

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

Filozofická fakulta

Katedra asijských studií

BAKALÁŘSKÁ DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Porovnání indonéské tradiční architektury s moderní
architekturou z hlediska odolnosti proti zemětřesení**

Comparison of Indonesian traditional architecture with modern
architecture in terms of earthquake resistance

OLOMOUC 2022

Dominika Hanzlíková

Vedoucí diplomové práce: Mgr. Ondřej Pokorný PhD.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou diplomovou práci vypracovala samostatně a uvedla veškeré použité prameny a literaturu.

V Olomouci dne 23. 6. 2022

Podpis:

Anotace

Bakalářská práce je zaměřena na Indonéskou architekturu, lokálně orientovaná na oblast ostrova Sumatra. Jedná se o komparaci tradiční obytné architektury s architekturou moderní z hlediska odolnosti vůči zemětřesení. Cílem je popsat a zanalyzovat vývoj stavebních postupů, použitých materiálů a případných nepůvodních prvků ovlivňujících funkčnost staveb. Porovnává vhodnost či nevhodnost použitých technologií a stavebních prvků pro tuto oblast často sužovanou zemětřeseními. Obsahově bude práce vycházet ze zpracování dostupné literatury k tématu (včetně indonéských publikací).

Jméno autora: Dominika Hanzlíková

Jméno vedoucího práce: Mgr. Ondřej Pokorný, Ph.D.

Název práce: Porovnání indonéské tradiční architektury s moderní architekturou z hlediska odolnosti proti zemětřesení

Počet stran: 40

Počet znaků včetně mezer: 54 062

Počet použitých zdrojů: 38

Počet příloh: 14

Klíčová slova: zemětřesení, Sumatra, Batak Toba, Nias, Minangkabau, Aceh, Padang, lidová architektura, moderní architektura, odolnost proti zemětřesení, stavební průzkum

Poděkování

Děkuji Mgr. Ondřeji Pokornému, Ph.D. za odborný dohled a cenné rady, které mi poskytl při psaní této bakalářské diplomové práce. Zároveň bych chtěla poděkovat mé rodině a přátelům, kteří mě po celou dobu mého studia podporovali.

Obsah

Úvod	6
1. Zemětřesení	8
1.1. Dopady zemětřesení	8
1.2. Indikátory odolnosti staveb proti zemětřesení	9
2. Oblast Sumatry	11
3. Tradiční architektura	12
3.1. Omo Hada	13
3.1.1. Společné rysy	13
3.1.2. Sever	14
3.1.3. Jih	15
3.1.4. Střed	15
3.2. Rumah Bolon	16
3.3. Rumah Gadang	18
3.4. Rumah Aceh	19
4. Moderní architektura	21
4.1. Engineered buildings	22
4.2. Non-engineered buildings	22
5. Komparace	24
5.1. Rok 2004	24
5.2. Rok 2005	25
5.3. Rok 2009	25
Závěr	27
Resumé	29
Seznam zdrojů	30
Obrazová příloha	33

Úvod

Ve své bakalářské práci se zaměřuji na zemětřesení v Indonésii a jejich dopady na tamní obytné budovy. Poukazuji na důležitost správného provedení staveb, dodržování technologických postupů, ale také na uplatnění dlouhodobých zkušeností u původních tradičních obydlí. Zabývám se vývojem architektury od historie až po současnost a také přírodními, náboženskými, politickými i ekonomickými aspekty, které ho průběžně ovlivňovaly nebo dodnes ovlivňují.

Cílem této práce je poukázat na to, jak může kvalita stavebních materiálů, dodržování technologických postupů a správně provedená práce ovlivnit životnost stavby a naopak jak mohou nekvalitní materiály, špatná práce a finanční úspory na nesprávném místě přispět ke zbytečným ztrátám na životech.

V první kapitole se věnuji zemětřesení jako takovému. Jeho vzniku a výskytu, typům zemětřesení a celkovému popisu a názvosloví. Dále se zaměřuji na jednotlivé dopady zemětřesení, a to jak z hlediska obětí na životech, tak z hlediska materiálních škod. Uvádím zde také různé sekundární projevy zemětřesení a jimi způsobené škody. Zaměřuji se zde mimo jiné na hlavní důvody obrovských ztrát na životech, mezi které patří hlavně zřícené budovy a podrobně se věnuji příčinám zřícení těchto budov. Zároveň v této kapitole popisují, co musí budova splňovat, aby byla odolná proti zemětřesení a také rozebírám jednotlivé indikátory odolnosti staveb vůči zemětřesení.

Ve druhé kapitole se zaměřuji na region Sumatra, který je jednou z oblastí nejvíce postižených zemětřeseními na světě. Popisují jeho geografii, přírodní podmínky a také administrativní rozdělení a počet obyvatel. V této kapitole vysvětluji hlavní důvody častého výskytu zemětřesení a jejich druhotných projevů. Také zde zmiňuji největší zemětřesení na Sumatře a jeho následky.

Ve třetí kapitole se zaměřuji na tradiční architekturu Indonésie a na vlivy, které ji formovaly. Popisují zde různé typy staveb a jejich odlišnosti v závislosti na regionech, ve kterých se nachází. Přestože jsou domy velmi různorodé mají také mnoho společných rysů, které zahrnují hlavně použití přírodních materiálů a také praktické a společenské funkce domů. Konkrétně se potom v této kapitole věnuji etnickým skupinám na Sumatře a různým typům jejich tradiční architektury. K podrobnému popisu jsem si vybrala čtyři styly lidových domů, tedy *Omo Hada*, *Rumah Bolon*, *Rumah Gadang* a *Rumah Aceh*. Ve všech těchto případech se zabývám nejen uspořádáním vesnic, ale také stavbou samotných obydlí. Popisují zde tradiční lidové domy a způsoby provedení jejich konstrukcí. Všimám si i důvodů použití různých stavebních technik a materiálů.

Ve čtvrté kapitole přecházím k moderní architektuře a zmiňuji zde opět aspekty, kterými byla během svého vývoje ovlivňována. Uvádím, že na rozdíl od tradiční architektury je ta moderní spíše než přírodními podmínkami ovlivněna politickými, náboženskými, ekonomickými a také sociálními atributy. V této kapitole zároveň sleduji postupný odklon od tradičních stavebních technik a dříve používaných materiálů a

přechod k moderním metodám stavitelství. Také si všímám některých důsledků těchto změn v technologiích a hlavně ekonomických kompromisů.

V poslední kapitole porovnávám tradiční a moderní architekturu z hlediska ohrožení zemětřesením. Vybrala jsem si tři konkrétní situace, ve kterých se zaměřuji na dopady zemětřesení na některé budovy, zhodnocuji míru jejich případného poškození a také se věnuji aspektům které měly na vzniklá poškození největší vliv. V prvním případě se zaměřuji na zemětřesení v roce 2004 v provincii Aceh. Toto zemětřesení bylo jedním z největších zemětřesení dosud zaznamenaných na světě. Ve druhém případě se věnuji zemětřesení, ke kterému došlo v roce 2005 na ostrově Nias nacházející se v provincii Severní Sumatra. V posledním příkladu popisuji zemětřesení v roce 2009, ke kterému došlo v provincii Západní Sumatra v blízkosti města Padang.

V závěru vyhodnocuji provedenou komparaci, kdy poukazuji na to, jak jednotlivé druhy staveb odolávají či neodolávají zemětřesení a jaké jsou toho příčiny. Dále provádím celkové shrnutí problematiky mé bakalářské práce a vypichuji některé důležité body. Také předkládám možná řešení, která by mohla přispět ke zmírnění následků zemětřesení a především obětí na životech. Zaměřuji se hlavně na to, jak nedostupnost kvalitních zdrojů, tedy znalostí či financí, ale také lidský faktor dokáže negativně ovlivnit právě kvalitu staveb. Připomínám také, že se opomíjí historické zkušenosti a osvědčené stavební postupy, které zohledňovaly právě účinky katastrof.

Celá bakalářská práce je zpracována na základě informací z literatury dostupné online a to převážně anglických a indonéských odborných publikací a studií, ale také knih, a dále různých webových stránek.

1. Zemětřesení

Zemětřesení je přirozený jev, jehož předpověď je však velmi obtížná. Z hlediska rozlohy zasaženého území a s tím souvisejícím rozsahem škod a počtem obětí představuje značné riziko. Nejčastěji je zemětřesení způsobeno vyrovnáváním napětí vyvolaného pohybem litosférických desek. Většina zemětřesení, přibližně 80%, je tedy tektonického původu a je spojena s již existujícími zlomy (Brázdil, 1988). Vliv tektonických procesů způsobuje v povrchových částech Země pohyb litosférických desek a hromadění napětí v horninách. Zedník (2006) uvádí že ve chvíli kdy dojde k překročení hraničního napětí nastane náhlé uvolnění deformační energie nahromaděné v zemském tělese formou rychlých posunů podél zlomové plochy. U silných zemětřesení lze pozorovat pohyb desek v horizontálním ale i ve vertikálním směru i o několik metrů. Místem vzniku zemětřesení je hypocentrum, jinými slovy ohnisko. Jeho svislý průmět na povrch Země se pak nazývá epicentrum.

Dalšími, méně častými typy zemětřesení jsou zemětřesení sopečná neboli vulkanická a dále zemětřesení řítivá. Vulkanická zemětřesení jsou průvodním jevem sopečné činnosti. Často se vyskytují v rojích, ale nejsou příliš intenzivní a jsou lokálně omezena na okolí sopek. Řítivá zemětřesení oproti tomu vznikají v krasových nebo poddolovaných oblastech. Stejně jako sopečná zemětřesení ale bývají místního charakteru. I přesto však, že mají menší intenzitu otřesů, mohou způsobit notné škody (Zedník, 2006).

Zemětřesení lze kromě typu dále rozdělit podle hloubky ohniska. Standardně se dělí na mělká (0-70 km), ty představují 85% z celkového počtu zemětřesení, středně hluboká (70-300 km) a hluboká (300-700 km).

Co se týká výskytu zemětřesení, více než 75% tektonických zemětřesení se odehrává v oblasti Ohnivého kruhu. Toto pásmo se táhne okolo Tichého oceánu od Nového Zélandu, přes pobřeží východní a jihovýchodní Asie, Aljašky, severovýchodní části Severní a Střední Ameriky až po Ameriku Jižní.

1.1. Dopady zemětřesení

Zemětřesení si po celá staletí již vyžádala nesmírné oběti na životech a také způsobila obrovské materiální škody. Příčin poškození způsobeného zemětřesením je hned několik, těmi základními jsou otřesy země, svahové pohyby, ztekucení půdy, tsunami a požáry. Tou hlavní příčinou poškození budov jsou však otřesy země. Zbylé příčiny poškození se řadí mezi sekundární projevy zemětřesení (Arya, Boen, Ishiyama 2014). Ačkoliv se zemětřesení vyskytují po celém světě, největší dopad mají v méně rozvinutých zemích. Kvůli nejistým podmínkám a také nevalné finanční situaci jsou nejvíce ohroženi sociálně znevýhodnění obyvatelé zemí s častým výskytem zemětřesení, kteří žijí na nekvalitních pozemcích a nemají dostatečné prostředky pro zajištění bezpečných staveb. Důvodem pro markantní ztráty na životech totiž není samotné zemětřesení, ale budovy. V podstatě všechny tragédie jsou následkem kolapsu lidmi vytvořených staveb (Pribadi, Boen, 2011). Po celém světě se nacházejí veřejné budovy, školy a obytné domy, které jsou stavěny rychle a hlavně levně. Jsou dělány

kompromisy v použitých materiálech a také umístění samotné stavby. Nedostačující stavební zákony, požadavky na bezpečnost, popřípadě nedostatečná kontrola jejich dodržování, ale také korupce umožňují schvalování stavebních projektů, které ani v nejmenším nevyhovují základním požadavkům na odolnost proti zemětřesení.

Právě území Indonésie je jedno z nejvíce náchylných k zemětřesení na světě. Avšak web Build Change (2022) uvádí že i přes tuto skutečnost je v Indonésii velmi málo školení a vzdělávání o správném návrhu a samotném provedení konstrukce, která by vyhovovala bezpečnostním požadavkům a odolala tak zemětřesení.

Až do nedávna byly budovy projektovány podle nedostačujícího předpisu z roku 2012 a podle staré mapy seismického nebezpečí. V roce 2017 byla mapa seismických hazardů na území Indonésie aktualizována a v roce 2019 vznikl nový soubor postupů při navrhování staveb odolných vůči zemětřesení SNI 1726:2019. Tento nový předpis vznikl aktualizací SNI 1726:2012. Ze srovnávací studie od Z. Al Jauhariho a spol., která byla publikována v roce 2021 prostřednictvím E3S Web of Conferences, vyplývá, že i přes nezměněné stavební zákony lze provést návrh stavby s novými požadavky tak, aby konstrukce byla seismicky odolná. Tato skutečnost se však týká pouze budov, které mají řádně vypracovaný technický návrh.

V Indonésii, stejně jako v dalších rozvojových zemích je nesčetně budov, které nebyly řádně navrženy a těchto budov stále přibývá. Škody způsobené zemětřesením v minulosti ukázaly, že poškození nebo zřícení právě netechnických konstrukcí bylo způsobeno hned několika aspekty (Arya, Boen, Ishiyama 2014).

V první řadě je to nedostatek obav o seismickou bezpečnost v důsledku zřídka výskytu ničivých zemětřesení v jedné oblasti. Dále velmi malé nebo žádné povědomí o tom, že budovy by mohly být odolné vůči zemětřesení i s finančně dostupnými dodatečnými úpravami. Jedním z hlavních aspektů je nedostatek finančních zdrojů pro splnění požadavků na odolnost proti zemětřesení ve stavebnictví a bohužel velmi často i nedostupnost standardních materiálů jako jsou kvalitní cement, ocel a malty. V neposlední řadě pak také nedostatek dovedností v seismickém navrhování a stavebních technikách a neorganizovaná povaha stavebního sektoru, což často vede ke špatným provedením konstrukcí, jako jsou například nesprávné detaily napojení (Arya, Boen, Ishiyama 2014).

1.2. Indikátory odolnosti staveb proti zemětřesení

Putra ve své studii *Earthquake Resistant Structures on the Traditional Houses in Indonesia* (2013) uvedl: „*Aby byla budova odolná proti zemětřesení obecně platí, že musí být dobře navržena, mít dobře zpracovaný detail a musí být dobře provedená samotná stavba.*”

V otázce seismické odolnosti budov je tedy nedílnou součástí už samotný projekt stavby. Ten musí být náležitě vypracován jak pro nosné, tak pro nenosné konstrukce. Konstrukce budovy by pak neměla být subtilní. Spíše by měla být houževnatá a schopná se do značné míry vychýlit nebo deformovat. Odporové prvky, jako je smyková výztuž,

musí být umístěny rovnoměrně v celé budově, ve svislém i podélném směru. Všechny prvky, jako jsou stěny a střecha, by měly být svázány dohromady tak, aby během zemětřesení fungovaly jako integrovaná jednotka, a aby síly působící na konstrukci byly přenášeny přes spoje a zabránilo se tak jejich oddělení. Stavba také musí být dobře spojena se základy a zemí. Je třeba se vyhnout mokřým, měkkým půdám a základ musí být dobře svázán dohromady a také napojen ke stěnám. Tam, kde se nelze vyhnout měkkým půdám, je třeba zajistit speciální zpevnění podloží. Je třeba dbát na to, aby všechny použité materiály byly kvalitní a chráněné před deštěm, sluncem, hmyzem a jinými oslabujícími vlivy, aby byla zajištěna jejich dlouhodobá pevnost. Nevyztužená zemina a zdivo nemají patřičnou pevnost v tahu a v tlaku. Proto musí být vhodně vyztuženy ocelí popřípadě dřevem (Arya, Boen, Ishiyama 2014).

2. Oblast Sumatry

Region Sumatra se nachází v západní části indonéského souostroví a skládá se z ostrova Sumatra a ostrovů k němu přilehlých. Ostrov Sumatra je šestým největším ostrovem na světě s rozlohou 473 481 km². Na severu je ohraničen Bengálským zálivem, na východě Malackým průlivem, na jihu Sundským průlivem a na západě Indickým oceánem. V západní části ostrova leží pohoří Bukit Barisan, které se táhne od severozápadu k jihovýchodu. Podél Bukit Barisan jsou desítky aktivních i neaktivních sopek, jako jsou Toba (severní Sumatra), Marapi a Talang (západní Sumatra) a Kerinci (Jambi). Na ostrově Sumatra je také několik jezer, například jezero Toba (severní Sumatra) a jezero Kerinci (Jambi). Na východě ostrova je potom mnoho mokřadů, které jsou odvodňovány velkými řekami.

Samotný ostrov je rozdělen na osm provincií: Severní Sumatra, Jambi, Riau, Západní Sumatra, Jižní Sumatra, Bengkulu, Lampung a autonomní provincie Aceh. Součástí regionu jsou také ostrovy Bangka Belitung a ostrovy Riau. Populace celého Sumaterského regionu je asi 58 580 209 obyvatel (údaj k roku 2020).

Díky tomu, že se však oblast nachází právě na rozhraní dvou zemských tektonických desek, je velmi náchylná k zemětřesením.

Jen v posledních letech zasáhlo Sumatru a přilehlé ostrovy mnoho velkých zemětřesení. To největší o síle 9,1, které se stalo 26. prosince 2004, patří mezi největší doposud zaznamenaná zemětřesení. Toto obrovské zemětřesení vytvořilo nejničivější tsunami v zaznamenané historii. Tsunami putovalo od Sumatry až po Afriku a mělo za následek více než 200 000 lidských životů.

3. Tradiční architektura

Indonéská tradiční architektura je reprezentací stavebních technik, které vycházejí z kulturních tradic lidí žijících na tomto území. Lidové domy a osady několika stovek etnických skupin Indonésie jsou extrémně rozmanité a mají svou vlastní historii. Rozmanitost a bohatost stavebního systému je zakořeněna v dědičných tradicích, ilustruje ztělesnění dynamického života a odráží rozmanitost kulturních, historických a geografických vlivů. Domy mají svůj význam ve společnosti a prokazují místní vynalézavost ve vztahu k prostředí a prostorovém uspořádání (Idham, 2019).

Velmi často jsou indonéské etnické skupiny spojovány s jejich vlastní výraznou architektonickou formou *Rumah Adat*. *Rumah Adat* je obecné označení pro tradiční domy v Indonésii. Ty jsou centrem zvyků, společenských vztahů, tradičních zákonů, legend a náboženství. *Rumah Adat* je ústředním bodem pro rodinu a její komunitu a je výchozím místem pro mnoho aktivit jejich obyvatel (Dawson, Gillow, 1994).

Různorodost úkrytů před klimatickými a geografickými podmínkami souostroví, která se táhne od západu na východ a reaguje na podmínky daného regionu, je zřejmá v mnoha ohledech. Domy se liší svou velikostí, tvarem, formou střechy či povrchovou úpravou. Názorným příkladem indonéské endemické kultury jsou i různé typy *Rumah Adat*. Avšak tyto domy mají, i přes regionální a kulturní odlišnosti, mnoho společných rysů. Těmi jsou kromě praktické a společenské funkce, přírodní materiály jako dřevo, bambus, ratan a další. Tradičně se také místo hřebíků používají truhlářské spoje, jako jsou různé druhy čepových spojů, dřevěné kolíky, pero-drážka, ale také svázání lany například z palmových vláken. Právě tyto typy spojů jsou prvkem, který výrazně zvyšuje odolnost staveb vůči otřesům (Idham, 2019). Co se týká střešních krytin, v minulosti se běžně používaly došky z palmových listů nebo traviny *Alang-alang*, česky Lalang válcovitý, dnes jsou tyto střechy v mnoha případech nahrazovány plechovými krytinami (Dawson, Gillow, 1994).

V závislosti na použitém materiálu a užití technologii se tradiční domy dají rozdělit na domy ve zvýšeném patře a na domy pozemní (Putra, 2013). Na západě souostroví je většina tradičních domů postavena na sloupech. Vyvýšené patro má několik praktických přínosů. Umožňuje například stavby na řekách či usnadňuje odtok hromadící se dešťové vody. Dále chrání obyvatele a potraviny nejen před vlhkostí, ale i před nepřáteli, divokou zvěří a komáry, čímž snižuje možnost jimi přenášených onemocnění (Dawson, Gillow, 1994). Největší síla těchto domů na kůlech ale spočívá v jejich schopnosti absorbovat rázové vlny při zemětřesení. Tuto schopnost představuje sloupkový, trámový a překladový konstrukční systém, který přenáší břemeno přímo na zem s dřevěnými, bambusovými nebo ratanovými stěnami, které však nejsou nosné (Vogelsang, 2020).

Většina *Rumah Adat* se tradičně skládá ze tří vertikálních částí. Horní část, tedy prostor pod střechou, představuje posvátný svět, střední část, obytné patro, svět lidský a dolní část, prostor pod podlahou, představuje podsvětí.

Na území Sumatry se vyskytuje množství etnických skupin (Obr. 1) a nachází se zde tedy i různé typy jejich tradiční architektury. V této práci přiblížím pouze čtyři styly lidových domů. Nejdříve se zaměřím na *Omo Hada* z ostrova Nias, následně na *Rumah Bolon*, tradiční dům Bataků z oblasti Toba, dále potom na *Rumah Gadang* etnika Minangkabau a v neposlední řadě na *Rumah Aceh* typický pro provincii Aceh.

3.1. Omo Hada

Nias je malý ostrov 120 kilometrů západně od ostrova Sumatra a tak se nachází v aktivní tektonické oblasti. Kvůli častým zemětřesením nazývají obyvatelé Nias „tančícím ostrovem“ (Gruber, Herbig, 2005). Ostrov je asi 150 km dlouhý a 50 km široký. Je charakterický mohutnými řekami, údolími a horami, které jsou vysoké až 887 metrů. Klima je tropické, teplé s průměrně 250 deštivými dny ročně.

Ostrov byl osídlován postupně ze středu a kvůli nevládné topografii byla většina osad postavena ve vnitrozemí, a to převážně v nejjihnějších a nejsevernějších částech ostrova. Tato území byla izolovaná a vyvíjela se nezávisle na sobě. Rozdíly ve společenské organizaci a formování vesnic rozdělují Nias do tří odlišných oblastí, a to severní, střední a jižní (Obr. 2). Mezi regiony jsou patrné jazykové, sociální a kulturní rozdíly ale také rozmanitosti v architektuře (Gruber, Herbig, 2005).

V dřívějších dobách byl Nias hustě pokrytý rozmanitým pralesem. Dnes však z původního porostu zbylo jen málo a i kvalitního dřeva vhodného jako stavební materiál ubývá. Na rozdíl od Sumatry není na ostrově úrodná sopečná půda. Z tohoto důvodu jsou zemědělsky využívány pozemky podél řek a pobřežní pláně. Ostrov pokrývají rozsáhlé plantáže kaučuku a pačuli, jejichž export je v současné době hlavním zdrojem příjmů. Kromě banánů se sklízí kokos, kakao a rýže. Kromě toho je v zemědělství také důležitý chov zvířat. Zvláštní význam má potom chov prasat, která jsou využívána pro všechny druhy svátků a rituálů (Gruber, Herbig, 2006).

Jako základny pro obchod s Nizozemskem a následně v 18. a 19. století jako misie, byly zakládány pobřežní osady, které se později výrazně rozrostly a v současné době v nich žije většina populace Niasu. Avšak vzhledem k nehostinné topografii, ale také z důvodu stěhování lidí za prací do větších měst, dodnes není Nias nijak hustě obydlený.

3.1.1. Společné rysy

Pro tradiční dům *Omo Hada* se používal pouze místní rostlinný materiál. Všechny domy na Niasu jsou tedy vyrobeny ze dřeva spojeného bez použití hřebíků. Propracované dlabané a čepové spoje jsou velmi flexibilní a vydrží v případě zemětřesení. (Gruber, Herbig, 2006) Hlavní nosnou konstrukcí jsou robustní dřevěné sloupy a trámy. Kromě klasických vertikálních pilířů podírajících dům je zde i složitý ztužující systém diagonálních pilířů, který se však liší v závislosti na regionu (Nias Heritage Museum, ©2017). Jako podklad pod sloupy ve spodní části domů jsou použity přírodní kameny, stavba tak není ukotvená do země, čímž vznikne velmi pevná, a přitom pružná konstrukce (Viaro, 2008). Propracovaný sloupový systém a také

skutečnost že nosná konstrukce *Omo Hada* je volně položená na terénu, činí tento dům velmi odolný proti zemětřesení.

Pozoruhodným rysem tradičních domů na Niasu jsou výrazně šikmé střechy. Na ty jsou použity kromě dřeva, palmové listy a bambus a svázané jsou kokosovými vlákny. Nosnou konstrukci střechy tvoří taktéž systém svislých a šikmých ztužujících nosníků. V *Omo Hada* není obvykle žádný vnitřní strop a dům je pouze rozdělen dělicími stěnami. Mezi trámy podírajícími střechu je potom často uloženo vybavení domácnosti (Nias Heritage Museum, ©2017). Unikátní jsou pro region Nias i světlíková okna, která jsou tvořena pohyblivými panely a lze je otevřít, což umožňuje pronikání denního světla do interiéru budovy a podporu cirkulace vzduchu (Gruber, Herbig, 2006).

Pozoruhodné je, že domy *Omo Hada* svým tvarem vlastně připomínají loď, což můžeme pozorovat napříč celým ostrovem. Někdy jsou použity i nápadné lodní prvky na fasádě. Tato forma je patrná hlavně na jihu ostrova (Nias Heritage Museum, ©2017). Nias je také proslulý svými megalitickými stavbami, což jsou unikátní díla různých tvarů a podob z kamenů. Tyto kameny symbolizují spojení mezi živými a mrtvými a odrážejí také sociální postavení majitele domu. Megality v jižním Niasu patří mezi nejvíce propracované, ve středním Niasu se zase nacházejí ty nejstarší. Některé jsou staré i přes 5 tis. let. Pro jižní a střední oblast ostrova jsou také typické propracované zdobné dřevorezby, a to jak v interiéru tak v exteriéru (Gruber, Herbig, 2005; Viaro, 2008).

3.1.2. Sever

Tradiční vesnice v severní části ostrova jsou tvořeny buď skupinami domů orientovanými podélně do ulice, nebo samostatnými domy umístěnými dál od sebe. (Obr. 3) Tyto vesnice a osady byly v dřívějších dobách opevněny bambusovými ploty nebo hliněnými valy porostlými stromy. I tady jsou před domy tradičně umístěny megality (Gruber, Herbig, 2005).

Na severu mají domy oválný půdorys což je v indonéské lidové architektuře velmi neobvyklé. Celá stavba (Obr. 4) je posazena na konstrukci z několika řad vertikálních pilířů (*ehomo*) a ztužujících diagonálních sloupů (*diwa*), které se navzájem kříží (Viaro, 2008). Pro maximalizaci pružnosti konstrukce nejsou pilíře usazeny v zemi, ale leží na kamenných základech. Tento detail je velmi běžnou konstrukční ochranou dřeva, která zabraňuje přímému kontaktu dřeva a půdy a také umožňuje volný pohyb v případě zemětřesení (Gruber, Herbig, 2005).

Nosným prvkem střechy jsou čtyři hlavní velké pilíře (*silalö jawa*) umístěné uvnitř domu. Konstrukce střechy je velmi lehká a s neomezeným střešním prostorem, který poskytuje horní úložný prostor nad hlavním obytným podlažím. Někdy ale bylo také v prostoru střechy vybudováno další podlaží (Viaro, 2008). Většina střech je stále pokryta palmovými listy a mají světlíková okna umožňující pronikání denního světla do interiéru a podporující cirkulaci vzduchu. Hlavním zdrojem denního světla a větrání, jsou kromě světlíků, velká okna s dřevěnými žaluziemi (Gruber, Herbig, 2005).

Obytné patro je rozděleno na společenskou místnost a dále obytnou část s variabilním počtem místností (Viaro, 2008). Kuchyň a sociální zařízení jsou potom situovány v přístavbě v zadní části domu. Vstup do domu byl dříve přístupný padacími dvířky z prostoru pod domem. Tento vchod měl hlavně ochrannou funkci, ale následně byl nahrazen schodištěm a vstupem přes boční verandu (Gruber, Herbig, 2005).

3.1.3. Jih

Vesnice v jižním Niasu byly, kvůli obranným účelům stavěny převážně na kopcích a byly opevněné palisádami z naostřených bambusových kůlů. Vesnice a osady se mohou skládat až z několika stovek obydlí umístěných po obou stranách dlážděné ulice, která je ve tvaru T nebo L a může být až 100 metrů dlouhá. Domy jsou orientované kratší stranou, tedy okapem do ulice. (Obr. 3) Před domy podél ulice se nachází krytý poloveřejný prostor, který je využíván k práci a socializaci. Směrem do ulice následuje reprezentační prostor vyhrazený megalitům. Ty vyjadřují vztah lidí k předkům, nebo také plynutí času a cykly života a smrti (Gruber, Herbig, 2005).

Standardně jsou domy v jižní oblasti obdélníkové, úzké a hluboké a obvykle polořadové. Spojuje je malá lávka a stojí v řadách na každé straně ulice. Spodní konstrukce je tvořena většinou čtyřmi nebo šesti řadami silných pilířů (*ehomo*), které sahají od země až po úroveň podlahy. Diagonální ztužující sloupy (*driwa*) jsou na rozdíl od severního typu domu ve tvaru písmene V a první řada je situována zcela vpředu (Obr. 5). Působí tak jako opěrný a reprezentativní prvek. Všechny sloupy domu opět spočívají na základních kamenech. Prostor vzniklý pod domem slouží ke skladování a někdy také pro chov zvířat (Viaro, 2008). Vstup do domu je z kryté terasy společné pro sousedící domy. Tyto domy jsou také propojeny dveřmi, aby poskytovaly únikové cesty, které byly v minulosti potřebné (Gruber, Herbig, 2005).

Nosnou stavbu střechy tvoří svislé stěny a šikmé krokve, podepřené střešními trámy a četnými horizontálními a vertikálními prvky na různých úrovních. Tato konstrukce je velmi soudržná a stabilní vůči seismickým pohybům. Stejně jako v severním typu domu, poskytují střešní okna extra světlo a ventilaci (Viaro, 2008).

Vnitřní prostor domu je rozdělen uprostřed stěnou na dvě části, na společenskou a na soukromou. Přední společenská místnost je prosvětlena otvorem, který se táhne přes celou uliční fasádu a je zajištěn dřevěnými žaluziemi (Gruber, Herbig, 2005).

Dům náčelníka zvaný *Omo Sebu* je mnohem větší a zpravidla se nachází ve středu vesnice. Tento dům je bohatě zdobený propracovanými řezbami v nejen na fasádě ale i v interiéru. Oproti tomu jsou domy obyčejných lidí *Omo Hada* zdobené jen na fasádě, a to buď pestrobarevnou malbou nebo dřevorezbou (Viaro, 2008).

3.1.4. Střed

Historie osídlení ostrova má své kořeny ve středním Niasu, ale jelikož se nedochovaly téměř žádné původní domy lze vývoj architektury v tomto regionu jen stěží určit. Dnes se architektura tohoto regionu jeví jako hybrid severního a jižního stylu. Stejně jako ve vesnicích v severní oblasti jsou osady souborem převážně

samostatně stojících budov. Na rozdíl však od severu, kde jsou domy situovány delší stranou do ulice, jsou domy orientovány stejně jako na jihu, tedy okapem do ulice (Obr. 3). Svou pravouhloú dispozicí a vzhledem fasády se podobají spíše jižnímu typu, stylem provedení konstrukce potom typu severnímu (Viaro, 2008).

Konstrukce domu (Obr. 6) je opět rámová se stěnami z tenkých dřevěných desek nebo ratanových panelů. Je tak velmi lehká a umožňuje velkou variaci členění vnitřního prostoru. Počet sloupů na kterých dům leží je v zásadě neměnný. Stavba vždy spočívá na pěti řadách po pěti sloupech zvaných *ehomo* nebo sedmi řadách po sedmi sloupech (Svensson, 2016). V závislosti na umístění mají různé výšky, krajní a střední sloupy prostupují celou konstrukcí a podpírají střechu. Ztužující sloupy zvané *driva* jsou ve tvaru V podobně jako na jihu, nejsou ale umístěny v úrovni fasády, ale až za první sloupovou řadou. Pilíře jsou stejně jako v předchozích případech umístěny na kamenné základy (Viaro, 2008).

Konstrukce střechy je mnohem jednodušší než na jihu a je svým provedením podobná spíše severnímu typu. Nosnou kostru tvoří série podélných rámu, které jsou vyztuženy vaznicemi. Střecha je pokryta palmovými listy nebo plechovou krytinou. I zde jsou použita světlíková okna, která umožňují pronikání denního světla do interiéru a podporují cirkulaci vzduchu. Vstup do domu je veden přes velkou boční terasu přístupnou požebříku. Interiér je opět rozdělen na společenskou a soukromou část (Viaro, 2008).

Charakteristickými rysy architektury zejména středního Niasu jsou dekorace a ornamentální umění. Na fasádách jsou vzory a vyobrazení zvířat, které slouží jako ochrana domu a jeho obyvatel. Další symboly informují o rodině, například o počtu žen žijících v domě (Gruber, Herbig, 2005).

3.2. Rumah Bolon

Jezero Toba se nachází v pohoří Barisan, v provincii Severní Sumatra. Je to největší sopečné jezero na světě, jeho hladina dosahuje 900 metrů nad mořem. Velkou část plochy jezera zabírá ostrov Samosir. Ten a přilehlá oblast jezera Toba jsou domovem etnika Bataků. Batakové je souhrnný název pro několik etnických podskupin, jako je Toba, Karo, Pakpak a další (Obr. 1) (Sargeant, Saleh, 1973). V této práci se blíže zaměřím na *Rumah Bolon*, dům typický pro skupinu Toba Batak (dále jen Batakové).

Tradiční vesnice Bataků má obdélníkový tvar a skládá se ze dvou řad budov a to z obytných domů a sýpek. Budovy jsou orientovány do velkého otevřeného prostoru (*halaman*), který je využíván jako multifunkční veřejný prostor, pro práci, společenská setkání, hraní dětí a rituální obřady. Domy stojí vedle sebe s předním štítem obráceným stejným směrem. Sýpky jsou postaveny podobně jako domy, jsou ale rozměrově menší a svou polohou odpovídají protějším domům (Hanan, 2012).

Tradiční dům Bataků má obdélníkový půdorys, je postaven na kůlech a má strmou střechu. Horizontálně je rozdělen na tři části, které symbolizují v bataké kosmologii tři různé světy. Spodní část domu symbolizuje podsvětí (*Bamua Toru*), střední část

představuje hmotný svět kde přebývají lidé (*Banua Tonga*) a horní část symbolizuje svět předků, kteří chrání životy lidí (*Banua Ginjang*) (Napitupulu, Aritonang, Silitonga, 2020).

Z typologie jejich staveb je patrné, že si Batakové uvědomují rizika spojená s životem v úrovni země. Tím, že je *Rumah Bolon* postaven na kůlech, chrání obyvatele před zvířaty, nepřáteli a záplavami (Hanan, Wonorahardjo, 2012). Vyvýšené patro, které je obvykle ve výšce 1,75 m nad zemí má i další využití, vzniklý prostor pod domem mohl být oplocený a využívaný jako chlév (Tarigan, Hutabalian, Nursyamsi, 2020).

Rumah Bolon je postaven ze dřevěných prvků vzájemně spojených klíny, kolíky a vázací technikou. Druh použitého dřeva se liší v závislosti na umístění v konstrukci. Nosná rámová konstrukce je z velmi tvrdého dřeva, konstrukce střechy je naopak z pružného dřeva a v části domu, kde se vaří je použito dřevo s vysokou odolností vůči ohni (de Boer, 1920).

Nosné sloupy (*tiang*) kopírují obdélníkový půdorys obytné části, o rozměrech přibližně 5x7 m. Počet sloupů je variabilní, standardně je však na kratší straně, tedy v průčelí 6 až 8 sloupů a na bočních stranách je tomu podobně. Uprostřed půdorysu se nachází dalších 6 sloupů, které podírají konstrukci podlahy. Celou konstrukcí prostupuje pouze 8 sloupů nesoucí konstrukci střechy, zbylé sloupy končí v úrovni podlahy (Tarigan, Hutabalian, Nursyamsi, 2020). Vršky sloupů jsou spojeny v podélném i příčném směru překlady (*tohang*). Takto vzniklá rámová konstrukce tvoří nosnou konstrukci podlahy, na kterou se pokládají dřevěné desky. Všechny svislé sloupy spočívají na plochých kamenných základech, které je chrání před vlhkostí a v případě zemětřesení zajišťují potřebnou flexibilitu. Podélné ztužení je zajištěno vodorovnými nosníky (*tus-tus*), které jsou s nosnými sloupy spojeny pomocí dlabaných spojů. Stěny ve kterých jsou pouze malá okna, jsou obvykle nekonstrukční a naklánějí se ven, spočívají na trámu probíhajícím podélně po obou stranách domu (de Boer, 1920).

Nejpozoruhodnějším rysem domu Bataků je samozřejmě střecha. Ta představuje nejkompexnější uspořádání technických řešení v objektu a dominuje celkovému vnějšímu vzhledu domu. Konstrukci střechy tvoří tři trojúhelníkové rámy v šikmé poloze (střední někdy svisle) (Domenig, 1997). Na vrcholy těchto rámu je zasazená prohnutá hřebenová vaznice. O tuto vaznici se na jednom konci opírají krokve a na konci druhém jsou podepřeny vazníky. Tato konstrukce umožňuje velký využitelný vnitřní prostor (Sergeant, Saleh, 1973). Střecha má strmý sklon, který napomáhá bezpečnému odvádění dešťové vody. Převísle okapy pak stíní okna a chrání zdi před deštěm. Krytina střech je z palmových listů, které jsou vysoce odolné vůči tropickému počasí a teplotám. V posledním desetiletí byly palmové došky nahrazeny zinkovými plechy, které jsou levnější, snáze se s nimi manipuluje a vyžadují méně údržby (Hanan, Wonorahardjo, 2012).

Toba střechy jsou podstatně delší u hřebene než u okapu. Hřeben střechy je výrazně prohnutý a svým tvarem připomíná buvolí rohy. Přední šít dosahuje do výšky

8.5 m, zadní štít je o něco kratší a dosahuje výšky 7,5 m a nejnižší je střed hřebenu střechy, který se nachází ve výšce 5 m (Sergeant, Saleh, 1973). Štítové stěny jsou vytvořeny z krajních nosných rámu, které jsou vyplněny vodorovnými deskami. Přední štítová stěna je nejvyšší a nejviditelnější částí domu. Podle toho je také zdobena jemnými řezbami a malovanými geometrickými motivy symbolizující kulturní hodnoty, zatímco zadní štít není zdoben. Nepřehlédnutelné jsou také ornamenty *singa*, což jsou ze dřeva vyřezávané zvířecí hlavy v podobě lva nebo buvola, ojediněle mohou mít i lidskou podobu. *Singa* se tradičně umísťují na rohy domu (de Boer, 1920). Sedlová střecha se svou dramatickou výškou a spletitou symbolickou výzdobou spojuje výtvarnou formu s praktickou funkcí vnesení komfortu bydlení do domu. Na štítové stěně je instalována vzdušná rámová konstrukce z prken, která umožňuje proudění vzduchu domem. Tomu výrazně napomáhá i vzdušná konstrukce podlahy, ve vyvýšené poloze a povrch podlahy z bambusu (Hanan, Wonorahardjo, 2012).

Vstup do domu byl v dřívějších dobách přes padací dvířka v podlaze, která se nacházela přímo za čelní stěnou. Tento typ vstupu měl za účel chránit dům před vniknutím nepřátel. V současnosti se od tohoto způsobu upustilo a do domu se vchází dveřmi v průčelí domu. Interiér domu je kvůli malým oknům velmi tmavý. Tvoří ho jeden velký otevřený prostor pomyslně rozdělený na čtyři, nebo šest sekcí (de Boer, 1920).

3.3. Rumah Gadang

Provincie Západní Sumatra je obecně obývána etnickou skupinou Minangkabau, výjimkou jsou pouze Mentawaiské ostrovy, které jsou obývány etnikem Mentawai (Obr. 1). I přes to že Minangkabauové vyznávají islám, jsou považováni za nejpočetnější matrilineární společnost na světě. Tradiční matriarchální dům etnika Minangkabau je *Rumah gadang*. Slouží jako obydlí, ale také jako místo pro setkání a tradiční ceremonie. Architektura, konstrukce, vnitřní a vnější dekorace a funkce domu odrážejí jeho kulturu a hodnoty a také vychází ze zkušeností s přírodními podmínkami a katastrofami (Damsar, Indrayani, 2018). Dům vlastní ženy z rodiny, která zde žije, a jeho vlastnictví tradičně přechází z matky na dceru.

Stavba (Obr. 8) má dlouhý obdélníkový půdorys s víceúrovňovou sedlovou střechou připomínající buvolí rohy. Celý dům je postaven na dřevěných sloupech, obvykle ve výšce 1-2 metry nad zemí. Nosným prvkem stavby je rámová konstrukce, skládající se z dřevěných trámů a sloupů, spojených pomocí truhlářských spojů nebo provazů. Díky provedení a kamenným základům na kterých jsou sloupy volně uloženy, odolává konstrukce bočnímu zatížení a tím i zemětřesení. Stěny v tomto domě nemají žádnou konstrukční vlastnost, tvoří pouze výplň mezi trámy (Hidayat a spol., 2021).

Sloupy jsou uspořádány v pěti řadách, zepředu směrem dozadu, a ozdělují tak prostor interiéru domu na čtyři části zvané *lanjar*. Verandu (*Balai*), foyer (*Labuah*), předpokoj (*Bandua*) a pokoje (*Biliak*). Zadní část domu, tedy chodba a pokoje jsou oproti přední části lehce vyvýšené. Po stranách se nachází přístavky, obvykle tvořené

třemi pokoji, z nichž každý má různou úroveň podlahy. Materiál používaný na podlahy byl tradičně bambus nebo dřevěné desky.

Stěny *Rumah Gadang*, ačkoli nemají žádné konstrukční vlastnosti, jsou velmi podstatné. Přední a boční stěny jsou vyrobeny ze dřeva a jsou bohatě zdobeny řezbami. Důležitými motivy objevující se ve výzdobě jsou zvířata, jako buvol či kachna, ale i bambusové výhonky nebo květiny. V čelní stěně domu jsou umístěny vstupní dveře a také okna, která osvětlují interiér. Zadní podélná stěna, je vyrobena proplétaného bambusu a není zdobena.

Střecha *Rumah Gadang, gojong*, je příhradová konstrukce tradičně pokrytá došky z palmových listů. Došky jsou pokládány ve svazcích a snadno se tak přizpůsobí křivkám vrcholů střechy (Dawson, Gillow, 1994). V současnosti jsou došky často nahrazovány plechovou střechou (Damsar, Indrayani, 2018). Vysoká zakřivená střecha nemá jen estetické účely, usnadňuje odtok dešťové vody a spolu se zadní bambusovou stěnou napomáhá také k proudění vzduchu (Bahaudin, 2013).

3.4. Rumah Aceh

Autonomní provincie Aceh leží na pobřeží severní Sumatry (Obr. 1) a většina obyvatel vyznává islám. Nachází se podél Námořní hedvábné stezky, tedy námořní obchodní cesty vedoucí z Indie do Číny. Z tohoto důvodu byla kdysi místem setkávání lidí mnoha národů. To a také skutečnost, že se nachází v blízkosti Malajského poloostrova ovlivnilo formu tradiční Acehské architektury (Dawson, Gillow, 1994). I zde je patrné, že při stavbě byla uplatňována místní moudrost a dům je přizpůsoben místnímu klimatu a geografickým podmínkám.

Acehský dům (*Rumah Aceh*) je obdélníkového půdorysu, vyvýšený nad zemí a má sedlovou střechu. (Obr. 9) Dřevěnou rámovou konstrukci domu tvoří sloupy a nosníky ve tvaru H. Nosníky prochází pilíři a jsou zafixovány kolíky. Stavba je tak pevná a zároveň flexibilní. V podélném směru se nachází 6 sloupů a v příčném 4 sloupy, ty jsou umístěny ve vzdálenosti 2,5 m od sebe a tradičně jsou uloženy na kamenné základy. Sloupy prochází konstrukcí podlahy a nesou konstrukci střechy. Střecha má klasický sedlový tvar a připomíná evropský styl. Hřeben střechy se nachází ve výšce přibližně 7 m a prostor pod ním je využíván ke skladování cenností. Jako tradiční krytina jsou používány došky z palmových listů, ale ty jsou v dnešní době převážně nahrazeny plechovými krytinami. Stěny jsou tradičně dřevěné, mohou ale být i z proplétaného bambusu nebo tkaných kokosových listů a na podlahy se používá dřevo nebo také ratan. Domy jsou bohatě zdobeny dřevořezbami jak v interiéru tak v exteriéru. (Collier, Collier, 1997; Izziah a spol., 2020)

Dům je rozdělený na tři části v horizontálním i vertikálním směru. Horizontální dělení je tradiční symbolika podsvětí, lidského a posvátného světa. Interiér domu je potom rozdělen na veřejnou, poloveřejnou a soukromou část, tyto části jsou rozděleny stěnami, přičemž soukromá část má průchozí chodbu. Veřejná část se nazývá mužská veranda (*seuramo agam*) a nachází se ve přední části domu, uprostřed se nachází soukromá část (*seuramo dalam*), která je vyvýšena o 30 cm, a v zadní části domu je

poloveřejný prostor ženské verandy (*seuramo inong*) (Izziah a spol., 2020). Vstup do domu je veden středem nebo krajem přes pánskou verandu..

Acehské vesnice nemají pravidelnou strukturu jak je tomu v předchozích případech. Domy jsou nepravidelně rozmístěny, ale vždy jsou orientovány stejným směrem. To znamená delší stranou, tedy okapem, do ulice a štíty jsou potom orientované na východ a západ. Tato orientace má dnes převážně náboženský význam, v minulosti však hlavně napomáhala ventilaci uvnitř domu, tím že využívala převládající směr proudění vzduchu (Dawson, Gillow, 1994).

4. Moderní architektura

Vývoj indonéské architektury byl formován mnoha různými vlivy. Byly to, kromě již zmíněných přírodních podmínek, zpočátku hlavně vlivy náboženské, jako hinduismus a buddhismus, později z velké části islám. Šíření islámu začalo ve 13. století a jeho vliv na architekturu byl spíše ideologický než technologický. Došlo k přizpůsobení již existujících architektonických forem a stavebních postupů tak aby splňovaly islámskou normu. Vliv islámu na architekturu je patrný převážně v mešitách, královských palácích a hrobkách. Dalším významným faktorem ovlivňujícím vývoj místní architektury pak byli západní kolonizátoři, převážně Holandsko. Co se týče těchto západních vlivů, ty se začaly objevovat na počátku 16. století, kdy západní kolonizátoři začali dominovat na tomto území. Území dnešní Indonésie bylo kolnií Portugalska, Španělska a Nizozemska, které ho ovládalo nejdéle a tak je tedy jeho vliv na architekturu nejvíce patrný. Ranná koloniální architektura byla převzata z evropy a pro klima Jihovýchodní Asie naprosto nevhodná. Až po roce 1900 byla holandská architektura kombinována s tou původní, čímž vznikl nový typ Indoevropské architektury. Takzvaný „Indies style“ využívá místní materiály a technologie, je zcela přizpůsoben tropickému klimatu, ale také aktivní tektonické oblasti ve které se Indonésie nachází (Idham, 2019).

Zásadnější obrat nastal právě po roce 1945, kdy po druhé světové válce a kapitulaci Japonska v roce 1945 byla vyhlášena nezávislost Indonésie. Indonéská architektura však byla ještě několik let po válce do značné míry ovlivněna nizozemským modernismem. V této době se však postupně začala zlepšovat ekonomická situace v Indonésii a to v 50. letech odstartovalo rozvoj moderní architektury, jakož i zvyšující se oblibu trendu zděných a betonových konstrukcí. Právě v 50. a 60. letech minulého století se stal jedním z průkopníků moderní indonéské architektury styl Jengki, který svou formou rebeluje proti zavedenému typu holandské architektury. Tento styl odmítá pravidelné geometrické tvary a stereotypní formy oken a dveří. Naopak využívá neobvyklé tvary, jako jsou pětiúhelníky, výrazné ostré úhly, polygonální nebo kruhová okna a šikmé stěny nebo sloupy. Časté jsou také asymetrické sedlové střechy se sklonem 35 stupňů. Styl Jengki symbolicky představuje svobodu indonéského národa a odráží ducha nacionalismu a postkoloniální Indonésie (Salura a kol., 2020).

Později, v 70. letech začaly vznikat stavební programy podporované vládou. Ty zahrnovaly výstavbu moderních budov, od dostupného bydlení počínaje až po průmyslové budovy, nákupní centra, letiště a výškové budovy konče. Toto období se stalo typickým pro tzv. Mezinárodní styl, který se vyznačuje právě výškovými budovami, ocelovými a betonovými konstrukcemi, hladkými liniemi a velkými prosklenými plochami. Většina nejprestižnějších veřejných budov byla navržena zahraničními architekty, kteří však při navrhování nerespektovali místní historii, podnebí a kulturu. Moderní architektura byla upřednostňována oproti té tradiční (Hanum, Lukito, Kurniawan, 2020; Idham, 2019)

Velkou roli v rozvoji moderní architektury měla také modernizace budov, a to zejména těch obytných. Modernizace přinesla do Indonésie novou éru architektury. Tento nový styl zcela nenahradil ty tradiční, ale přizpůsobil nové starému. Vývoj architektury se promítl také v myšlení a sociálním vnímání, neboť společenské postavení je často spojené právě s vlastnictvím moderního typu domu. Moderní stavební materiály používané na nosné konstrukce jsou cihly, beton a železobeton. V kombinaci s těmito materiály se používá i dřevo, které ale z důvodu odlesňování a vzrůstající ceně je použito jen zřídka. Cihelné a betonové konstrukce jsou těžké a bez patřičného výpočtu nevhodné pro tropické podnebí náchylné k zemětřesením. Lidé, kteří si nemohou dovolit postavit kvalitní, správně zděné nebo betonové konstrukce se uchylují ke stavbě domů svépomocí, spíše než aby zaměstnali profesionály, tyto domy ale ve většině případů nesplňují technické požadavky. Limitované zdroje, jako jsou finance, znalosti, dovednosti, stavební materiál aj., vedou ke špatnému provedení a kvalitě staveb. To při zemětřesení může vést ke katastrofálním důsledkům, tedy ztrátám na životech a na majetku (Pribadi, Boen, 2011; Idham, 2019).

V závislosti na tom zda jsou konstrukce budov navrženy lze současnou indonéskou architekturu rozdělit do dvou kategorií na non-engineered a engineered buildings.

4.1. Engineered buildings

„Engineered buildings” jsou budovy s řádně vypracovanou projektovou dokumentací do které je zahrnuta celá řada opatření, která hrají velkou roli ve výsledné životnosti konstrukce. Při projektování těchto staveb je zohledněna řada fyzikálně-technických podkladů a předpisů, podle kterých se provádějí výpočty a následně i samotné provedení konstrukcí. Realizace je pak uskutečněna školenými pracovníky, kteří stavbu provádějí na základě řádné projektové dokumentace.

V zemích jako je Indonésie je však budov tohoto typu velmi málo. Obecně se do této kategorie řadí nemocnice, vládní budovy, firemní komplexy a školy, ale také obytné domy, ty však tvoří jen zlomek z celkového počtu postavených obytných domů. Zmiňované projektované budovy mají převážně železobetonovou konstrukci, někdy v kombinaci s cihelným zdivem. Pokud nastane zemětřesení, tak stavby, které byly správně navrženy, realizovány a na jejichž výstavbu byly použity kvalitní materiály, mají předpoklady, že utrpí jen drobné, nekonstrukční škody. Když už dojde k poškození, nebo zhroucení u těchto budov, téměř vždy je příčinou to, že při projektování nebylo dostatečně zohledněno riziko zemětřesení. Dále k poškození či zhroucení budov přispívá také špatná kvalita betonu a špatné provedení detailů v konstrukci. (Pribadi, Kusumastuti, Rildova, 2008; Idham, 2019).

4.2. Non-engineered buildings

Oproti předcházejícímu typu jsou „non-engineered buildings” stavěny spontánně, svépomocí a obvykle neškolenými pracovníky, bez řádného projektu a dohledu inženýrů. Bohužel většina budov v oblastech potýkajících se se zemětřeseními spadá do této kategorie. Řadí se sem jednopatrové a dvoupatrové rodinné domy, malé obchody,

ale i náboženské a školní budovy. Do kategorie „non-engineered buildings” obecně náleží také tradiční lidové domy, které ale mají z hlediska materiálů a tradice se zemětřeseními mnohem lepší odolnost vůči klimatickým podmínkám a zemětřesením (Priyadi, Boen, 2011; Mallick, Dritsos, Sonda, 2013).

Moderní konstrukce typu „non-engineered buildings” jsou převážně zděné, mohou ale být i železobetonové nebo dřevěné. Časté jsou i kombinace zděných konstrukcí se ztužujícími prvky jako například železobetonové nebo dřevěné trámy. Nosné zděné stěny, jsou určeny k přenášení všech svislých a seismických zatížení. Většina těchto budov ale kvůli nedostatečné kvalitě materiálů, nesprávně zvoleným postupům při výrobě betonu a špatnému zpracování nesplňuje požadavky na seismicky odolné konstrukce (Priyadi, Boen, 2011).

5. Komparace

Ke komparaci z hlediska odolnosti vůči zemětřesení jsem zvolila tři typy, již dříve popsaných, tradičních obydlí, které na základě konkrétních případů porovnám s moderními stavbami. Zaměřím se na popis škod způsobených zemětřeseními v regionu Sumatry v letech 2004, 2005 a 2009. Míra poškození bude zohledněna dle tabulky Kategorie poškození převzaté z publikace *Guidelines for earthquake resistant non-engineered constructions*.

Tabulka č. 1, Kategorie poškození

Kategorie poškození		Rozsah poškození obecně
0	Bez poškození	Žádné poškození.
1	Mírné nekonstrukční poškození	Tenké praskliny v omítce, opadávání kousků omítky.
2	Mírné strukturální poškození	Malé praskliny ve stěnách, velké kusy odpadávající omítky; poškození nenosných částí jako jsou komíny, vyčnívající římsy atd. Nosnost konstrukce není zřetelně snížena.
3	Střední strukturální poškození	Velké a hluboké praskliny ve zdech, rozšířené praskání stěn, sloupů, pilířů a naklánění či padání komínů. Nosnost konstrukce je částečně snížena.
4	Těžké strukturální poškození	Ve stěnách se vyskytují mezery; vnitřní nebo vnější stěny se zhroutnou; selhání konstrukčních vazeb. Přibližně 50 % hlavních konstrukčních prvků selže. Budova je nebezpečná.
5	Kolaps	Velká část nebo celá budova se zřítí.

Zdroj: Arya, Boen, Ishiyama, (2014) *Guidelines for earthquake resistant non-engineered construction*.

Nejdříve se budu věnovat zemětřesení z roku 2004, které na území Indonésie mělo největší dopad na provincii Aceh. Následně se budu zabývat ostrovem Nias a zemětřesením z roku 2005 a v neposlední řadě zhodnotím škody po zemětřesení, které se stalo v blízkosti města Padang v roce 2009.

5.1. Rok 2004

Zemětřesení o síle 9,1, které se stalo 26. prosince 2004 je jedno z největších doposud zaznamenaných zemětřesení na světě. Hypocentrum tohoto zemětřesení se

nacházelo přibližně 160 km od západního pobřeží provincie Aceh nacházejícího se na severu Sumatry a 240 km od hlavního města provincie Banda Aceh. Zemětřesení vyvolalo tsunami a také řadu následných otřesů a zemětřesení. I přes velikost tohoto zemětřesení se uvádí, že díky velké vzdálenosti hypocentra od pobřeží, byly následkem jen malé škody na budovách. Oproti tomu následné tsunami způsobilo daleko větší škody na majetku i na životech.

Z dostupných zdrojů vycházejících ze svědectví místních obyvatel, je patrné, že téměř žádné budovy se nezřítily přímým vlivem zemětřesení. Dokonce i většina moderních staveb z kategorie „non-engineered” v postižené oblasti měla bezprostředně po zemětřesení pouze popraskané zdi a domy se pak zřítily až následkem tsunami. Oproti tomu se paradoxně několik budov z kategorie „engineered” částečně zřítilo už následkem otřesů. U všech těchto domů je však právě patrná nesprávně provedená konstrukce a nedostačující kvalita materiálů. Příkladem může být pětipatrový hotel Kuala Tripa (Obr. 10), ve městě Banda Aceh, kterému se zřítilo pouze první patro a druhé a třetí patro bylo následkem zřícení pouze poškozeno. Podle tabulky míry poškození lze tedy zařadit do kategorie 5. Porovnáme-li původní stavby, na rozdíl od moderních forem bydlení, tradiční dům *Rumah Aceh* neutrpěl při zemětřesení žádné škody. Příkladem lze uvést *Rumah Aceh* ve městě Banda Aceh (Obr. 11), u kterého došlo následkem zemětřesení pouze k mírnému posunutí sloupů na kamenných základech a tím se řadí do kategorie 0 (Boen, 2005; Izziah a spol., 2020).

5.2. Rok 2005

V prosinci 2004 byl ostrov Nias zasažen tsunami a krátce na to 28. března 2005 i zemětřesením o síle 8,7. Hypocentrum se nacházelo přibližně 100 km severně od hlavního města Gunung Sitoli. Uvádí se že při tomto zemětřesení bylo poškozeno, nebo se zřítilo 80% moderních budov. Důvodem může být, že v roce 2005 spadalo 95% budov, nacházejících se na ostrově, do kategorie non-engineered. Domy, které byly poškozeny nebo se zřítily byly z cihel, železobetonu a také ze dřeva. U zděných a betonových staveb došlo k poškození z důvodu špatného provedení a nekvalitních materiálů, jak je vidět u obytného domu, kde jsou popraskané spoje a částečně zřícené stěny (Obr. 12). U dřevěných domů hrála velkou roli, kromě provedení konstrukce, také jejich údržba. Tradiční domy *Omo Hada* opět neutrpěli téměř žádné škody a řadí se tak do kategorie 0. I zde se však našlo pár výjimek, například tradiční dům ve vesnici Bawogosalí (Obr. 13), kdy nedostatečná údržba konstrukce zapříčinila jeho poškození (Boen 2006, Gruber, Herbig, 2006).

5.3. Rok 2009

30. září 2009 došlo v provincii Západní Sumatra blízko města Padang k zemětřesení o síle 7,6. Stejně jako tomu bylo v předchozích případech i v této oblasti převládala v té době výstavba budov kategorie non-engineered. Z celkového počtu budov bylo více jak 70% poškozeno z toho přibližně 15% se zřítilo. Jako příklad lze uvést domy u jezera Maninjau (Obr.14), u kterých je patrné poškození kategorie 3-4. I zde jsou tato poškození způsobena hlavně nekvalitními materiály a nesprávným

provedením konstrukcí. Velké škody na majetku nezpůsobily jen otřesy, ale také rozsáhlé sesuvy půdy v této oblasti. Podobně, jak tomu bylo v předchozích případech, tradiční domy minangkabau Rumah Gadang neutrpěly žádné poškození, čímž se řadí do kategorie 0 (Rosyid a kol., 2011; Tashiro a kol., 2019).

Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo zanalyzovat a posoudit vhodnost či nevhodnost použitých materiálů, stavebních technologií a chování staveb při zemětřesení.

Z provedené komparace vyplývá, že tradiční Indonéska architektura, kterou po staletí formovaly přírodní a klimatické podmínky na souostroví, se tak těmto podmínkám dokázala dokonale přizpůsobit. Můžeme to pozorovat především na příkladech použitých materiálů a technologií. Například díky tomu, že se používaly lehké materiály jako dřevo, bambus, ratan a došky byly domy velmi flexibilní, a tak dodnes daleko lépe odolávají zemětřesení. To platí samozřejmě za předpokladu, že jsou domy udržované a nejsou zchátralé.

Pokud se zaměříme na moderní budovy, tak samozřejmě i ty mohou být bezpečné a dostatečně odolávat zemětřesení, ale pouze za předpokladu, že jsou při stavbě dodrženy správné postupy a použity kvalitní materiály. To se však bohužel velmi často nestává. To, že má budova dobře vypracovaný projekt se sice může jevit jako určitá záruka kvality, skutečná stavba však mnohdy podmínky projektu vůbec nesplňuje. Bohužel, současná politická a ekonomická situace v Indonésii prostě neumožňuje stavby domů, které by vyhovovaly standardu seismicky odolných staveb.

Dalším důležitým faktorem v současné architektuře je, že se navíc při navrhování staveb velmi často, nebo dokonce úplně opomíjí dlouhá historie katastrof, která napomohla vývoji tradiční architektury a přispěla tak k bezpečnosti původních staveb. Dnešní moderní architektura velmi podceňuje nebezpečí a nebere tak dostatečný ohled na rizika spojená se zemětřesením, což má bohužel mnohdy dalekosáhlé následky. Samozřejmě se ale hledají různá řešení této situace.

Boen ve své práci z roku 2018 uvedl, že: *„Implementace aktivit snižování zranitelnosti sestává ze dvou cílů. Prvním cílem je posílit stávající non-engineered stavby tak, aby odolávaly zemětřesení. Druhým cílem je zajistit, aby nové budovy byly stavěny odolné proti zemětřesení.“*

Z toho vyplývá, že řešení problematiky malé odolnosti budov vůči zemětřesení bylo u nových budov použití lehké konstrukce z lehkých materiálů a to u klasických staveb a lidových obydlí a oproti tomu použití integrované tuhé konstrukce u např. výškových budov. Dalším možným řešením je zvýšení pevnosti a tedy i odolnosti vůči zemětřesení u již postavených budov. Existuje např. metoda zpevnění zděných konstrukcí ferocementovým obvazem. Jedná se o metodu, která se ve světě aplikuje již od roku 2006 a mimo jiné je i cenově přijatelná. Bohužel však tato metoda není v Indonésii dostatečně rozšířená (Boen, 2018).

Poněkud jinou cestou se vydali po zemětřesení v roce 2006 v Yogyakarta, kde zavedli systém stavebních povolení IMB (Izin Mendirikan Bangunan) a tamní vláda má tak možnost kontrolovat kvalitu výstavby. Dle článku Zitan Prihatini z ledna 2022 na webu kompas.com navíc vedoucí BMKG (Agentura pro meteorologii, klimatologii a geofyziku) Dwikorita Karnawati doporučil: *„Aby vláda zavedla stavební normy pro*

stavby odolné proti zemětřesení jako podmínku pro udělení stavebního povolení”. Pro jiné provincie se ale oba tyto systémy mohou finančně nákladné.

V nedávné době byly ale na celém území Indonésie udělány kroky směrem k více odolným stavbám, kdy v roce 2017 byla aktualizována Indonéská mapa seismických hazardů a následně na to také v roce 2019 vznikl nový předpis návrhu staveb odolných vůči zemětřesení SNI 1726:2019.

Hlavním aspektem v ohledu seismicky odolných budov však nadále zůstává zvyšování povědomí o dostupných možnostech, o správných technologiích a hlavně osobní i kolektivní zodpovědnosti při navrhování a realizaci staveb.

Resumé

This bachelor thesis examines the effects of earthquakes on residential houses in Indonesia. It describes the historical development of architecture from the original vernacular houses to modern architecture. Locally, the thesis is focused on the island of Sumatra and its immediate surroundings. The aim of this paper is to point out the importance of proper construction, compliance with technological procedures, and also the application of long-term experience with earthquakes in traditional dwellings.

The first part describes the earthquake and its effects on human lives and buildings. The region of Sumatra is also approached here. And then described the development of vernacular and modern architecture, used materials and construction techniques, as well as the influence of natural, religious, political, and economic aspects.

In the second part, modern and traditional houses are evaluated on specific examples of earthquakes from 2004, 2005, and 2009, according to their earthquake resistance, and the damage caused by the earthquake is described. Among other things, the reasons for damage and collapse of buildings, such as poor quality materials, incorrect design, or neglected maintenance.

At the end of the thesis is the output of the comparison and also a possible solution.

Seznam zdrojů

1. AL JAUHARI, Z.; KHAFIFAH NUR, A.; AIDIL FITRAH, R.; APRIWELNI, S., 2021. Comparative study of SNI 1726:2012 and SNI 1726:2019 guidelines for response spectrum 2D method (study case: GKT II building of Bengkalis State Polytechnic). E3S Web of Conferences. 331. 05004. 10.1051/e3sconf/202133105004.
2. ARYA, A.S.; BOEN, T.; ISHIYAMA, Y., 2014. Guidelines for earthquake resistant non-engineered construction. UNESCO. Dostupné z: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000229059>
3. BAHAUDDIN, A.; HARDONO, S.; ALDRIN, A.; MALIKI, N., 2012. The Minangkabau house: architectural and cultural elements. 15-25. 10.2495/ARC120021.
4. Boen, T., 2005. Sumatra Earthquake, 26 December 2004. Tokyo: International Center for Urban Safety Engineering (ICUS), Institute of Industrial Science, The University of Tokyo.
5. BOEN, T., 2006. Structural Damage in the March 2005 Nias-Simeulue Earthquake. Earthquake Spectra - EARTHQ SPECTRA. 22. 10.1193/1.2208147.
6. BOEN, T., 2018. Indonesian Earthquake Problems 2018 & Needed Improvements. Padang: International Conference on Disaster Management (ICDM). Dostupné z: <https://drive.google.com/file/d/1Ry9PgX9GAOZVJWV6z6EoF-cruN3fyy4O/view>
7. BRÁZDIL, R., et al., 1988. Úvod do studia planety Země. 1. vyd. SPN, Praha.
8. BRUNSDON, D.; BOTHARA, J.; STANNARD, M.; BEETHAM, D.; BRPWN, R.; HYLAND, C.; LEWIS, W.; MILLER, S.; SANDERS, R.; SULISTIO, Y., 2010. Building safety evaluation following the 30 september 2009 Padang Earthquake, Indonesia. Bulletin of the New Zealand Society for Earthquake Engineering. 43. 174-181. 10.5459/bnzsee.43.3.174-181.
9. Build Change (©2022). Indonesia [online] [cit. 2022-02-17]. Dostupné z: <https://buildchange.org/locations/indonesia/>
10. COLLIER, E.B.; COLLIER, C.S., Aceh, In: Oliver, P., 1997. Encyclopedia of vernacular architecture of the world
11. DAMSAR, D.; INDRAYANI, I., 2018. Local wisdom based disaster education in Minangkabau society. MATEC Web of Conferences. 229. 04017. 10.1051/matecconf/201822904017.
12. DAWSON, B.; GILLOW, J., 1994. The Traditional Architecture of Indonesia. Thames and Hudson Ltd, Londýn.
13. DE BOER, D.W.N, 1920. Het Toba - Bataksche Huis. In: Sargeant, G. T. & Saleh, R. (1973), Traditional Buildings of Indonesia; Volume I. Batak Toba

14. DOMENIG, G., Toba: structure. In: Oliver, P., 1997. Encyclopedia of vernacular architecture of the world
15. GRUBER, P.; HERBIG, U., 2005. Research of environmental adaptation of traditional building constructions and techniques in Nias
16. GRUBER, P.; HERBIG, U., 2006. Settlements and Housing on Nias Island Adaptation and Development.
17. HANAN, H., 2012. Modernization and Cultural Transformation: The Expansion of Traditional Batak Toba House in Huta Siallagan. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*. 50. 800–811. 10.1016/j.sbspro.2012.08.082.
18. HANAN, H.; WONORAHARDJO, S., 2012. The Architecture of Batak Toba: An Expression of Living Harmoniously.
19. HANUM, N.; LUKITO, Y.; KURNIAWAN, K., 2020. Concrete: Politics in the Development of Modern Architecture in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 452. 012009. 10.1088/1755-1315/452/1/012009.
20. HIDAYAT, M.; BARLIAN, E.; FATIMAH, S.; HELDI; UMAR, I., 2021. Minangkabau Traditional Rumah Gadang as an Alternative for Earthquake Disaster Response (An Effort for Cultural Sustainability in Padang, West Sumatra). *CENTRAL ASIAN JOURNAL OF LITERATURE, PHILOSOPHY AND CULTURE*, 2(9), 1-8. <https://doi.org/10.47494/cajipc.v2i9.197>
21. IDHAM, N. C., 2019. Indonesian Architecture and Earthquake Vulnerability: the Development of Building Safety through Civilization. *MATEC Web of Conferences*. Vol. 280. EDP Sciences.
22. IZZIAH; SARI, L.; METUIA, E.; IRWANSYAH, M., 2020. Traditional Acehese House: Constructing Architecture by Responding to the Power of Nature in Relation to the Local Wisdom Values. *Aceh International Journal of Science and Technology*. 9. 132-139. 10.13170/ajst.9.3.17323.
23. MALLICK, D.; DRISTOS, S.; SONDA, D., 2013. Construction and Strengthening of Non-Engineered Buildings in Developing Seismic-Prone Countries. *Structural Engineering International*. 23. 10.2749/101686613X13363929988610.
24. NAPITUPULU, N.; ARITONANG, E.; SILITONGA, S., 2020. The Study About The Comparison Between Batak Toba Traditional House in Huta Raja Samosir and Lumban Binanga Toba Samosir. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 452. 012052. 10.1088/1755-1315/452/1/012052.
25. NASUTION, B.; SOSYAN; TAQUIDDIN, Z., 2020. Adaptasi Rumah Tradisional Aceh Terhadap Gempa Bumi. *Jurnal Arsitektur dan Perencanaan*, Edisi II, Vol. 1.
26. Nias Heritage Museum (©2017) Nias Architecture [online] Dostupné z: <https://museum-nias.org/en/nias-architecture/>

27. OLIVER, P., 1997. *Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World*. Cambridge: Cambridge University Press.
28. PUTRA, B.A., 2013. Earthquake Resistant Structures on the Traditional Houses in Indonesia. *TIJ's Research Journal of Science & IT Management - RJSITM* 2.03
29. PRIBADI, K.S.; KUSUMASTUTI, D.; RILDOVA., 2008. Learning from Recent Indonesian Earthquakes: An Overview to Improve Structural Performance.
30. PRIBADI, K.; BOEN, T., 2011. Engineering of Non-Engineered Masonry Houses for Better Earthquake Resistance in Indonesia. *Asian Journal of Environment and Disaster Management (AJEDM) - Focusing on Pro-Active Risk Reduction in Asia*. 03. 65. 10.3850/S1793924011000605.
31. PRIHATINI, Z., 2022. BMKG Menyisir Sesar Opak untuk Mitigasi Potensi Gempa di Yogyakarta [online]. *Kompas.com*, 11. 1. 2022 [cit. 15.6.2022]. Dostupné z: <https://www.kompas.com/sains/read/2022/01/11/100500423/bmkg-menyisir-sesar-opak-untuk-mitigasi-potensi-gempa-di-yogyakarta>
32. ROSYIDI, S. A. P.; JAMALUDDIN, T. & LIM, C.; TAHA, M., 2011. Kesan Gempa 7.6 Mw Padang Indonesia, 30 September 2009 (Earthquake impacts of the Mw 7.6, Padang, Indonesia, 30 September 2009). *Sains Malaysiana*. 40. 1393-1402.
33. SARGEANT, G. T.; SALEH, R., 1973. *Traditional Buildings of Indonesia; Volume I. Batak Toba*. Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga Listrik. Dostupné z: https://pustaka.pu.go.id/storage/biblio/file/1973_Traditional_Buildings_of_Indonesia_Volume_I_Batak_Toba.pdf
34. TARIGAN, J.; HUTABALIAN, B.; NURSYAMSI, N., 2020. Study of bolon house structure as a traditional Batak Toba house on earthquake force. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 725 (1), art. no. 012030.
35. TASHIRO, A.; TAKEUCHI, Y.; WAKITA, Y.; WONGSO, J., 2019. Conservation and Rehabilitation of Historic Urban Landscapes as Cultural Heritage Area (KCB): Case in Padang, West Sumatra. *KnE Social Sciences*. 10.18502/kss.v3i21.4956.
36. VIARO, A., 2008. Nias Island traditional houses. *Indonesian Houses*, 175–235.
37. VOGELSLANG, S., 2020. The Transformation of Vernacular Architecture in Indonesia in Relation to Colonisation By the Dutch. *Journal of A Sustainable Global South*. 3. 38. 10.24843/jsgs.2019.v03.i02.p07.
38. ZEDNÍK, J., 2006. *Zemětřesení*. Geofyzikální ústav Akademie věd České republiky. Dostupné z: https://www.ig.cas.cz/wp-content/uploads/2020/11/brozura_zemetreseni.pdf

Obrazová příloha

Obrázek č. 1: Mapa etnických skupin na Sumatře



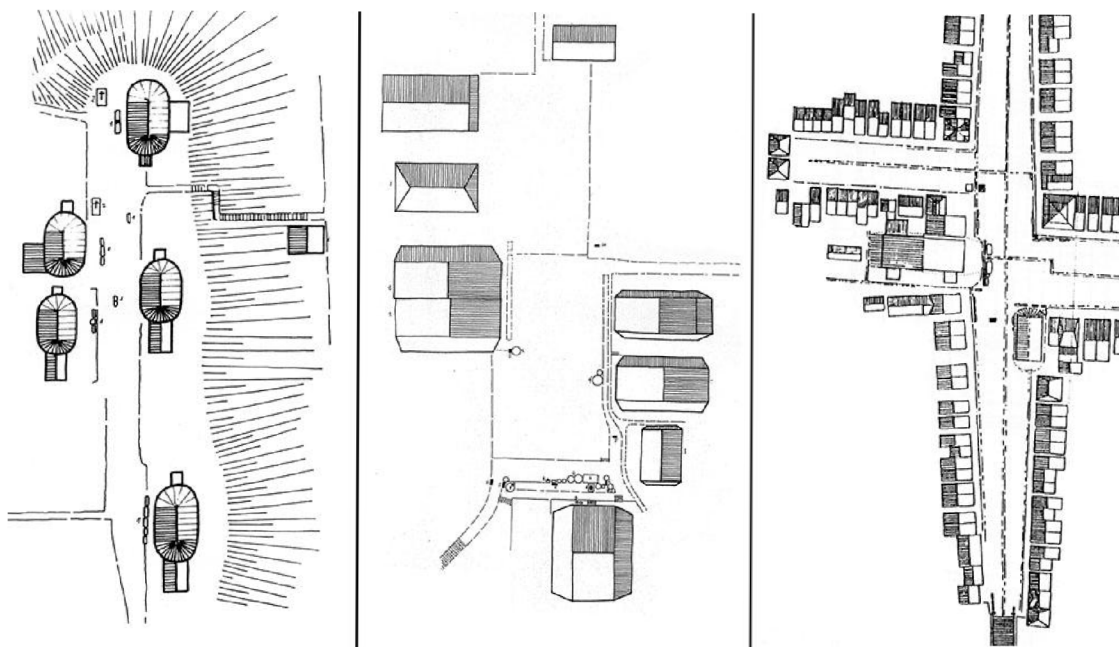
Zdroj: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sumatra_Ethnic_Groups_Map_en.svg

Obrázek 2: Historické rozdělení ostrova Nias



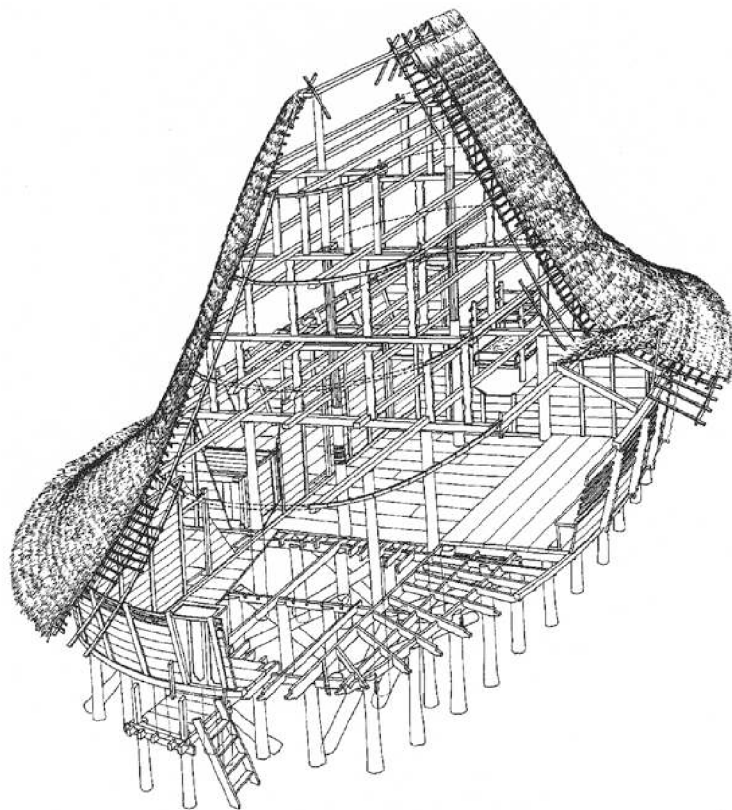
Viaro, A. (2008)

Obrázek 3: Uspořádání tradičních vesnic na ostrově Nias (zleva doprava: sever, střed a jih)



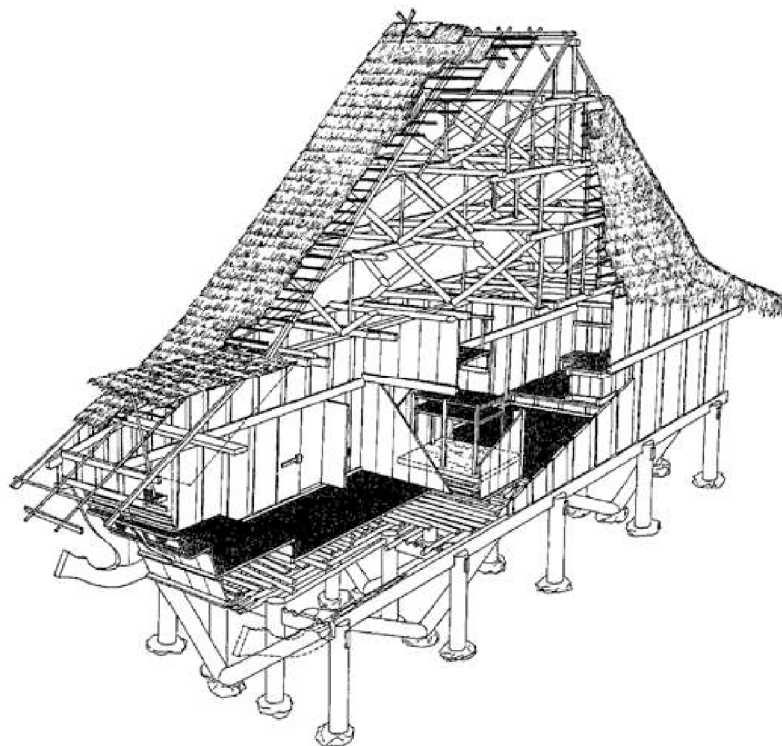
Zdroj: Web Nias Heritage Museum (©2016),
<https://museum-nias.org/en/nias-architecture/>

Obrázek 4: Izometrický řez domu, Severní Nias



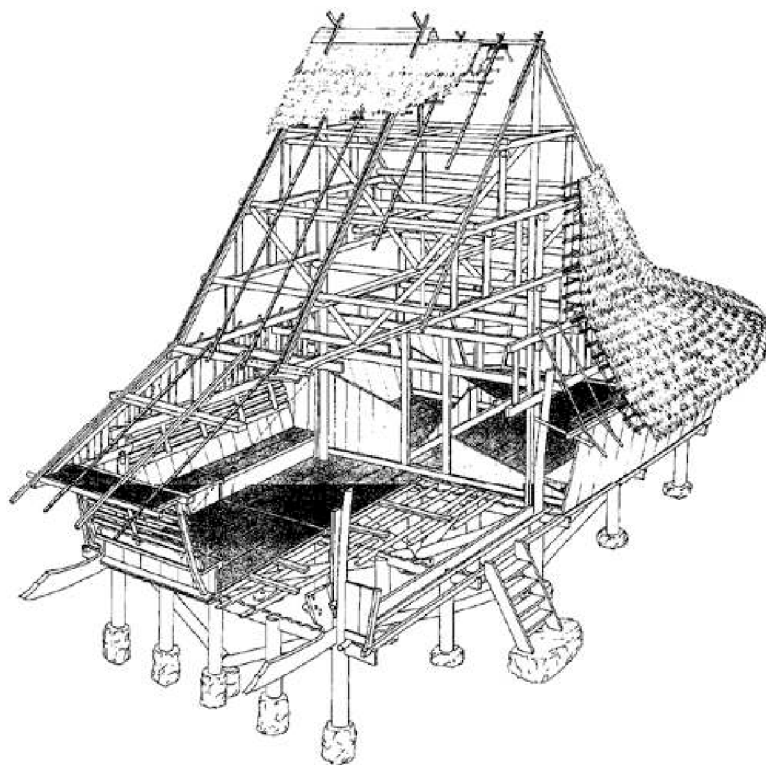
Zdroj: Viaro, A. (2008), Nias Island traditional houses

Obrázek 5: Izometrický řez domu, Jižní Nias



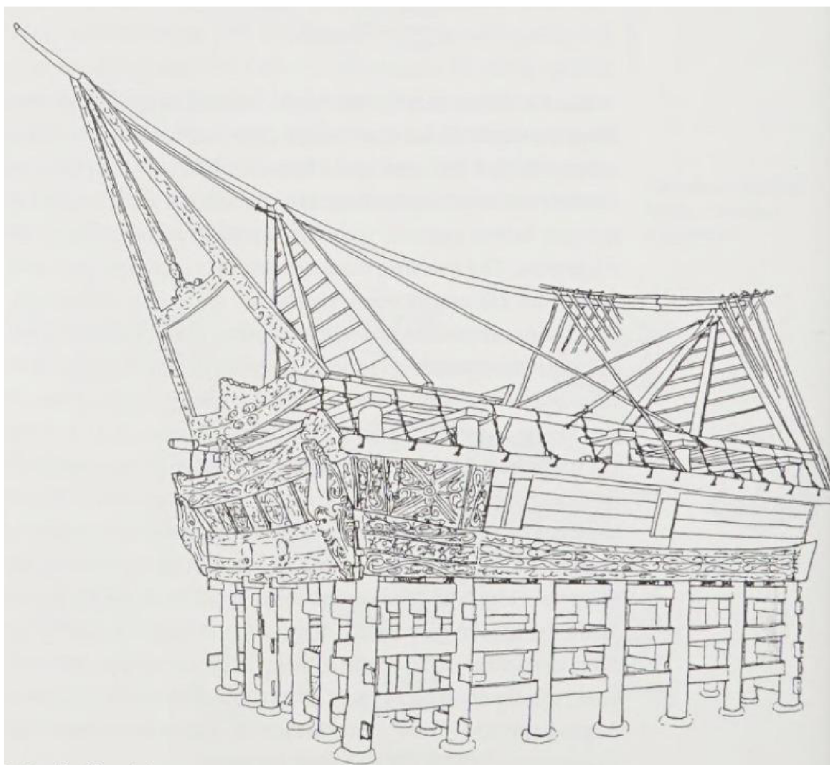
Zdroj: Viaro, A. (2008), Nias Island traditional houses

Obrázek 6: Izometrický řez domu, Střední Nias



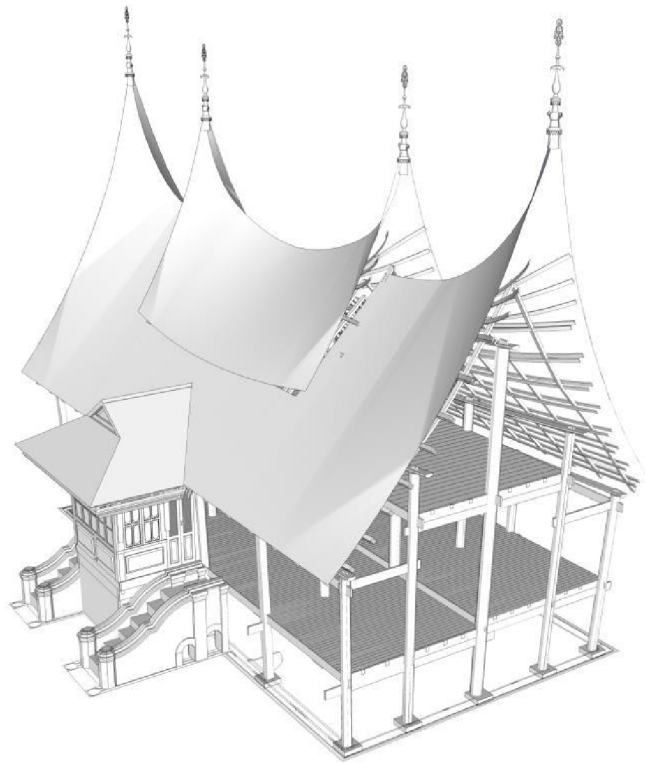
Zdroj: Viaro, A. (2008), Nias Island traditional houses

Obrázek 7: Konstrukce Rumah Bolon



Zdroj: Oliver (1997), Encyclopedia of Vernacular Architecture of the World

Obrázek 8: Rumah Gadang 3D model



Zdroj: Denan a spol. (2009), Living and Understanding the Minangkabau Culture as Part of Architectural Education Experience

Obrázek 9: Rumah Aceh



Zdroj: Nasution B., Sofyan, Taqiuddin, Z., (2020), Adaptasi Rumah Tradisional Aceh Terhadap Gempa Bumi

Obrázek 10: Hotel Kuala Tripa



Zdroj: Boen, T. (2005), Sumatra Earthquake, 26 December 2004

Obrázek 11: Sloupy *Rumah Aceh* po zemětřesení v roce 2004



Zdroj: Izziah, Sari, Meutia, Irwansyah (2020), Traditional Acehnese House

Obrázek 12: Poškozená konstrukce domu



Zdroj: Boen, T. (2006), Structural Damage in the March 2005 Nias-Simeulue Earthquake

Obrázek 13: Poškozený Omo Hada následkem zemětřesení



Zdroj: Boen, T. (2006), Structural Damage in the March 2005 Nias-Simeulue Earthquake

Obrázek 14: Poškozené domy následkem zemětřesení v roce 2009



Zdroj: Rosyidi a spol. (2011), Kesan Gempa 7.6 Mw Padang Indonesia, 30 September 2009