinformation.se/detta-kan-handa/handelser-och-storningar/2011/fukushima-handelserna-i-japan-2011/bakgrund-om-fukushima1> [Hämtad: 2023-05-23]

Krisinformation.se. (2014). *Fukushima: Händelserna i Japan 2011*.
<https://www.krisinformation.se/detta-kan-handa/handelser-och-storningar/2011/fukushima-handelserna-i-japan-2011> [Hämtad: 2023-05-23]

Kungliga Tekniska Högskolan. (2021). *Byggande i betong*.
<https://www.byv.kth.se/avd/betong/byggande-i-betong-1.25040> [Hämtad 2023-06-13]

Michigan Technological University. 2023. *How do we measure earthquake magnitude?*.
<https://www.mtu.edu/geo/community/seismology/learn/earthquake-measure/> [Hämtad 2023-05-21]

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap [MSB]. (u.å.). *Vad är en kris?*
<https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skolmaterial/samhallets-krisberedskap/vad-ar-en-kris/>
[Hämtad: 2023-05-06]

Nationalencyklopedin [NE]. (u.å.). *bakgrundsvärde*. [Hämtad: 2023-05-23]
<https://www.ne.se/upplagsverk/encyklopedi/1%C3%A5ng/bakgrundsv%C3%A4rde>

Naturhistoriska riksmuseet [nrm]. (2020). *Jordklotets byggnad*.
<https://www.nrm.se/faktaomnaturenochrymden/geologi/jordklotetochjordskorpan/jordklotetsbyggnad.1068.html> [Hämtad: 2023-04-26]

Nationalencyklopedin [NE]. (u.å.). *katastrof*.

<http://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/katastrof> [Hämtad: 2023-04-11]

Nationalencyklopedin [NE]. (u.å.). *naturkatastrof*.

<https://www.ne.se/uppslagsverk/encyklopedi/lång/naturkatastrof> [Hämtad: 2023-04-11]

National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]. (2023). *Historical Context*.

<https://www.noaa.gov/jetstream/tsunamis/historical-context> [Hämtad 2023-05-19]

National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]. (2023). *Overview of first operational DART System*.

https://nctr.pmel.noaa.gov/Dart/dart_ms1.html [Hämtad 2023-05-26]

National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]. (2023). *Tsunami Locations*.

<https://www.noaa.gov/jetstream/tsunamis/tsunami-locations> [Hämtad 2023-05-11]

National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]. (2023). *Tsunami Preparedness and Mitigation: Communities*. <https://www.noaa.gov/jetstream/prep-com> [Hämtad 2023-05-30]

National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]. (2023). *What is a hydrophone?*

<https://oceanservice.noaa.gov/facts/hydrophone.html> [Hämtad 2023-05-25]

National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]. (2023). *What is a tide gauge?*

<https://oceanservice.noaa.gov/facts/tide-gauge.html> [Hämtad 2023-05-25]

National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]. (2023). *What is the largest ocean basin on Earth?*

<https://oceanservice.noaa.gov/facts/biggestocean.html> [Hämtad 2023-05-11]

National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]. (2016). *Tsunami forecasting and warning - Alerting us to danger*.

<https://www.noaa.gov/explainers/us-tsunami-warning-system> [Hämtad 2023-05-30]

National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]. (2015). *TSUNAMI AWARE*.

<https://tsunami.coast.noaa.gov> [Hämtad: 2023-06-12]

National Oceanic and Atmospheric Administration [NOAA]. (u.å.) *What is the difference between a*

tsunameter and DART?. https://www.ndbc.noaa.gov/faq/tsunameter_DART_diff.shtml [Hämtad: 2023-06-12]

Naturhistoriska riksmuseet [nrm]. (2020). *Plattektonik och kontinentaldrift*.

<https://www.nrm.se/faktaomnaturenochrymden/geologi/jordklotetochjordskorpan/plattektonikochkontinentaldrift.244.html> [Hämtad: 2023-04-27]

Paquin, W. (2022). *What is a Breakaway wall?*. <https://youtu.be/bBlmr7lr0LE> [Hämtad 2023-06-12]

Pumpportalen. (u.å.). *Vätskors densitet och volymutvidgning*. <https://www.pumpportalen.se/pumphandboken/10-4-densitet-och-volymutvidgning/> [Hämtad: 2023-04-27]

Reid, R. (u.å.). *How to Make Buildings Safer in Tsunamis*. <https://www.reidsteel.com/steel-buildings/resilient-steel-structures/tsunami-resistant-building/> [Hämtad: 2023-06-13]

Rixö Bryggan. u.å. *Vågbrytare*. <https://rixobryggan.se/flytbrygga/vagbrytare/> [Hämtad: 2023-06-16]

Röda korset. (2020). *Tsunamier*. <https://www.rodakorset.fi/vart-arbete/internationellt-bistand/tsunami/> [Hämtad: 2023-04-09]

Seis-Insight. 2016. *How a seismometer works*. <https://www.seis-insight.eu/en/public-2/planetary-seismology/how-a-seismometer-works> [Hämtad 2023-05-18]

SMHI (2022). *Tidvatten*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/vagor/tidvatten-1.321> [Hämtad: 2023-04-24]

SMHI. 2021. *Tsunami*. <https://www.smhi.se/kunskapsbanken/oceanografi/vagor/tsunami-1.3084> [Hämtad 2023-05-11]

Sonardyne. (2021.). *Underpinning the Indian Tsunami early warning system*. <https://www.sonardyne.com/case-studies/underpinning-the-indian-tsunami-early-warning-system/> [Hämtad: 2023-05-29]

Strålsäkerhetsmyndigheten. (2017). *Inneslutningen i en tryckvattenreaktor*. <https://www.stralsakerhetsmyndigheten.se/omraden/karnkraft/sa-fungerar-ett-karnkraftverk/sa-fungerar-en-tryckvattenreaktor/inneslutningen-i-en-tryckvattenreaktor/> [Hämtad: 2023-05-23]

Svensk kärnbränslehantering [skb]. 2023. *Jordskalvetsstyrka*. <https://skb.se/forskning-och-teknik/temasidor/jordskalv/jordskalvets-styrka/> [Hämtad 2023-05-21]

Sveriges geologiska undersökning [SGU]. (2014). *Jordbävningar och vulkaner*. <https://www.sgu.se/om-geologi/jordklotets-uppbyggnad/jordbavningar-och-vulkaner/> [Hämtad: 2023-05-10]

Svenska nationella seismiska nätet (SNSN). (2011). *Jordbävningen utanför Sendai, Japan 11 mars 2011*. 2011. https://www.snsn.se/stora/Sendai_20110311.php [Hämtad: 2023-05-22]

Sveriges geologiska undersökning (SGU). (2020). *Seismisk aktivitet*. <https://www.sgu.se/om-geologi/jordklotets-uppbyggnad/seismisk-aktivitet/> [Hämtad 2023-04-30]

Sveriges geologiska undersökning (SGU). (2014). *Vulkaner - varför finns de och var?* <https://www.youtube.com/watch?v=YKbDSF0qYHc&t=67s> [Hämtad: 2023-04-28]

Sveriges Riksdag. (2006). *Regeringens krisberedskap och krishantering i samband med flodvågskatastrofen 2004*. https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/arende/betankande/regeringens-krisberedskap-och-krishantering-i_GT01KU8/html [Hämtad: 2023-05-19]

Sweden Abroad. (2023). *Naturförhållanden och katastrofer*. <https://www.swedenabroad.se/sv/om-utlandet-f%C3%B6r-svenska-medborgare/japan/reseinformation/ambassadens-reseinformation/naturf%C3%B6rh%C3%A5llanden-och-katastrofer/> [Hämtad: 2023-04-29]

Swedish Nomad (2019). *25 Intressanta fakta om Tsunamis*. <https://www.swedishnomad.com/sv/fakta-om-tsunamis/> [Hämtad: 2023-04-24]

Takeexperter. (2023). *Allt du behöver veta om valmat tak*. <https://www.takeexperter.se/sida/allt-du-behoover-veta-om-valmat-tak> [Hämtad 2023-06-13]

TED-Ed (2014). *How tsunamis work - Alex Gendler*. <https://www.youtube.com/watch?v=Wx9vPv-T5II&t=51s> [Hämtad: 2023-04-10]

ThinkHazard!. (2020). -. <https://thinkhazard.org/en/report/126-japan/TS> [Hämtad: 2023-06-12]

The American National Red Cross. (2010). *Tsunami Safety Checklist*. https://www.redcross.org/content/dam/redcross/atg/PDF_s/Preparedness___Disaster_Recovery/Disaster_Preparedness/Tsunami/Tsunami.pdf [Hämtad: 2023-06-12]

The National Emergency Management Agency (u.å.) *Tsunami evacuation zones*. <https://www.civildefence.govt.nz/get-ready/get-tsunami-ready/tsunami-evacuation-zones/> [Hämtad: 2023-06-12]

Tärning, J. (2014). *Så bildas en tsunami - explainer video*. https://www.youtube.com/watch?v=_UzTv2Hex-Q [Hämtad: 2023-04-09]

Umer, S. & Xu, P. u.å. *Urban Planning*. <http://web.mit.edu/12.000/www/m2009/teams/2/shahab.htm> [Hämtad: 2023-06-13]

United Nations Office for Disaster Risk Reduction. [UNDRR]. (2018). *New real-time tsunami early warning system calculates size and distance using underwater sound waves*. <https://www.preventionweb.net/news/new-real-time-tsunami-early-warning-system-calculates-size-and-distance-using-underwater-sound> [Hämtad 2023-05-26]

World Health Organisation (WHO). (u.å.). *Natural Events*. https://www.who.int/environmental_health_emergencies/natural_events/en/ [Hämtad 2023-04-11]

World Health Organisation (WHO). (2011). *Useful Definitions and Early Warning Information for Natural Hazards*. <https://www.who.int/publications/i/item/useful-definitions-and-early-warning-information-for-natural-hazards> [Hämtad: 2023-03-17]

Yle. (2014). *TSUNAMIN - timme för timme*. <https://svenska.yle.fi/a/7-10009405> [Hämtad: 2023-05-18]

Bilder

Figur 1: Garden Cottage Nursery. 2022. *Jordens uppbyggnad* [illustration].
http://www.gcnursery.co.uk/index_htm_files/17239@2x.jpg [Hämtad 2023-05-31]

Figur 2: Clio Online. 2014. *Konvergerande-, divergerande- och omvandlingsgräns* [illustration].
https://cdn-se-ge-hs.clio.me/_migrated/polaroidphoto/Pladegraenser_samlet.png?_ga=2.37585959.684223344.1685530110-907307934.1683278311 [Hämtad 2023-05-31]

Figur 3: California State University. 2021. *Tsunamins rörelsemönster* [illustration].
<https://www.calstate.edu/csu-system/news/PublishingImages/it-comes-in-waves/Tsunami-Graphic.png> [Hämtad 2023-05-31]

Figur 4: Sveriges geologiska undersökning (SGU). 2020. *Karta över litosfärplattorna* [illustration].
<https://www.sgu.se/globalassets/om-geologi/jordklotets-uppbyggnad/karta-over-litosfarplattor-627x400.jpg> [Hämtad: 2023-05-10]

Figur 5: Britannica. 2023. *Eldringen* [illustration].
<https://cdn.britannica.com/57/5457-050-40B0E740/ring-volcanoes-arcs-tectonic-plate-boundaries-Pacific.jpg?w=300> [Hämtad 2023-05-11]

Figur 6: Skapad av författare, Lydia Stijovic 2023. *Mätparametrar för tsunamivågor* [illustration].

Figur 7: Woods Hole Oceanographic Institution. 2005. *DART-boj* [fotografi].
https://www.whoi.edu/wp-content/uploads/2005/03/v44n1-dart1en_11501-fp_243433.jpg [Hämtad 2023-05-31]

Figur 8: National Weather Service. u.å. *Tsunami - Varningsmeddelanden* [illustration].
<https://www.weather.gov/images/safety/alerts.png> [Hämtad 2023-05-30]

Figur 9: United Nations Development Programme. 2019. *Evakueringssteg vid tsunamiövning* [illustration].
http://neamtic.ioc-unesco.org/images/Neamtic/PDF/resources/manuals/Regional-Guide-for-Schools-to-Prepare-for-Tsunamis_2019_ENG.pdf?fbclid=IwAR1xLIUKq03-7FRzMdtj2MPXkGBY249oU6RZOImMmrpDwt8yn1aS8ARMTtM [Hämtad 2023-05-31]

Figur 10: United Nations Office for Disaster Risk Reduction. u.å. *Följderna av tsunamin i Indiska Oceanen 2004* [fotografi].
https://www.preventionweb.net/sites/default/files/styles/ultrawide_16_6/public/Indian-ocean-tsunami-2004-min.jpg?itok=XrWXvgzh [Hämtad 2023-05-31]

Figur 11: NOAA. u.å. *Modellerad våghöjd (färg) och restider (linjer) av tsunamin 2004 i Indiska Oceanen* [illustration]
https://www.noaa.gov/jetstream/tsunamis?fbclid=IwAR2wYvGNtI8_wU9duhcXibln911zelFMNjpaV8SrX027atWA17d46V6J4bU [Hämtad 2023-05-11]

Figur 12: Yle u.å. *Banda Aceh, Indonesien, före vågen* [fotografi].
https://svenska.yle.fi/a/7-10009405?fbclid=IwAR2_OohCJB_Z1kFeSN4_Nna3xpd6NLmG44KsXJekSKGAY5956cYoBLkS93Y [Hämtad 2023-05-18]

Figur 13: Yle u.å. *Banda Aceh, Indonesien, efter vågen* [fotografi].
https://svenska.yle.fi/a/7-10009405?fbclid=IwAR2_OohCJB_Z1kFeSN4_Nna3xpd6NLmG44KsXJekSKGAY5956cYoBLkS93Y [2023-05-18]

Figur 14: STR/epa/Corbis u.å. *Följderna av tsunamin i Japan 2011* [fotografi]
https://www.nature.com/articles/484296a?fbclid=IwAR0EoNls_Q7sbCjD3xp8PnRIx2KKkAg7I8KXVQaosKFIY-TrrBVRjyjrX0 [Hämtad 2023-05-31]

Figur 15: Blue Japan. *Karta över Japans fyra huvudöar och två skärgårdar* [illustration].
<https://bluejapan.org/geography/islands-of-japan/> [Hämtad 2023-05-28]

Figur 16: USAID. 2011. *Jordbävningens epicentrum* [illustration].
<https://reliefweb.int/map/japan/japan-earthquake-japan-11-mar-2011?fbclid=IwAR2w3ZV7JR4Mu5UeZ-rISpMpUqjsQCkNd4ABBAiMmEXGjEBNjR93wU4fUk> [Hämtad 2023-05-31]

Figur 17: CRS u.å. *Karta över kärnkraftverkens placering i Japan* [illustration]
<https://sgp.fas.org/crs/row/R41690.pdf?fbclid=IwAR2HtJZJqawFYc5XpMdnVch9tp9xKUUXytcqZoN-TBrkStJpWC1dOIyth1U> [Hämtad 2023-05-31]

Figur 18: Solveig Hellmark, Strålsäkerhetsmyndigheten. 2017. *INES-skalan* [illustration].
<https://stralsakerhetsmyndigheten.imagevault.media/publishedmedia/bemioch9ctvwwhz9nu21/INES-skalan.jpg> [Hämtad 2023-05-31]

Figur 19: NBC News. *Fukushima kärnkraftverk år 2008* [fotografi].
https://media-cldnry.s-nbcnews.com/image/upload/t_fit-560w,f_auto,q_auto:eco,dpr_2.0/newscms/2015_31/1143191/150728-fukushima-nuclear-plant-tokyo-jpo-408a.jpg [Hämtad 2023-05-31]

Figur 20: Kyung-hoon, K. The Guardian. u.å. *Miracle Pine Tree* [fotografi]
https://i.guim.co.uk/img/media/413c32876d7bd502f3a9da591ee1078d82274f9b/0_0_3500_2393/master/3500.jpg?width=1920&quality=85&auto=format&fit=max&s=0e861139f7ee0afce25fdcf7c7465f9 [Hämtad 2023-06-12]

Figur 21: Asahi Shimbun. 2021. *Havsvallen i Ogatsu, Ishinomaki, Japan* [fotografi]
<https://p.potaufeu.asahi.com/803a-p/picture/25755992/bfc48722177a366c71f97b7227a60f60.jpg> [Hämtad 2023-06-16]

Figur 22: David Castor. 2022. *Havsvallar i Vejbystrand, Ängelholm* [fotografi]
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/83/Vejbystrands_hamn_07_juli_2022.jpg/1280px-Vejbystrands_hamn_07_juli_2022.jpg [Hämtad 2023-06-16]

Figur 23: Think Hazard!. 2020. *Hawaiiöarnas tsunami karta på riskzoner* [illustration]
<https://thinkhazard.org/en/report/126-japan/TS> [Hämtad: 2023-06-12]

Figur 24: NOAA. 2015. *Riskzon vid ett kustområde i Hawaii* [satellitbild]
<https://tsunami.coast.noaa.gov> [Hämtad: 2023-06-12]

Figur 25: BWgeohydromatics. 2022. *Tsunami riskzons karta i Jember District, Indonesien* [illustration]
<https://bwgeohydromatics.com/insights/science/tsunami-hazard-and-mitigation-in-indonesia/>
[Hämtad: 2023-06-18]

Figur 26: Japan Property Central. u.å. *Minato City Tsunami Hazard Map* [illustration]
<https://japanpropertycentral.com/real-estate-faq/minato-ku-hazard-maps/> [Hämtad: 2023-06-14]

Figur 27: Pradipta Aidil, A, University of Liverpool. 2015. Bearbetad av författarna. *Innervägg för stabilitet* [illustration]
<https://andhitapradipta.github.io/ternate-tsunami/img/diagrams/D12.png> [Hämtad 2023-06-13]

Figur 28: Pradipta Aidil, A, University of Liverpool. 2015. Bearbetad av författarna. *Spalten i hörnan är för smal* [illustration]
<http://andhitapradipta.github.io/ternate-tsunami/img/diagrams/D21.png> [Hämtad 2023-06-13]

Figur 29: Träguiden. 2020. *Valmat tak vs. Sadeltak* [illustration]
https://www.traguiden.se/globalassets/konstruktion/konstruktiv-utformning/stomkompletteringar/tak/form-material-och-konstruktion/stomkompl-takform-bild1-t01_luft.png [Hämtad 2023-06-13]

Figur 30: Pradipta Aidil, A. 2015. Bearbetad av författarna. *Byggnad på pelare* [illustration]
<http://andhitapradipta.github.io/ternate-tsunami/img/house-on-stilts/diagram-1.png> [Hämtad 2023-06-13]

Figur 31: FEMA [Federal Emergency Management Agency, 2021. *Breakaway walls* [illustration]
https://www.fema.gov/sites/default/files/documents/fema_nfip-technical-bulletin-9-09292021.pdf
[Hämtad 2023-08-19]