Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Návrh rodinného domu na bázi dřeva částečně zapuštěného v zemi

Diplomová práce

Autor: Bc. Jan Javůrek

Vedoucí práce: Ing. Martin Sviták, Ph.D.

2022

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Jan Javůrek

Dřevěné konstrukce a stavby na bázi dřeva

Název práce

Návrh rodinného domu na bázi dřeva částečně zapuštěného v zemi

Název anglicky

Design of a family house based on wood partially embedded in the ground

---

Cíle práce

Cílem práce je vytvořit konstrukční návrh a kompletní montážní dokumentaci rodinného domu, který je částečně zapuštěný v zemi a ve kterém budou hlavními použitými materiály na nosnou část konstrukce dřevo a materiály na bázi dřeva. Součástí návrhu bude zasazení celého objektu do terénu, návrh výkopových prací a jeho grafická vizualizace.
První část projektové dokumentace bude obsahovat zpracování návrhu objektu vč. základní charakteristiky stavby. V druhé části bude zpracováno stavebně konstrukční řešení stavby s posouzením statického návrhu vybraných částí konstrukce. Ve třetí části budou zpracovány konstrukční detaily. Dílčím cílem je návrh, posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky s vyhotovením prezentačního posteru.

Metodika

Literární rozbor problematiky dřevěných staveb na bázi dřeva s částečně zapuštěnými částmi budovy v zemi, v minimálním rozsahu 40 stran.

Termín zpracování od 07/2021 do 09/2021.

Metodika zpracování projektové dokumentace dílčího technického řešení:

1.1 Souhrnná technická zpráva / celkový popis stavby

1.1.1 Základní charakteristika stavby a jejího užívání

Termín zpracování od 07/2021 do 10/2021.

1.1.2 Celkové urbanistické a architektonické řešení

1.1.3 Celkové provozní řešení, technologie výroby, provádění staveb

1.1.4 Bezpečnost při užívání stavby

1.1.5 Základní charakteristika objektů

1.1.5.1 Stavební řešení

1.1.5.2 Konstrukční a materiálové řešení

Termín zpracování od 09/2021 do 12/2021.

1.1.5.3 Mechanická odolnost a stabilita

1.1.6 Zásady požárně bezpečnostního řešení

1.1.7 Úspora energie a tepelná ochrana

1.2 Situační výkresy

1.3 Dokumentace dílčího technického řešení

1.3.1 Statické posouzení vybraných detailů

Termín zpracování od 09/2021 do 11/2021.

1.3.2 Montážní dokumentace

Termín zpracování od 10/2021 do 12/2021.

1.3.3 Konstrukční detaily

Termín zpracování od 11/2021 do 01/2022.

1.4 Posouzení energetické náročnosti budovy – šíření tepla a vlhkosti konstrukcí, tepelná a vlhkostní bilance

1.5 Grafická vizualizace

Termín zpracování od 12/2021 do 02/2022.

Termín odevzdání práce 04/2022.

Doporučený rozsah práce

Rozsah a obsah projektové dokumentace dle § 104 odst. 1 písm. a) až e) stavebního zákona

Klíčová slova

Dřevostavba, částečně zapuštěna v zemi, montážní dokumentace, konstrukční detaily, vizualizace

---

Doporučené zdroje informací

Baruch Givoni, Leon Katz, Earth temperatures and underground buildings, Energy and Buildings,ISSN 0378-7788.

Dřevěné konstrukce a energeticky úsporné dřevostavby: sborník příspěvků a prezentací studentské vědecké konference : 10.5.2018. [Praha]: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06468-9.

Jodidido, P. 100 Contemporary Wood Buildings. Kolín nad Rýnem: Taschen, 2019. ISBN

Kylarová, Jitka. Stavební zákon v praxi: elektronická příručka. Praha: Dashöfer, 2011-. ISSN 1804-7378.

Lanl Sustainable Design Guide. National Institute of Building Sciences. December 2002 LA-UR 02-6914.

McMullin, P.W., Price, J.S., 2016. Introduction to Structures. Routledge. ISBN 1317570944, 9781317570943.

Sýkora, J. a kol.: Architektonické kreslení. Vydavatelství ČVUT v Praze, skriptum, 2008, 137 s., ISBN 978-80-01-04115-4.

Šála J., Machatka M.: Zateplování v praxi. Provádění vnějších kontaktních zateplovacích systém. Grada Publishing, a. s., 2002. ISBN 80-247-0224-X.

Šponarová, Klára. Ochrana dřevin při stavební činnosti: metodická příručka ke Standardu péče o přírodu a krajinu. Kolín: Základní organizace Českého svazu ochránců přírody, Arboristická akademie, [2019]. Metodika (Český svaz ochránců přírody). ISBN 978-80-906984-2-0.

Wisslicen, H., Hillemeier, B.: Zu den Arbeits- und Scheinfugen in wasserundurchlassigen Stahlbeton-Konstruktionen, článek v Beton- und Stahlbetonbau 85, , Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG, Berlin 1990. ISSN 0005-9900.

Předběžný termín obhajoby

2021/22 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Martin Sviták, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Elektronicky schváleno dne 10. 11. 2021

doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 15. 2. 2022

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2022

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh rodinného domu na bázi dřeva částečně zapuštěného v zemi vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Svitáka, Ph.D. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Praze dne …… Podpis autora

Rád bych tímto poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Martinovi Svitákovi, Ph.D., za jeho vedení, konzultace, odborné rady, přístup a všechen čas, který mi věnoval.

Dále bych chtěl poděkovat svým rodičům za jejich podporu nejen v rámci diplomové práce, ale napříč celým mým studiem.

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem rodinného domu řešeného pomocí konstrukčního systému firmy Czech PAN na úrovni montážní dokumentace. Systém firmy Czech PAN je založen na bázi panelů, ve kterých je primární sendvičová skladba dvou OSB desek vyplněných polystyrenem. Dům je navržen na reálnou parcelu v blízkosti Národního parku Českého Švýcarska, který nabízí perspektivní místo pro bydlení.

Teoretická část je zaměřena na rozbor lokality parcely, konstrukčního systému firmy Czech PAN, sloupkovou konstrukci a dostupného materiálu, ze kterého by se dala stavba realizovat. Dále jsou popsány příklady staveb z České republiky i ze světa, které řešily podobnou problematiku.

Zásadním problémem pro realizaci projektu se stal velký spád terénu ve zvolené lokalitě v kombinaci s materiálem na bázi dřeva, který je použit na nosnou část konstrukce domu. Výstupem práce je návrh proveditelného konstrukčního řešení na bázi dřeva a vhodné zasazení domu do vybraného reálného terénu. Nejdůležitější problematikou dané konstrukce je vlhkost, která byla analyzována v programu Area. Druhým nejdůležitějším parametrem je požadavek na dosažení co možná nejnižších tepelných ztrát konstrukce. Ten byl řešen v programech Area, Teplo a Energie.

Na základě výsledků ze zmíněných programů byly prokázány výhody konstrukčního řešení domu zapuštěného v zemi. Dále byla konstrukce posouzena ze statického hlediska, z čehož bylo vybráno několik rizikových konstrukčních prvků a spojů. Ty byly navrženy a upraveny podle platných stavebních norem. Poslední řešenou problematikou je návrh požární bezpečnosti domu. Výstup práce zároveň obsahuje montážní dokumentaci, vizualizace a rozpočty. V závěru dochází k hodnocení proveditelnosti stavby na základě různých kritérií.

Klíčová slova: dřevostavba, zapuštění v zemi, montážní dokumentace, konstrukční detaily, vizualizace

ABSTRACT

The diploma thesis deals with the design of the family house solved using the construction system of Czech PAN company at the level of the assembly documentation. The Czech PAN´s system is based on panels in which the primary sandwich consists two OSB plates filled with polystyrene. The house is designed on a real plot close to the National Park of Czech Switzerland, which offers a promising place to live.

The theoretical part is focused on the analysis of the site of the plot, the construction system of Czech PAN, the post construction and the available material from which the building could be realized. Further there are examples of buildings from the Czech Republic and the world that have dealt with a similar issue.

A major problem for the implementation of the project has become the large gradient of terrain in the chosen location combined with wood-based material, which is used on the supporting part of the house structure. The work contains the design of a feasible wood-based design solution and the appropriate setting of the house in selected real terrain. The most important issue with the construction is the humidity, which was analyzed in the Area program. The second most important parameter is the requirement to achieve the lowest possible heat loss of the structure. This was solved in programs Area, Teplo and Energie.

Based on the results of these programs, the advantages of designing a house embedded in the ground have been demonstrated. Furthermore, the structure was assessed from a static point of view, from which several risky structural elements and joints were selected. These have been designed and adapted to the applicable building standards. The last issue addressed is the design of the fire safety of the house. The output of the work also includes installation / assembly documentation, visualizations and budgets. The conclusion is to evaluate the feasibility of the construction on the basis of different criteria.

Keywords: wooden building, embedded in the ground, assembly documentation, construction details, visualization

Obsah

1. Úvod ... 1
2. Cíle práce ... 2
3. Bydlení ve dřevostavbě ... 3
   3.1 Normy ... 3
      3.1.1 Proslunění ... 3
      3.1.2 Požární bezpečnost budov ... 5
      3.1.3 Vyhláška o technických požadavcích na stavby 268/2009 Sb. ... 9
   3.2 Dřevostavby ... 9
   3.3 Konstrukční systémy two by four ... 9
      3.3.1 Two by four systém ... 10
      3.3.2 Panely ... 12
      3.3.3 Stavební systém firmy CZECH PAN ... 12
   3.4 Materiály ... 13
      3.4.1 OSB desky ... 13
      3.4.2 BSH Hranoly ... 16
      3.4.3 Technologie bílé vany ... 17
   3.5 Programy ... 22
      3.5.1 FIN 2D ... 22
      3.5.2 Kubix ... 23
      3.5.3 Kros 4 ... 23
      3.5.4 ArchiCAD ... 23
      3.5.5 Atlantis ... 24
      3.5.6 Teplo 2017 ... 24
      3.5.7 Area 2017 ... 24
      3.5.8 Energie 2021 ... 25
   3.6 Domy zapuštěné v zemi ... 25
   3.7 ECO bydlení ... 29
4. Zapuštěné stavby ve světě ... 30
5. Metodika ... 39
   5.1 Výběr pozemku ... 39
   5.2 Postup prací ... 40
   5.3 Návrh řešení ... 43
6. Výsledky ... 47
   6.1 Konstrukční detaily ... 47
   6.2 Montážní dokumentace ... 48
   6.3 Požární bezpečnostní řešení ... 51
   6.4 Statická část ... 52
   6.5 Rozpočet ... 52
7. Diskuze ... 53
8. Závěr ... 55
9. Použité zdroje ... 56
   9.1 Knihy ... 56
   9.2 Legislativní dokumenty ... 57
   9.3 Technické normy ... 58
   9.4 Články v elektronických periodikách ... 59
   9.5 Články na webových portálech ... 60
   9.6 Webové stránky institucí ... 63
10. Seznam příloh ... 66

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Proslunění 5
Obrázek 2 - OB1 7
Obrázek 3 - OB2 7
Obrázek 4 - Two by four system 10
Obrázek 5 - Two by four system 2 12
Obrázek 6 - OSB deska s rovnou hranou 14
Obrázek 7 - OSB deska systém pero-drážka 15
Obrázek 8 - BSH hranoly 17
Obrázek 9 - Technologie stavby bílé vany 22
Obrázek 10 - Příklad domu zapuštěného v zemi 25
Obrázek 11 - Příklad domu zapuštěného v zemi 2 26
Obrázek 12 - Příklad domu zapuštěného v zemi 3 26
Obrázek 13 - Příklad domu zapuštěného v zemi 4 28
Obrázek 14 - Příklad domu zapuštěného v zemi 5 28
Obrázek 15 - Zeměloď 29
Obrázek 16 - Cathedral Metropolitana 30
Obrázek 17 - Vzorové domy 31
Obrázek 18 - Naoshima art museum 32
Obrázek 19 - Central pre-mix company 32
Obrázek 20 - Hebridean eart house 33
Obrázek 21 - Gjovik olympic cavern hall 34
Obrázek 22 - Maison sous-terraine 34
Obrázek 23 - Nine house 35
Obrázek 24 - Underground data center 36
Obrázek 25 - Cottages at fallingwater 36
Obrázek 26 - Cottages at fallingwater 2 37
Obrázek 27 - The underground house 37
Obrázek 28 - Phillip Island house 38
Obrázek 29 - Sněžná 39
Obrázek 30 - NP České Švýcarsko 40
Obrázek 31 - Mapa lokality parcely 41
Obrázek 32 - K-kontrol 42

Obrázek 33 - Radonová mapa 43
Obrázek 34 - Area – vlhkost 1 43
Obrázek 35 - Area – vlhkost 2 44
Obrázek 36 - Průkaz energetické náročnosti 45
Obrázek 37 - Konstrukční detaily 48
Obrázek 38 - Montážní dokumentace půdorysu 49
Obrázek 39 - Detail boxbeamu 49
Obrázek 40 - Výpis materiálu 50
Obrázek 41 - Montážní detaily 51
Obrázek 42 - Výkres požárně odstupové vzdálenosti 51
Obrázek 43 - Rozpočet 52

Seznam použitých zkratek a symbolů

Bpv	Balt po vyrovnání (výškový systém)
BSH	Podélně lepené lamelové dřevo
CE	Posouzení o shodě
ČSN	Česká státní norma
ČUZK	Český úřad zeměměřický a katastrální
DP1	Třída chování stavebních konstrukcí za požáru jako celku
EN	Evropská norma
EPS	Extrudovaný polystyren
FPO	Flexibilní polyolefiny
KVH	Konstruktionsvollholz (konstrukční dřevěné hranoly)
m. n. m.	Metry nad mořem
NP	Nadzemní podlaží
OB	Organizační blok
OP	Obestavěný prostor
OSB	Oriented strand board (desky z orientovaných plochých třísek)
PP	Podzemní podlaží
PVC	Polyvinylchlorid
RD	Rodinný dům
UP	Užitná plocha

1. Úvod

V současné době se stále více dostává do popředí otázka ochrany životního prostředí a s ní související nároky na využívání obnovitelných zdrojů, které jsou kladené na všechna průmyslová odvětví, stavebnictví nevyjímaje. Proto v posledních desetiletích vzniklo po celém světě mnoho programů upřednostňující dřevo, jakožto obnovitelný a celosvětově dostupný materiál. Důvodů pro využití dřeva jako stavebního materiálu je mnoho, ale to, že využití dřeva pomůže zachovat zbývající zdroje vyčerpatelných surovin, patří mezi nejdůležitější. Dřevařský průmysl také způsobuje relativně malé znečištění životního prostředí (Reinprecht 2008). Z těchto důvodů technologie na třídění a zpracování dřeva i pro navrhování dřevných konstrukcí zaznamenaly progresivní vývoj. Byl také vytvořen soubor evropských technických norem platných i v České republice.

V USA dřevostavby, to znamená stavby, při jejichž konstrukci bylo z velké části použito dřevo nebo dřevěné materiály, ve výstavbě pro bydlení již dlouhou dobu zcela dominují. Naproti tomu se v ČR i celé Evropě začaly ve vyšší míře objevovat až v 90. letech minulého. Rozvoj dřevostaveb se nejprve projevil u rezidenční výstavby. Stavěly se rodinné domy nejen ze dřeva, ale i z dřevěných nebo kompozitních materiálů (např. dřevo spolu s betonem) (Reinprecht 2008). V menší míře než u rodinných domů se dřevo využívá pro stavbu nebytových objektů. I zde je však patrný stoupající trend. Dřevěné materiály a konstrukce se využívají pro realizaci průmyslových, zemědělských nebo sportovních hal, střešních konstrukcí, a dokonce i vícepodlažních budov např. administrativní budovy, bytové domy apod. Také jsou důležitým materiálem pro stavbu jednodušších staveb, jako jsou lávky, mosty nebo rozhledny.

Dřevostavby lze rozdělit podle Havířové nejen dle způsobu jejich využití, ale také podle jejich konstrukčního systému (2006). V literatuře se lze setkat s různými modifikacemi, ale většinou se rozlišují především systémy srubové, skeletové a systémy z masivního dřeva. Mají-li být využity všechny výše zmíněné výhody dřeva jako stavebního materiálu, je při navrhování projektu dobré zvážit, k čemu bude stavba sloužit a v jakém prostředí bude umístěna. Pro splnění podmínky na nízkoenergetickou stavbu je nutné vědět, jaké jsou finanční požadavky na realizaci, údržbu stavby a mnoho dalšího. Na základě těchto informací je pak zapotřebí dobře navrhnout typ dřevostavby z hlediska konstrukčního systému, vhodně zvolit materiály na jednotlivé části stavby, systém jejich konstrukce a také vnější i vnitřní design stavby.

2. Cíle práce

Cílem práce je vytvoření konstrukčního návrhu s kompletní montážní dokumentací rodinného domu, který je částečně zapuštěný v zemi. V objektu budou hlavními použitými materiály na nosnou část konstrukce dřevo a materiály na bázi dřeva. Jako stěžejní materiál byl vybrán systém od firmy Czech PAN. Součástí návrhu bude zasazení celého objektu do terénu, návrh výkopových prací a jeho grafická vizualizace.

První část projektové dokumentace bude obsahovat zpracování návrhu objektu včetně základní charakteristiky stavby. V druhé části bude zpracováno stavebně konstrukční řešení stavby s posouzením statického návrhu vybraných částí konstrukce. Ve třetí části budou zpracovány konstrukční detaily. Dílčím cílem je návrh, posouzení a optimalizace konstrukčních skladeb a detailů z hlediska stavební fyziky, vizualizace s vyhotovením prezentačního posteru.

3. Bydlení ve dřevostavbě

Aby rodinný dům splňoval všechny kritéria pro bydlení, je potřeba respektovat požadavky v rámci platných norem a postupů. Pro tuto problematiku byl vytvořen přehled hlavních bodů, které se týkají bydlení ve dřevostavbě.

3.1 Normy

Má-li být u stavby zachována pohoda bydlení, umožněna údržba staveb a užívání prostoru mezi stavbami, dodržené požadavky na denní osvětlení i oslunění, je nutné dodržet vzájemné odstupy staveb. Vzájemné odstupy staveb musí splňovat především požadavky urbanistické, architektonické, životního prostředí, ochrany povrchových a podzemních vod, dále požadavky hygienické, veterinární, ochrany památek, požární ochrany, bezpečnosti a civilní ochrany.

Vzdálenosti se měří na nejkratší spojnici mezi vnějšími povrchy obvodových stěn, balkónů, lodžií, teras, od hranic pozemků a okraje vozovky pozemní komunikace. Dle ČSN 73 4301 o vzájemných odstupech staveb je nutné dodržet tato platná pravidla:

- průčelí budov, v nichž jsou okna obytných místností, musí dodržet vzdálenost nejméně 3,0 m od okraje vozovky, silnice nebo místní komunikace;
- mezi rodinnými domy, které mezi sebou vytvářejí volný prostor, nesmí být vzdálenost menší než 7,0 m;
- rodinné domy od společných hranic nesmí mít menší vzdálenost než 2,0 m;
- vzdálenost ve zvlášť stísněných územních podmínkách může být mezi rodinnými domy snížena až na 4,0 m, nejsou-li v žádné z protilehlých stěn okna obytných místností.

3.1.1 Proslunění

Všechny budovy a byty musí být přímo navrhovány tak, aby byly prosluněny.
Jde o to, že požadavky na proslunění a požadavky na denní osvětlení nejsou závislé pouze na dostatečné vzdálenosti mezi obytnými budovami navzájem nebo mezi obytnými budovami a budovami jiného účelu (Kaňka 2021).

Přístup slunečního záření do interiéru budov je považován za prospěšný jak lidskému zdraví, tak stavbám samotným. Sluneční světlo se vyznačuje baktericidním účinkem. Ve slunečním záření obsažené ultrafialové záření má schopnost ničit některé bakterie a viry. Ultrafialové záření je také nezbytné pro tvorbu vitamínu D v našem těle.

Infračervené sluneční záření zbavuje interiér i konstrukce budovy vlhkosti a brání tak výskytu plísní.

Dosavadní české technické normy vždy požadovaly proslunění pouze v bytech. K tomu, aby byl byt prosluněn, bylo třeba splnit podmínku proslunění alespoň tolika obytných místností, které činily nejméně jednu třetinu z celkové obytné plochy bytu. Pro rodinné domy, dvojdomy a koncové rodinné domy při řadové zástavbě byl tento požadavek zpřísněn na jednu polovinu.

Nové možnosti posuzování přinesla evropská norma EN 17037 Daylight of buildings platná v České republice od srpna 2019 jako ČSN EN 17037 Denní osvětlení budov. Kromě denního osvětlení tato norma obsahuje i nároky, které jsou kladeny na proslunění, na výhled z oken a na ochranu před oslněním denním světlem a sluncem. Norma popisuje požadavky na proslunění bytů a nově požaduje i proslunění místností pro hry dětí v mateřských školách a místností nemocničních pokojů. Toto rozšíření, které zahrnuje mateřské školy a nemocniční pokoje, lze hodnotit jen kladně.

Proslunění bytu je dle ČSN 73 4301 a změna Z1 a Z2 definováno dobou, po kterou musí dopadat přímé sluneční záření do prostoru obytné místnosti. Je nutné mít na paměti, že do součtu ploch jednostranně prosluněných obytných místností se nezapočítává plocha ležící za hloubkou místnosti. Plocha se tedy rovná 2,3 násobku její světlé výšky (totéž se týká součtu ploch všech obytných místností).

Požadavky na proslunění podle ČSN 17 037 (2019):

● sluneční paprsek se bere v úvahu, pokud na plochu okna dopadá v půdorysném úhlu 25° a větším od roviny fasády, ve kterém je umístěno;

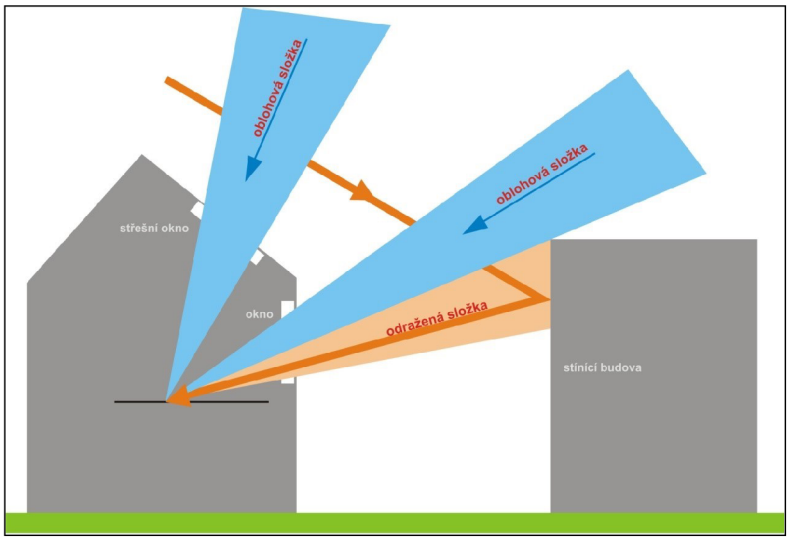
● přímé sluneční záření musí po stanovenou dobu vnikat do místnosti okenními otvory krytými průhledným a barvy nezkreslujícím materiálem, jejichž celková plocha vypočtená ze skladebných rozměrů je rovna nejméně jedné desetině podlahové plochy místnosti;

● nejmenší skladebný rozměr osvětlovacího otvoru musí být alespoň 900 mm, šířka oken umístěných ve skloněné střešní rovině může být menší, nejméně však 700 mm;

● sluneční záření musí po stanovenou dobu dopadat na kritický bod v rovině vnitřního zasklení ve výšce 300 mm nad středem spodní hrany osvětlovacího otvoru, ale nejméně 1 200 mm nad úrovní podlahy posuzované místnosti,

● výška slunce nad horizontem musí být nejméně 5°,
● při zanedbání oblačnosti musí být dne 1. března doba proslunění nejméně 90 min.

Vhodná orientace obytné budovy ke světovým stranám je primární podmínkou pro zajištění příjemného vnitřního prostředí. Místnosti určené pro pobyt lidí orientujeme na slunnou stranu (pokud účel nepodmiňuje jiné řešení). Vedlejší, komunikační a podřadné prostory orientujeme naopak na stranu neslunnou.



Obrázek 1 – Proslunění. Zdroj: estav.cz

3.1.2 Požární bezpečnost budov

Při navrhování rodinného domu, bytového domu, stavby pro rodinnou rekreaci a stavby ubytovacího zařízení je nutné postupovat v souladu s ustanoveními Vyhlášky č. 23/2008 Sb. a české technické normy ČSN 73 0833 Požární bezpečnost staveb - Budovy pro bydlení a ubytování.

Pro objekty a prostory pro bydlení a ubytování se vychází z normy ČSN 73 0802. Norma ČSN 73 0833 stanoví specifické požadavky požární bezpečnosti, které ČSN 73 0802 dále zpřesňují.

Při projektování změn staveb se postupuje dle ustanovení ČSN 73 0834 Požární bezpečnost staveb - Změny staveb.

Při řešení požární bezpečnosti budov pro bydlení a ubytování se vychází z jiné filosofie, protože tyto objekty slouží k trvalému nebo přechodnému výskytu většího počtu osob. Riziko vyplývá zvláště z možnosti vzniku požáru v nočních hodinách, kdy

hrozí horší schopnost zpozorování požáru, omámení, udušení kouřem. Dále v objektech přechodného ubytování je nebezpečí pro osoby zvýšeno např. neznalostí dispozice objektu, rozmístěním přenosných hasicích přístrojů a požárně bezpečnostních zařízení.

Pojem obytná buňka je v normě definován jako samostatně uzavíratelná místnost nebo skupina místností určená pro bydlení a ubytování. Což může být byt nebo samostatný pokoj pro ubytování s příslušenstvím, ale i bez něho. Dále skupina samostatných nebo sdružených pokojů pro ubytování, zpravidla se společnou předsíní a příslušenstvím s kapacitou max. 20 osob. Pojem obytná buňka také platí pro byt s provozovnou o půdorysu provozovny nejvýše 50 m^2, požární zatížení buňky nejvýše 50 $kg.m^{-2}$, požární zatížení provozovny nejvýše 60 $kg.m^{-2}$. Pod tímto pojmem je zahrnuta i místnost nebo skupina místností pro příslušenství ubytovacích podlaží (příruční sklad prádla, společná kuchyně pro ubytované v penzionu).

Administrativní, stravovací a podobné prostory pro bydlení a ubytování se řídí dle ČSN 73 0833 do čtyř skupin:

1. skupina OB1 - zahrnuje rodinné domy a rodinné rekreační objekty s nejvýše třemi obytnými buňkami, s jedním podzemním a nejvýše třemi užitnými nadzemními podlažími a nejvýše s půdorysnou plochou 600 m^2 (včetně plochy garáží, sklepů, podkroví, vnitřní zimní zahrady apod.)
2. skupina OB2 - bytové domy přesahující kritéria budov skupiny OB1 (rodinné domy a rodinné rekreační objekty o ploše větší než 600 m^2)
3. skupina OB3 - do této skupiny jsou zařazeny domy pro ubytování o projektované ubytovací kapacitě nejvýše 75 osob umístěných nejvýše do 3. NP nebo nejvýše 55 osob mezi 1. NP až 8. NP (např. menší penziony).
4. skupina OB4 - tuto skupinu tvoří domy pro ubytování s kapacitou větší než budovy skupiny OB3 (podle kapacity např. hotely, hotelové domy, vysokoškolské koleje, kasárna, nápravná zařízení).

Obrázek 2 - OB1. Zdroj: estav.cz

Obrázek 3 - OB2. Zdroj: pozarniochrana.netstranky.cz

K zajištění požární bezpečnosti těchto objektů je důležité dělení do požárních úseků. Kromě budov skupiny OB1 se zde mohou v jednom požárním úseku nalézat až tři obytné buňky. Mimo to jsou ostatní objekty pro bydlení a ubytování vždy tvořeny tak, že každá obytná buňka je samostatný požární úsek. Je nutné požárně oddělit prostory domovního vybavení a jiné prostory. Také samostatná garáž nebo přístřešek pro osobní, dodávková nebo jednostopá vozidla může být součástí požárního úseku rodinného domu nebo stavby pro rodinnou rekreaci s plochou do 600 m^2.

Požadavky zabezpečující bezbariérové užívání musí být stanoveny u staveb v budovách skupiny OB2 a OB4. Pro zjednodušení evakuace v budovách pro ubytování (OB3, OB4) musí být vyvěšeny ve všech obytných buňkách a na chodbách evakuační plány.

Pro další zvýšení požární bezpečnosti budov pro bydlení a ubytování musí být instalováno zařízení autonomní detekce a signalizace. Tímto zařízením musí být vybaven rodinný dům, a to v části vedoucí k východu z bytu. Také každý byt u rodinného domu s více byty a doplněno o další zařízení v nejvyšším místě společné chodby nebo prostoru. Dále každý byt v bytovém domě, pokud se jedná o byt s podlahovou plochou větší než 150 m^2. U mezonetového nebo vícepodlažního bytu musí být v jiné vhodné části bytu umístěno další zařízení. Instalace zařízení je nutná také u staveb ubytovacího zařízení, u kterých nevznikl požadavek na vybavení elektrickou požární signalizací, a to v každém pokoji pro hosty, společných prostorech (s výjimkou společných prostor bez požárního rizika). Dále v části vedoucí k východu z domu, pokud se nejedná o chráněnou únikovou cestu. Zařízení musí být umístěno i v prostoru, který je určen pro ubytování osob ve stavbách jiného než ubytovacího zařízení.

Při stavbě ubytovacích zařízení musí být dodrženy i další požadavky ke zvýšení bezpečnosti. Únikovou cestu je nutné vybavit nouzovým osvětlením.

Chráněnou únikovou cestu, dveře, schodiště, chodby a východy je nutné opatřit bezpečnostním značením viditelným ve dne i v noci.

Schodiště ve stavbách pro ubytování s třemi a více nadzemními podlažími nebo s třemi a více podzemními podlažími je nutné označit u vstupu do každého podlaží. Označení se skládá z pořadového čísla podlaží doplněného písmeny "NP" nebo "PP".
Stavbu ubytovacího zařízení s projektovanou kapacitou 75 ubytovacích osob je nutné vybavit domácím rozhlasem s nuceným poslechem.

V budově s projektovanou kapacitou minimálně 20 osob a s třemi a více nadzemními podlažími je nutné zřídit evakuační výtah.

Ve stavbě s projektovanou kapacitou nad 100 ubytovacích osob je nutné prokázat zkouškou v prostoru určeném pro ubytování osob, že zápalnost textilní záclony a závěsu je delší než 20 sekund a čalouněné materiály vyhovují z hlediska zápalnosti.

Ve stavbě ubytovacího zařízení s třemi a více nadzemními podlažími sloužící pro ubytování s projektovanou kapacitou 20 a více osob je nutné navrhnout na každém podlaží hadicové systémy pro prvotní zásah. Tyto systémy musí být v blízkosti přístupů ke schodištím nebo k východům na únikových cestách a v místech s nebezpečím vzniku požáru ve vzdálenosti požáru, nejvýše však ve vzdálenosti 25 m od sebe.

3.1.3 Vyhláška o technických požadavcích na stavby 268/2009 Sb.

Tato vyhláška stanovuje technické požadavky na stavby, které náleží do působnosti obecných stavebních úřadů.

Ustanovení této vyhlášky se uplatní také u zařízení, změn dokončených staveb, udržovacích prací, změn v užívání staveb, u dočasných staveb zařízení staveniště, rovněž i u staveb, které jsou kulturními památkami nebo jsou v památkových rezervacích nebo památkových zónách, pokud to závažné územně technické nebo stavebně technické důvody nevylučují.

3.2 Dřevostavby

Podle Kuklíka (2005) je mnoho důvodů pro použití dřeva jako stavebního materiálu. Mezi ty nejdůležitější důvody patří:

- dřevo je obnovitelný zdroj;
- dřevoprůmysl způsobuje nízké znečištění životního prostředí;
- stoupající technologický vývoj, který třídí a zpracovává dřevo;
- výborné vlastnosti smíšených konstrukcí dřeva s betonem nebo s ocelí;
- při požáru se dají dobře předvídat reakce dřevěných konstrukcí;
- oproti jiným výrobním materiálům má nízké požadavky na energie;
- dřevěný materiál je kompletně recyklovatelný.

3.3 Konstrukční systémy two by four

V oblasti rodinných domů se mezi nejpoužívanější typy dřevostavby řadí dřevostavba rámová. U dřevostavby se výstavba může provádět prefabrikací jednotlivých dílců a jejich následnou montáží, jak je tomu třeba u panelové výstavby. Další alternativou je vytváření konstrukčního systému přímo v místě stavby – two by four systém.

K dalším druhům konstrukčních systémů se řadí dřevostavba skeletová. Její základní odlišnost spočívá v podélném způsobu zavětrování. Dalším příkladem jsou dřevostavby masivní, které jsou tvořeny podélnými prvky, jako jsou kulatina a hranoly, nebo plošnými masivními dílci.

Obrázek 4 - Two by four system. Zdroj: drevostavitel.cz

3.3.1 Two by four systém

Na konci 19. století vznikl v USA nový konstrukční systém two by four, který byl postupně rozšířen do Evropy a Austrálie.

U systému two by four se jedná o rámový způsob výstavby, při němž byly původně využívány sloupky o příčném průřezu 2x4 palce. V metrických jednotkách odpovídají tyto rozměry přibližně 50x100 mm. Ovšem v dnešní době jsou rozměry sloupků dřevostaveb stanoveny tak, aby vyhovovaly tepelně technickým a statickým požadavkům. V USA se tedy můžeme u obvodových stěn spíše setkat s průřezem two by six. Z důvodu navazujících rozměrů velkoplošných materiálů není tedy tento rozměr pravidlem, stejně jako jejich koordinační modul dřevostavby (rastr), který bývá převážně 625 mm nebo 417 mm.

Postup montáže:

Nejprve jsou na základovou desku položeny vrstvy hydroizolace. Dřevěný materiál musí být naimpregnován, a to zvláště spodní práh obvodových stěn, který se umisťuje pomocí závitových tyčí a chemické kotvy v prostoru budoucí obvodové stěny nebo příčky. Práh musí být vyrovnán do roviny např. pomocí plastových podložek.

Následně jsou k tomuto prahu pomocí spojovacích prostředků v pravidelném rastru kotveny sloupky, na které nasedá z horní části pásnice. Takto zkonstruovaný rám dřevostavby je zavětrován úhlopříčným uložením z vnější strany obvodových stěn. Nejprve jsou k tomuto účelu využita prkna a po vytvoření kompaktního obvodového rámového systému bývají diagonály nahrazeny velkoplošným konstrukčním materiálem, např. OSB deskami. Na horní pásnici je buď uložen stropní nosník a dále se pokračuje obdobným způsobem jako u přízemního patra dalším poschodím, nebo je zde

položena již střešní konstrukce, např. příhradového typu, která je zaizolována a zastřešena (Dostál 2014).

Je-li dřevostavba takto připravená, stačí dodat stavebně-truhlářské výrobky, zaizolovat prostor mezi sloupky a potom vnější strany domu kontaktním zateplovacím systémem. Z vnitřní strany obvodové stěny a stropů se umístí parozábrana nebo parobrzda. Roštem vytvořeným před parotěsnou izolací povedou rozvody inženýrských sítí.

V dalším konstrukčním kroku je nutné vytvořit na stěnách a stropu poslední vrstvu, na kterou se nejčastěji využívá sádrokarton. Důvodem jsou požárně bezpečnostní opatření. Samozřejmostí je položení podlahové konstrukce.

Výhody podle Jiřička (2012):

- odehrává se přímo na staveništi (také český název - letmá montáž);
- navážení materiálu se řídí aktuálními požadavky a materiál se na stavbě co nejrychleji zpracovává;
- přímý dohled při samotné montáži, včetně možného korigování využití materiálu;
- u staveb není nutné, aby ležely pouze na základové desce, ale mohou být konstruovány i na základových pasech nebo pouze na pilotech, na něž budou uloženy nosné trámy, záklop, izolace a podlahová vrstva;
- je zde možná téměř výhradní absence těžké techniky;
- stavba se může provádět i na obtížně dostupných místech, na které se nedostane jeřáb ani kamion, a ty jsou podmínkou pro prefabrikované dřevostavby.

Nevýhody podle Jiřička (2012):

- závislost pracovní činnosti na ročním období a na počasí;
- výstavba v porovnání s panelovým způsobem je časově náročnější;
- kvalitu práce je nutné dozorovat celou dobu výstavby přímo na staveništi;
- složité uskladnění materiálu během výstavby, aby se předešlo možnému napadení škůdci a zabezpečení proti krádeži.

Obrázek 5 - Two by four system 2. Zdroj: drevostavitel.cz

3.3.2 Panely

Podle roztřídění Prokopové (2020) panelové konstrukce jsou jedním z nejrozšířenějších stavebních systémů budov. Konstrukce bývá složena z dřevěného rámu a jednotlivé panely musí být konstrukčně přizpůsobeny podle funkce, kterou mají splňovat např. panel stropní, stěnový, obvodový, příčkový nosný nebo příčkový nenosný. Opláštění dřevěného rámu je zpravidla realizováno velkoplošným materiálem např. dřevotřískovou deskou, OSB deskami nebo sádrovláknitými deskami. Mezi rámem a deskami je nutné prostor vyplnit tepelnou a zvukovou izolací. Jednotlivé panely mohou být vyrobeny nahrubo nebo finálně s povrchovou úpravou, zabudovanými okny atd. Panely mohou být vyráběny podlahové, obvodové, příčkové, stropní, štítové a střešní. Montážní modul bývá v rozmezí od šířky 1,2 m až po celostěnné panely dlouhé až 12 m. Velikost panelu ovlivňuje způsob montáže (svépomocí nebo s nárokem na montážní zařízení).

3.3.3 Stavební systém firmy CZECH PAN

Stavební systém firmy Czech PANje univerzální systém řešení konstrukcí stěn, stropů i střech různých typů staveb. Firma Czech PAN vyžívá jako základní konstrukční prvek samonosný sendvičový panel. Panel je složen ze dvou OSB desek a izolační výplně ze stabilizovaného samozhášivého polystyrenu EPS nebo Neopor.

Vhodným systémem pro moderní stavby dnešní doby se stal díky výborným tepelně izolačním vlastnostem, jednoduchému, a přitom vysoce variabilnímu použití a také pro šetrný vliv na životní prostředí ve všech fázích stavby. Tento stavební systém je vhodný pro výstavbu rodinných a bytových domů, pro výstavbu administrativních budov,

ubytovacích objektů, chat a rekreačních objektů nebo pro opláštění sportovních hal. Je možné jej navrhovat jako jediný systém pro celou stavbu, nebo jako jednotlivé stavební konstrukce v kombinaci s jinými systémy.

Pro navrhování staveb je možné čerpat z firemního katalogu. Obecně je možné shrnout, že platí veškerá pravidla pro navrhování dřevostaveb. Systém je vhodný jak pro soukromé investory, tak i pro odborné firmy zabývající se výstavbou.

Stavební systém firmy Czech PAN je nositelem značky CE. Tato značka je zárukou kvalitního výrobku, který lze používat v celé EU. K ochraně investorů je nabízena plná a kvalitní certifikace stavebních materiálů i systémů (K-Kontrol 1999).

3.4 Materiály

3.4.1 OSB desky

OSB jsou vícevrstvé desky vyráběné z plochých třísek smrkového nebo borovicového dřeva. Tyto třísky jsou plošně lisované, na povrchu orientované v jednom směru, ve středu jsou zpravidla orientované kolmo na vnější lamely nebo náhodně. Ke spojení třísek se používají umělé (melamin-formaldehydové) pryskyřice. Díky této konstrukci jsou pro ně charakteristické dobré mechanické i fyzikální vlastnosti (Reinprecht 2008).

Základní popis

OSB desky jsou velkoplošný nosný materiál s velkou tuhostí a pevností, kterého se využívá pro jeho dobré tepelně izolační a akustické parametry i zdravotní nezávadnost. Další výhodou je jejich jednoduchá montáž a opracování, které je podobně snadné jako u masivního dřeva. Desky je možné povrchově upravovat standardními nátěrovými látkami jako na dřevo.

OSB desky se dají použít jak v interiéru, tak v exteriéru. Mají dostatečnou pevnost v obou směrech desky. Považují se za nosný materiál. Ve směru hlavní osy je pevnost třikrát vyšší než ve směru vedlejší osy. Za hlavní osu se považuje směr třísek vnějších vrstev desky.

Možnosti použití

OSB desky se používají jako plošný konstrukční materiál dřevostaveb. Dále na nosné prvky stropních a střešních konstrukcí staveb, na nosníky i na nosné a nášlapné vrstvy podlah. Na stavbách slouží jako bednění, dočasné opláštění, zakrytí nebo oplocení. Mohou se využívat i jako obalový materiál. Časté je jejich využití v truhlářství na nábytkové konstrukce. Bývají použity i jako dekorace, konstrukce pro výtvarníky a filmaře.

Rozdělení

Podle prostředí, ve kterém jsou OSB použity:

- **OSB-2**: Používají se v suchém prostředí – pro interiéry. Nosné desky pro třídu vlhkosti 1, při teplotě 20°C relativní vlhkost vzduchu výrazně nepřevyšuje 65 %.
- **OSB-3**: Tento typ je určen pro použití ve vlhkém prostředí - venkovní prostředí. Nosné desky pro třídu vlhkosti 2, při teplotě 20°C relativní vlhkost vzduchu výrazně nepřevyšuje 85 %.
- **OSB-4**: Jsou určeny k použití ve vlhkém prostředí a se zvýšeným mechanickým namáháním – pro exteriéry. Nosné desky pro třídu vlhkosti 2, při teplotě 20°C relativní vlhkost vzduchu výrazně nepřevyšuje 85 %.

Rozměry a úpravy hran a povrchů

OSB desky se standardně vyrábí ve formátu 2500x1250 mm. Okraje jsou ze čtyř stran pravoúhle ořezané. Doporučuje se udržovat dilatační spáru 3 mm mezi jednotlivými deskami.

Obrázek 6 - OSB deska s rovnou hranou. Zdroj: dekwood.cz

OSB desky pero-drážka jsou vyráběny ve formátech 2500x625 a 2500x675 mm. Okraje desky jsou opatřeny pro lepší napojení perem a drážkou ze dvou stran (palubka) nebo čtyř stran (parketa). Dovozci do ČR jsou firmy Kronospan a Egger.

Obrázek 7 - OSB deska systém pero-drážka. Zdroj: dekwood.cz

Skladování

OSB desky je nutné skladovat v uzavřené suché a dobře větrané budově. Při nadměrné vlhkosti by se desky mohly prohýbat a bortit. Při přechodném skladování je třeba dbát např. na stavbě, aby desky nepřišly do přímého kontaktu se zemí, vegetací apod., kde je vyšší vlhkost. K uskladnění je vhodné využít paletu a shora zakrýt desky plachtou. OSB desky nejsou určeny do přímého kontaktu s vodou. Rozměrové tolerance formát +/- 3mm, tloušťka +/- 0,8mm.

Vybraný materiál

Pro daný objekt je podle vzoru firmy Czechpan nejvhodnější OSB-4, kvůli velké odolnosti vůči biočinitelům. Zároveň oproti OSB-3 má citelně vyšší difúzní odpor a díky tomu v kombinaci s páskou od firmy D-Tack slouží jako ochrana konstrukce před vlhkostí. Pásky se dávají do místa spojů. V rámci tloušťky OSB desky po konzultaci s technikem firmy Czech PAN je nejvhodnější tloušťka 15 mm, která v sobě spojuje nejlepší poměr únosnosti, odolnosti a ceny. Zvolený formát desek je 3000x1220mm. Tento rozměr je zvolen, kvůli tomu, že konstrukční výška musí být rovna výšce panelu. Díky tomu se vyhne stavba vícenákladům v podobě dělení spár v části patra. Navrhovaný spoj vyjde do spoje mezi patry, kde se dá překrýt izolací v prostoru stropu.

3.4.2 BSH Hranoly

BSH hranoly se vyrábí ze dvou nebo více lamel, jež jsou vzájemně plošně slepené melaminovými lepidly. Ke zlepšení tvarové stálosti výsledných profilů a snížení rizika rozvoje dřevokazného hmyzu a růstu plísní přispívá proces vysušení. Jednotlivé lamely jsou technicky vysušeny na úroveň vlhkosti 10-12 % (± 2 %).

Standardní vstupní surovinou je smrkové dřevo, je ovšem možné k výrobě použít i sibiřský modřín, případně borovicové dřevo. Výsledné profily bývají dodávány hoblované a mají sražené hrany. Lamely jsou délkově nastavované zubovitým spojem a na přání mohou být BSH jakékoliv šířky, výšky a délky, dle potřeby zákazníka.

Oblast použití BSH hranolů je široká. Používají se na nosné konstrukce s velkými rozpony, zatížením a nízkou váhou. Mohou být použity na stavbu konstrukcí, kde je kladen důraz na vysokou rozměrovou stabilitu. Dokonce se využívají v interiéru i exteriéru s vysokými požadavky na vzhled, kde by klasicky vypadající dřevo nemuselo splňovat dané estetické požadavky. Těchto vlastností je dosaženo kombinací přirozeného dřevěného materiálu, ze kterého je hranol vyroben a použitou technologií při výrobě. Lepené lamelové dřevo se preferuje i u pohledových konstrukcí se zvýšenými estetickými požadavky.

Lamelově lepené dřevěné hranoly jsou osvědčeným stavebním materiálem, kde je kladen požadavek na vysokou pevnost při použití dřeva, především pro vysoce namáhané konstrukce staveb. Prvky z lepeného lamelového dřeva jsou proto využívány u staticky namáhaných dřevěných konstrukcí, jako jsou střešní vazníky, stropní trámy, průvlaky, nosníky, sloupy a podobně. Lepené lamelové dřevo se využívá u pohledových konstrukcí se zvýšenými estetickými požadavky. Další nespornou výhodou je i použití v chemicky agresivním prostředí.

Konstrukce vyrobené z BSH lepených hranolů není potřeba dále ošetřovat např. impregnací, protože hranoly jsou už vysušené, a tak díky nízkému obsahu vlhkosti obsažené ve dřevě nehrozí riziko tvorby hniloby. Výjimkou jsou vady způsobené neodbornou manipulací, nebo špatně navrženým technickým řešením dané konstrukce.

Prvky z lepeného lamelového dřeva bývají určeny pro staticky namáhané dřevěné konstrukce, jako jsou střešní vazníky, stropní trámy, průvlaky, nosníky, sloupy a podobně.

Obrázek 8 - BSH hranoly. Zdroj: kaiser-holz.cz

Z důvodu nevyhovujícího návrhu I-OSB, který na rozpon 6 m má vyšší průhyb, než je dovolený. Bylo nutné najít jinou variantu. Jedinou možností, která splní průhyb a zároveň nepřesáhne 240 mm výšku je BSH hranol. BSH díky svému systému, který vychází v podélně lepených lamelách, nemá takový průhyb. Po spočítání tohoto prvku vychází rozměr 140/240 mm.

3.4.3 Technologie bílé vany

Vyhledávanou alternativou řešení hydroizolačních systémů pro technologii zakládání stavby se v současné době stává bílá vana. Jedná se o vodonepropustnou betonovou konstrukci, kde železobetonová konstrukce přejímá vedle statické funkce nosné konstrukce i funkci hydroizolační, tzv. proti prosakující vodě. Je využívaná nejen u podzemních částí bytových a administrativních komplexů, ale zároveň u podsklepených rodinných domů. V zahraničí bývají řešeny tímto způsobem také tunelové a jiné inženýrské stavby. K dosažení požadované funkce bílé vany je důležitý správně navržený beton a rovněž i navržená konstrukce, a v neposlední řadě také technologicky bezchybné provedení konstrukce, navržení spár a prostupů. Speciálně navržený beton pro výstavbu vodonepropustných konstrukcí je vyráběn skupinou Českomoravský beton pod názvem permacrete.

Tento beton je využíván, protože splňuje přísné požadavky na průsak hmotou, tzn. v ploše, a navíc svým složením pomáhá omezit množství a šířku trhlin v konstrukci od objemových změn. Taková konstrukce může bez potíží čelit prostředí s podzemní vodou a zemní vlhkostí. Nestanoví-li stupeň vlivu prostředí přísnější požadavek, mají betony

zaručený maximální průsak tlakovou vodou dle typu na úrovni 35 mm. Beton je už ve svém základu navržen jako vodonepropustný, čímž překonává používání krystalizačních přísad, které bývají až následným řešením sanace trhlin v betonové konstrukci bílé vany. Proto se tento výrobek stává materiálem se zaručenými vlastnostmi s řešením bez použití krystalizačních přísad.

Zmenšení šířky trhlin a omezení průtoku skrz trhlinu

Má-li být funkce bílé vany správná, je nutné omezit vznik trhlin. Nejlépe jen na ty řízené, tedy na ty, které se nachází v místě s těsnicím profilem. Omezení výskytu a šířky trhlin je možné zajistit omezením smrštění betonu nebo vyztužením tuhou nebo rozptýlenou výztuží. V některých případech dokáže zcela nahradit tato rozptýlená výztuž běžnou betonářskou výztuž. Tento beton je standardně vyráběn v pevnostních třídách C25/30 až C40/50. Pro zvýšení pevnosti v tahu za ohybu lze použít typ permacrete D, který obsahuje rozptýlené výztuže v podobě ocelových drátků. Ty se přimíchávají již na betonárně do betonu a spolu s ním se dopravují na stavbu autodomíchávačem. Díky rozptýlené výztuži dochází dle příručky Deutscher Ausschuss für Stahlbeton DAfStb-Heft 483 k výraznému zmenšení šířky trhliny (až o 50 %) a omezení průtoku vody skrz trhlinu (až o 95 %). Použití betonu permacrete D má významný přínos kvalitativní i ekonomický. Ve stěnové konstrukci jsou tyto betony navrhovány v tekutější konzistenci S4 až SF1 (lehce zhutnitelný beton), které zajistí dobré probetonování konstrukce a správnou fixaci těsnicích prvků ve spárách. Beton se díky vyšší tekutosti lépe rozteče po bednění a vyplní všechny záhyby konstrukce do všech detailů.

Základním krokem při navrhování bílé vany je vždy správná specifikace betonu, uvedená poté v projektu. Předpokladem správné realizace kvalitní vodonepropustné konstrukce je úzká spolupráce všech zúčastněných stran na realizaci projektu – tedy zadavatele, projektanta, výrobce betonu a prováděcí firmy (Českomoravský beton 2012).

Návrh konstrukce

Tloušťka betonové konstrukce by měla činit min. 300 mm dle TP ČBS 02 (rakouská OVVB směrnice). Konstrukci je nutné s ohledem na vznik trhlin vyztužit, a to na místech vynuceného namáhání (hydratační teplo, smrštění) a vnějšího zatížení (vlastní

tíha, užitné zatížení). Výztuž je navrhována na maximálně přípustnou šířku trhliny. Šířka trhliny je předepsána dle využití konstrukce a dle zatížení vodou. Tvarově je dobré omezit výškové skoky v základové desce. Jsou-li nezbytné, je vhodné přidat kompresní vrstvu, dále ošetřit vodorovné pracovní spáry a provést náběhy.

Příprava podkladu

Po zhutnění podloží je možné začít s realizací tzv. podkladních betonů. Vybudování podkladních betonů je nutné jako ochrana základové spáry před povětrnostními vlivy po dobu přípravy betonáže základové desky. Další funkcí podkladových betonů je zamezit znečištění betonu a výztuže zeminou. Pro realizaci se většinou používá beton pevnostní třídy C12/15 nebo nižší. Jsou-li základové desky velkých rozměrů, doporučuje TP ČBS 02 provedení separační vrstvy mezi podkladní beton a základovou desku. Účelem této vrstvy je omezit tření mezi podkladním betonem a základovou deskou a omezit tak vznik tahových sil v základové desce.

Vyztužení základové desky

Typ a množství výztuže jsou uvedeny v projektu a je závislá na typu a účelu konstrukce. Na rozdíl od běžných konstrukcí se vyztužení nenavrhuje pouze na vnější zatížení, ale důležité je rovněž navržení na vynucená namáhání od teploty při hydrataci betonu a také od objemových změn betonu. Hlavně je potřeba na počátku specifikovat maximální přípustnou trhlinu a na tuto šířku následně vyztužení navrhnout. V případě základových desek bílých van je nutné vyztužit konstrukci tuhou výztuží ve většině případů, a to tuhou výztuží v kombinaci s rozptýlenou ocelovou výztuží (drátky).

Těsnění pracovních spár

Před realizací se doporučuje zpracovat detaily výstavby a odsouhlasit mezi účastníky provedení všech spár. Spáry je potřeba opatřit vhodnými těsnicími profily. Jako těsnící prvky se mohou využít různé PVC, FPO pásy nebo těsnící plechy. Těsnicí prvky pracovních nebo dilatačních spár je vždy nutné správně osadit a zabetonovat. Je potřeba postupovat dle technických listů dodavatele těsnícího prvku.

Specifikace a výroba betonu

Beton pro „bílé vany“ nelze specifikovat parametry dle normy ČSN EN 206+2. Proto byl vyvinut ve skupině Českomoravský beton PERMACRETE. Jedná se o značkový transportbeton vyráběný na betonárnách Českomoravského betonu dle ČSN EN 206-1. Tento speciálně navržený beton pro výstavbu vodonepropustných konstrukcí, známých pod pojmem "bílá vana", splňuje přísné požadavky na průsak hmotou, který dále svým složením pomáhá omezit množství a šířku trhlin v konstrukci od objemových změn. Tento beton usnadňuje perfektní provedení dilatačních a pracovních spár s těsnícími profily díky své velmi dobré zpracovatelnosti. Jelikož beton při tvrdnutí vydává méně tepla, je možné ho využít i pro masivnější konstrukce. Vlastnosti vyráběného betonu je nutné průběžně kontrolovat. Než je beton dopraven na stavbu, probíhá ještě kontrola jeho kvality, a to včetně odběru vzorků na kontrolní testy.

Doprava betonu na staveniště

Směs betonu není možné vyrábět v suchém stavu, proto je doprava zajištěna na stavbu autodomíchávači. Beton je možné čerpat běžnými čerpadly na beton. Ukládání betonu do konstrukce je možné kromě čerpání také dalšími prostředky, např. bádie.

Čerpání betonu

Ukládání čerstvého betonu bývá realizováno pomocí pístového čerpadla s výložníkem. Je-li použito potrubí, beton je možné čerpat až na vzdálenost 120 m vodorovně a 30 m svisle. Minimální světlý průměr hadic činí 125 mm.

Betonáž desky

Beton pro „bílé vany“ se hutní běžnými prostředky (vibrátory). Intenzitu hutnění je nutné přizpůsobit objednané a dodané konzistenci. Povrch základové desky lze leštit.

Ošetřování desky

S ohledem na snížení rizika vzniku trhlin je nutné povrch hotových vodonepropustných konstrukcí, jako u běžného betonu, začít ošetřovat neprodleně po uložení betonu. Při stanovení minimální délky ošetřování je nutné brát na zřetel klimatické podmínky, použitý beton, tvar a velikost betonového prvku. Čím déle je beton ošetřován, tím lépe, nejméně by však měla být dodržena doba 7 dní. Vodorovné

konstrukce je možné ošetřit pomocí aplikace ochranného postřiku okamžitě po betonáži, nebo po vyleštění, případně zakrytím fólií (po dosažení pochozích pevností betonu). Ochrana je nutná i v zimním období zvláště před mrazem, např. zakrytím geotextilií.

Vyztužení stěn

Výztuž stěn, stejně jako u desek, je nutné navrhnout na maximální šířku trhliny při namáhání vnějším zatížením a vynuceným namáháním. Stěnové konstrukce u větších objektů bývají vyztuženy klasickou tuhou výztuží. Ekonomicky a technicky je výhodné v některých případech nahradit tuhou výztuž rozptýlenou ocelovou výztuží (drátky). Typickým příkladem jsou stěny bílých van u menších objektů.

Těsnící prvky a řízené trhliny ve stěnách

Ve spárách stěn je nutné použít těsnící profily, stejně jako tomu bylo u spár v deskách. Ve stěnách bílé vany je vhodné vytvořit řízenou trhlinu s těsnicím profilem (např. křížový plech), aby se minimalizovalo riziko vzniku neřízených trhlin. Tato trhlina by měla být minimálně v polovině výšky konstrukce. Je vhodné na vyšší konstrukce udělat více trhlin.

Betonáž stěn

Se zvyšující se výškou padání betonu roste riziko rozdělení betonu a tvorba hnízd. Proto při betonáži stěn (stejně jako u běžných konstrukcí) je žádoucí co nejvíce zabránit padání betonu z velké výšky. Vibrace se provádí běžnými ponornými vibrátory a intenzita musí být přizpůsobena konzistenci betonu

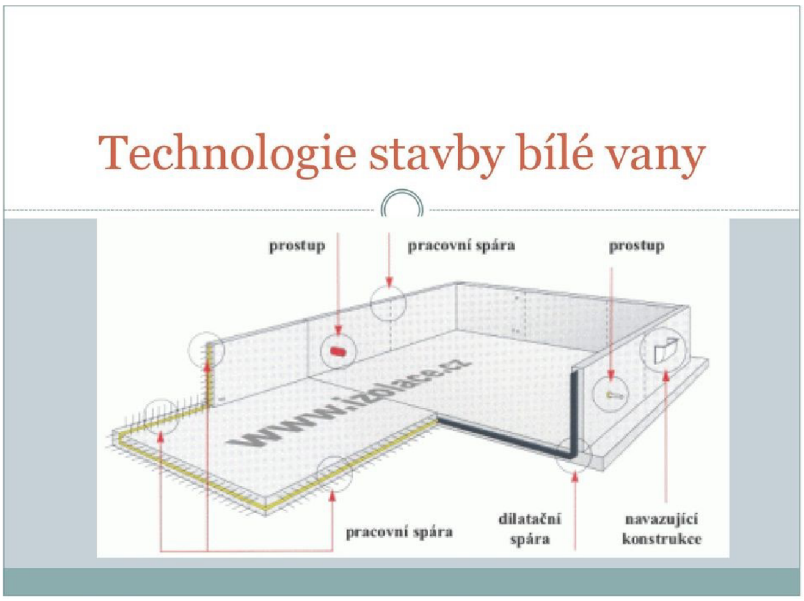
Ošetřování stěn

Dle TP ČBS se doporučuje odbednění konstrukcí bílých van 02 minimálně po uplynutí 36 hodin. Chceme-li použít kratší odbedňovací doby, je nutné započít maximálně do 1 hodiny po odbednění s účinným ošetřováním. Přičemž by ošetřování mělo být přizpůsobeno klimatickým podmínkám po dobu minimálně 7 dní. Doporučuje se ponechání v bednění, nebo nanesení postřiku proti odparu v dostatečném množství, dále je vhodné zaplachtování.

Betony na konstrukci bílých van jsou navrhovány v tekutější konzistenci S4 až SF1 (lehce zhutnitelný beton), čímž se zajistí dobré probetonování konstrukce a správná fixace těsnicích prvků ve spárách. Díky vyšší tekutosti lépe rozteče po bednění a zaplní všechny záhyby konstrukce do všech detailů. Má-li být realizace vodonepropustné konstrukce kvalitní, je nutná úzká spolupráce na realizaci projektu všech zúčastněných stran. Před betonážemi se doporučuje konzultace s technologem.

Aplikace desky

Navržená deska je ze systému od firmy CS-Beton v tloušťce minimálně 300 mm, ale její statický návrh není předmětem diplomové práce. Jinak je posuzována ze všech hledisek.



Obrázek 9 - Technologie stavby bílé vany. Zdroj: docplayer.cz

3.5 Programy

3.5.1 FIN 2D

FIN 2D je program určený pro statické výpočty rovinných prutových konstrukcí metodou konečných prvků. Tento program umožňuje snadné zadávání konstrukcí a přehledné zobrazení výsledků statické analýzy. Díky propojení s dimenzačními

programy balíku FIN EC lze celou konstrukci v těchto programech posoudit a výsledky posouzení předat zpět do FIN 2D.

3.5.2 Kubix

Aplikace KUBIX je určena pro velmi rychlé sestavení předpokládané ceny stavby a pomůže se základní optimalizací stavebních nákladů ve fázi definování investičního záměru. Pomocí této aplikace je možné ocenit rodinné domy, bytové domy, administrativní budovy a skladovací haly.

Výhody:

- sestavení propočtu stavby i bez projektu, a to do 15 minut;
- parametrické ocenění staveb založené na objemových a plošných cenových ukazatelích (m^3 OP, m^2 UP);
- optimalizace propočtu v závislosti na požadavcích investora (nastavení kvalitativní úrovně stavebních konstrukcí a technického vybavení);
- doplnění vlastních přípočtových položek.

3.5.3 Kros 4

Stavební software KROS 4 je určen pro tvorbu rozpočtů, kalkulací stavebních prací a sledování stavební zakázky. Jako jediný v ČR obsahuje kompletní podobu Cenové soustavy ÚRS a je schopen pracovat s jakoukoliv jinou databází cen stavebních prací. Program je složen z modulů, které pokrývají celý proces výstavby – od hrubého plánování nákladů až po realizaci. Je určen pro stavební firmy, investory, projektanty, rozpočtáře a další účastníky stavebního řízení.

Základní charakteristikou programu KROS 4 je komfortní práce s pravidelně aktualizovanou databází Cenové soustavy ÚRS, která má na území ČR více než 50 letou tradici. Program patří ke špičce mezi stavebními SW jak v České republice, kde jej využívá přes 10 000 uživatelů, tak i ve Slovenské republice, kde je rovněž nejpoužívanějším stavebním SW na trhu.

3.5.4 ArchiCAD

ARCHICAD je CAD systém, software původně vyvíjený pro platformu Macintosh v Maďarsku společností Graphisoft. ArchiCAD je software určený architektům,

projektantům a dalším profesím, které se uplatňují ve stavebním průmyslu. Je nástrojem pro navrhování, projektování, a navíc také simulaci stavby. Umožňuje týmovou spolupráci a koordinované zpracovávání celé projektové dokumentace stavby včetně spravování dokumentů. Využívá principů tzv. Informačního modelu budovy (BIM). Umožňuje paralelní práci jak ve 3D, tak ve 2D, a tím zefektivňuje vytváření dokumentace.

3.5.5 Atlantis

Atlantis je samostatný vizualizační program svými funkcemi a nástroji zaměřený na architekturu a design. Svým ovládáním je určený do rukou architektů. Hlavními kritérii kvality programu jsou pro vývojáře, firmu Abvent, jednoduchost ovládání, co nejkratší čas pro nastavení projektu a rychlost výpočtu. Výhodou programu je, že pracuje s fyzikálně přesným výpočtem.

3.5.6 Teplo 2017

Program TEPLO 2017 umožňuje základní tepelně technické posouzení skladby stavební konstrukce z hlediska prostupu tepla a vodní páry. Je určen k detailnímu výpočtu tepelného odporu a součinitele prostupu tepla, vnitřní povrchové teploty, poklesu dotykové teploty podlahové konstrukce, rozložení teplot a tlaků vodní páry v konstrukci a oblasti kondenzace a roční bilance zkondenzované vodní páry. Zohledňuje požadavky ČSN 730540-2 a STN 730540-2 a postupy ČSN 730540-4, EN ISO 6946 a EN ISO 13788.

3.5.7 Area 2017

Ke komplexnímu hodnocení stavebních detailů z hlediska dvourozměrného stacionárního vedení tepla a vodní páry je určen program AREA 2017 (tepelných mostů a vazeb). Umožňuje výpočet nejnižší vnitřní povrchové teploty, teplotního faktoru vnitřního povrchu, tepelných toků detailem, lineárního činitele prostupu tepla, oblasti kondenzace vodní páry a roční bilance zkondenzované a vypařené vodní páry v detailu. Zohledňuje postupy a požadavky ČSN 730540 (včetně ČSN 730540-2 z roku 2011), STN 730540 a EN ISO 10211.

3.5.8 Energie 2021

Program ENERGIE 2021 umožňuje komplexní hodnocení energetické náročnosti budov. Slouží k výpočtu průměrného součinitele prostupu tepla budovy, měrných tepelných toků, potřeby energie na vytápění a chlazení, dílčích dodaných energií (vytápění, chlazení, nucené větrání, úprava vlhkosti vzduchu, příprava teplé vody, osvětlení), produkcí energie (solární kolektory, fotovoltaika, kogenerace), celkové dodané energie, primární energie z neobnovitelných zdrojů a emisí CO2. Při výpočtu se zohledňují postupy a požadavky ČSN 730540, ČSN 730331-1, EN ISO 52016-1, EN ISO 13370, EN 16798-7 a dalších souvisejících evropských norem. Program zpracovává energetický průkaz podle vyhlášky MPO ČR č. 264/2020 Sb. a energetický štítek podle ČSN 730540-2 (2011).

3.6 Domy zapuštěné v zemi

V současnosti je preferována energetická nenáročnost budov a také ohleduplnost ve vztahu k přírodě. Je možné říci, že těmto hodnotám svými vlastnostmi vyhovují domy zapuštěné do země. Jsou to takzvané pasivní domy a bývají řazeny k nejvíce energeticky úsporným a ekologicky ohleduplným typům budov.

Obrázek 10 - Příklad domu zapuštěného v zemi. Zdroj: homeincube.cz

Rodinné domy, které jsou zcela zapuštěné do terénu, se v našem prostředí objevují spíše výjimečně. Občas je možné spatřit domy ve svahu, se zadní částí a střechou zakrytou okolní zeminou s vegetací, s proskleným průčelím, kde se do vnitřních zadních částí domu denní světlo přivádí světlovody nebo světlíky. Většinou jde o záměry příznivců vyznávající kladný vztah k přírodě, kteří preferují šetrné ekologické postupy a usilují o soužití a splynutí s krajinou.

Výhody podle Zahradníkové (2019):

- minimální zásah do vzhledu související krajiny,
- možnost zástavby velice svažitých, jinak nezastavitelných pozemků,
- úspory na vytápění,
- jednodušší údržba domu,
- větší odolnost proti požáru a přírodním živlům,
- větší hluková izolovanost od okolí,
- světlo díky správnému využití jižní strany prochází do celého interiéru.

Obrázek 11 - Příklad domu zapuštěného v zemi. Zdroj: homeincube.cz

U podzemního domu je nutné se o povolovacím postupu informovat na příslušném stavebním úřadu. Stavební úřad dohlíží při povolování staveb pro bydlení na dodržování podmínek platné legislativy, zejména pak ustanovení platných norem např. ČSN 73 4301 – Obytné budovy. A také podmínek stanovených v regulativech územního plánu, pokud ho obce mají. Pro nezvyklost takové stavby je nutné předpokládat obtíže při jejím prosazování. V povolovacím procesu je potřeba minimálně podat ohlášení stavby. V diplomové práci územní plán nijak nezakazuje toto řešení (Město Krásná Lípa 2022).

Obrázek 12 - Příklad domu zapuštěného v zemi. Zdroj: peknebydleni.cz

Nízkoenergetické bydlení podle Smoly (2011)

U domů zakrytých zeminou je možné hovořit o určité formě nízkoenergetického bydlení. Nejedná se o využití tepelné energie ze země, ale naopak svou důležitou roli zde sehrává stabilita tepelného prostředí v podzemí. V hloubce přibližně dvou metrů pod povrchem je stabilní teplota ve výši asi 10°C, a to bez ohledu na to, zda na povrchu země mrzne či je tropické vedro. Z těchto poznatků vyplývá, že náročnost na vytápění bude nižší než u nadzemních staveb, které jsou vystavené vnějším povětrnostním vlivům. U podzemních domů je však nutné počítat s důkladnou tepelnou izolací stavby od spodní zeminy. Tato tepelná izolace musí být dobrým vodičem a musí mít schopnost vyrovnávat vnitřní teplotu stavby s teplotou zeminy.

Při záměru vybudování domů pod terénem je třeba si uvědomit, že má smysl jen tam, kde takovou možnost umožňuje přirozená svažitost terénu. Dále je potřeba počítat s vysokými nároky na technickou projektovou propracovanost stavby a kvalitní odborné provedení stavebních prací. Při plánování stavby je nutné vycházet ze souvisejících hydrogeologických podmínek v daném území, charakteru propustnosti zeminy a případného výskytu tlakové vody a jejího následného odvedení drenážním systémem. Výhodou pláště ze zeminy a vegetace je, že příznivě ovlivňuje trvanlivost užité hydroizolace. Hydroizolace zakrytá zeminou není narušována výkyvy venkovních teplot. Ani dešťové srážky nebývají zdrojem potíží, protože se u biologicky upravené střechy rovnoměrně vsakují a postupně odpařují.

Levné bydlení podle Porovnej24 (2020)

Sídliště plná paneláků není zrovna bydlení snů, a proto započala snaha hledat nové možnosti. Jednou z nich je návrat do podzemních domů, které jsou prověřené mnoha generacemi. V současné době to zájemce o koupi nemovitosti nemá zrovna jednoduché. Velká poptávka bydlení vyšroubovala ceny do astronomických výšin, a to i za obyčejný panelákový byt.

Hledání levnějšího řešení vede stále více lidí k alternativním druhům bydlení. Řešením se mohou stát právě domy zcela či částečně pokryté zeminou. Při slově zemljanka si zákazník může představit štítivě ponurý sklepní příbytek, kde o hmyz a hlodavce není nouze. Ovšem opak je pravdou. Bydlení v zemi může být mnohem pohodlnější než ve výše zmiňovaném paneláku. Důkazem může být originální dům ve švýcarské vesničce Vals, který je zcela zabudován do svahu.

Obrázek 13 - Příklad domu zapuštěného v zemi. Zdroj: porovnej24.cz

Obrázek 14- Příklad domu zapuštěného v zemi. Zdroj: inhabitat.com

Proč by ovšem někdo toužil zavrtat se do země jako krtek? Pod zemí totiž panují úplně jiné podmínky než na povrchu. Jak již bylo řečeno, v hloubce dvou až tří metrů se teplota trvale drží na 10°C. Pokud tedy venku mrzne, je normální rodinný dům nucen při venkovní teplotě -3°C vytápěním zvýšit teplotu o 23 stupňů, aby se dostal na příjemných 20°C. Podzemní dům, musí zvýšit teplotu o pouhých deset stupňů. Z tohoto hlediska energetických nákladů je tedy neuvěřitelně levný – spotřebuje až o 80 % méně energie než běžné obydlí. Majitelé takových domů jsou většinou výdaji na topení mile překvapeni. A naopak, když v létě uhodí vedra, zemljanka poskytuje příjemný chládek (Givony 2020).

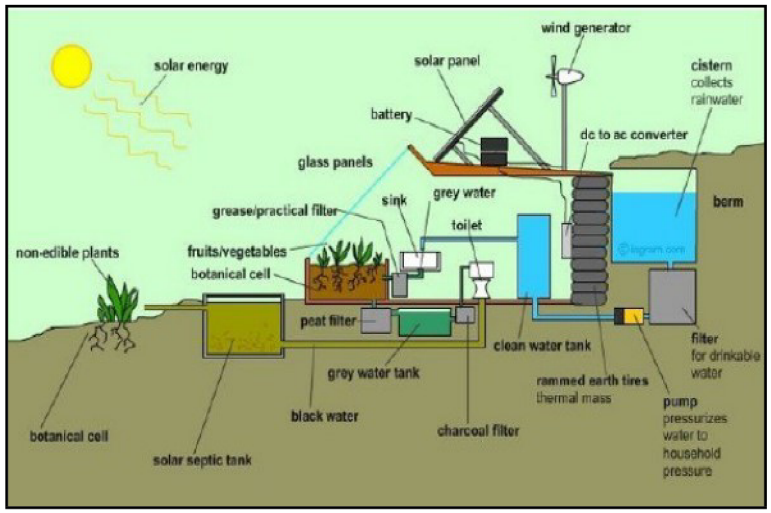
Světelné podmínky

Rovněž co se týče dostatku světla, nemusí zemljanka nutně připomínat stinnou atmosféru sklepu. Většina budov v zemi má okna orientována na jih, a to domu dodává dostatek osvětlení. Ve větších podzemních obydlích má ta část domu, která je obrácena směrem do svahu, díky střešnímu oknu také dostatečný zdroj slunečních paprsků.

3.7 ECO bydlení

Na naší planetě se hromadí předměty, které společnost považuje za odpad. Ovšem najdou se i tací, kteří dokáží tento odpad využít jako stavební materiál pro ekologické stavby. Mezi nejznámější architekty zabývajícími se využitím odpadových materiálů patří Američan Michael Reynolds. Ten už dlouhá léta staví velmi levné domy z odpadu. Využívá staré pneumatiky, desky z plastu, plechovky od piva i skleněné láhve. Svými díly se snaží společnost upozornit na hromadění odpadů. Přístup architekta Reynoldse je tudíž v mnoha ohledech odlišný, on staví užitkové domy, které slouží svým obyvatelům. Podle jeho tvůrce architekta Reynoldse, je potřeba si představit rodinný dům, který je schopen ve velkém fungovat sám, sám si topit, sám si zajišťuje vodu a pěstuje si vlastní plodiny. Výhodou tohoto systému je, že k jeho výstavbě není potřeba drahá technologie ani drahých materiálů. Dalším kladem je, že díky použité technologii si sám recykluje svůj odpad na energetický zdroj. Díky flexibilitě se takový dům dá postavit kdekoliv a kýmkoliv, navíc z věcí, které společnost považuje za odpad.

Základním faktorem těchto staveb je soběstačnost. Dům a lidé, kteří v něm žijí, jsou jako organismus. Organismus, který dokáže žít, aniž by byl připojen na inženýrské sítě. To je důvod, proč se těmto stavbám říká earthship, neboli „zeměloď“. Stavbu tohoto typu můžeme u nás najít u řeky Sázavy.



Obrázek 15 - Zeměloď. Zdroj: zemelod.cz

4. Zapuštěné stavby ve světě

Pro lepší představu o výsledném objektu je vhodnou variantou inspirovat se již fungujícími projekty. V České republice je pro tento návrh nejvhodnější projekt Zemělodi. Bohužel další inspirace se hledá velmi špatně, jelikož se jedná o velmi ojedinělý projekt. Z tohoto důvodu je potřeba hledat mimo tuzemské stavby. Pro tyto účely byly vybrány stavby, které nabízejí originální řešení pro zapuštění staveb do země.

Cathedral of Brasília

Jedná se o římskokatolickou katedrálu, která byla navržena brazilským architektem Oscarem Niemeyerem a projektována konstrukčním inženýrem Joaquimem Cardozem.

Exteriér katedrály připomíná kruhový půdorys a žebrovou strukturu Liverpoolské metropolitní katedrály, ta je však obložena pevným materiálem, zatímco katedrála v Brasílii propouští světlo dovnitř a ven téměř v celé výšce žeber.

Katedrála je dobře využitelný příklad řešení, hezkého vzhledu a moderního designu.

Technické údaje:

- plocha pod zemí: 20 %,
- plocha směrem k zemi: 20 %,
- hloubka: 2 m,
- hyperboloidní konstrukce,
- 16 betonových sloupů, každý o hmotnosti 90 tun.

Obrázek 16 Cathedral Metropolitana. Zdroj: wikipedia

Pachacamac hill house

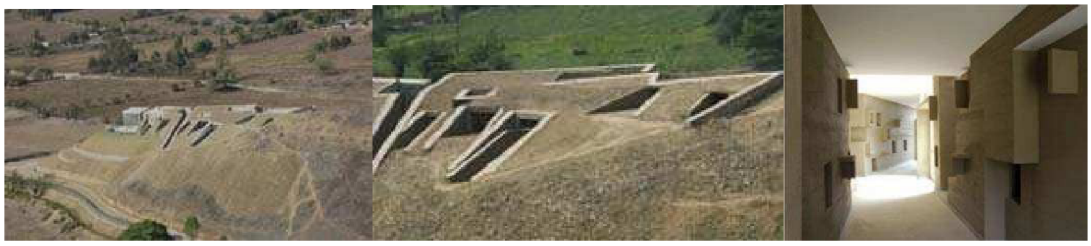
Jedná se o stavbu z kamene, která se nachází v Peru na jihovýchodě od Limy. Téměř celá je umístěná pod zemí. Díky tomu je schopna odolat extrémním klimatickým změnám.

Technické údaje:

- plocha pod zemí: 70 %,
- plocha směrem k zemi: 70 %,
- hloubka: 4m.

Lokálně těžený, hlazený a leštěný kámen se také používá uvnitř pro stavbu vnitřních stěn a dokonce i některých polic. Pro svou dlouhou životnost jistě získá body „LEED“ (Leadership in Energy and Environmental Designje) mezinárodně uznávaný standard v oblasti navrhování a výstavby environmentálně šetrných a udržitelných budov. Jde o mezinárodně uznávanou značku kvality, která poskytuje vlastníkům a provozovatelům budov rámec k identifikaci a implementaci praktického a měřitelného návrhu, konstrukce, provozu a správy tzv. zelených budov. U podzemního bunkru o rozloze 930 m^2 se světlo díky oknům může dobře dostat dolů do zcela kamenného prostoru. Jídelní stůl je obrovský singulární kámen zasazený trvale na místo.

Pachacamac hill house ukazuje výhody a odolnost objektů, které jsou zapuštěné v zemi.



Obrázek 17 - Vzorové domy. Zdroj: homedesignfind.com

Naoshimi art museum

Toto muzeum se nachází na jižním okraji ostrova Naoshima v Japonsku. Architektem je Tadao Ando.

Technické údaje:

- plocha pod zemí: 100 %,
- plocha směrem k zemi: 60 %,
- hloubka: 10 m.

Kompozice hlavní budovy muzea se skládá ze tří překrývajících se krychlí a kruhu, k němuž je šikmo připojeno obdélníkové křídlo pro hosty. Jednoduché geometrické

objemy muzea jsou zabudovány ve svahu tak, aby nenarušovaly krásu přírodní krajiny, ale aby se staly její součástí.

Muzeum na ostrově Naoshimi v sobě skloubí moderní vzhled se skoro nulovým negativním dopadem na okolní přírodu.

Obrázek 18 - Naoshima art museum. Zdroj: galinsky.com

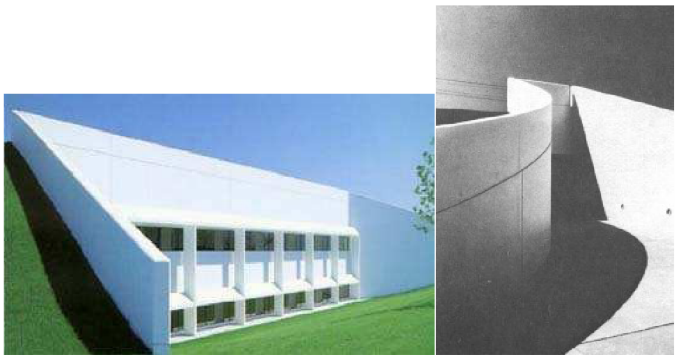
Central pre-mix company

Walker McGough Foltz Lyerla architects | Spokane, Washington, USA. | 1980

Technické údaje:

- plocha pod zemí: 60 %,
- plocha směrem k zemi: 70 %,
- hloubka: 6 m.

Země je v tomto projektu efektivně využívána k dosažení úspory energie. Přenos tepla infiltrací je prakticky eliminován monolitickým zemním krytem. Ve Spokane se teploty vzduchu pohybují mezi -23 a 48°C. Teploty v zemi v hloubce 2 m kolísají od 5 do 16°C. Výhodou je 50 % snížení množství spotřebované energie ve srovnání s konvenčně konstruovanou fasádní budovou stejné velikosti a funkce. Bohužel se jedná jen o koncept, který nikdy nebyl zrealizován, ale i tak podle tohoto objektu byl zasazen i rodinný dům v diplomové práci.



Obrázek 19 - Central pre-mix company. Zdroj: research.tue.nl

Hebridean eart house

Mickey Muennig | Big Sur, California, USA. | 1971

Technické údaje:

- plocha pod zemí: 80 %,
- plocha směrem k zemi: 70 %,
- hloubka: 3 m.

Umístění domu je takové, že maximalizuje výhled na okolní ostrovy. Z tohoto objektu se dá využít výborné situování vůči světovým směrům a zároveň nechat výborný výhled na okolí.

Obrázek 20 - Hebridean eart house. Zdroj: hebhide.co.uk

Gjovik olympic cavern hall

Moe-Levorsen | Gjøvik, Oppland, Norway | 1993

Technické údaje:

- plocha pod zemí: 100 %
- plocha směrem k zemi: 98 %
- hloubka: není známá

Hokejové kluziště umístěné v horské hale s kapacitou 5 500 diváků. V hale je také plavecký bazén a telekomunikační zařízení. Jedná se o největší jeskynní síň na světě pro veřejné použití. Jedná se o jeden z největších podzemních objektů, který díky stále podzemní teplotě má minimální náklady na provozování zimního stadionu. Z tohoto projektu se dá vzít jeskynní řešení objektů.

Obrázek 21 - Gjovik olympic cavern hall. Zdroj: fjellhallen.no

Maison sous-terraine

SeARCH & Christian Müller Architect | Vals, Switzerland | 2008

Technické údaje:

- plocha pod zemí: 100 %,
- plocha směrem k zemi: 70 %,
- hloubka: 5 m.

Pozorovací úhel z budovy je mírně nakloněný, což poskytuje velice originální a hezký pohled na nápadně krásné hory na opačné straně úzkého údolí.

Zasazení centrální terasy do strmého svahu vytváří s velkou plochou fasády perfektní prostor se značným potenciálem pro okenní otvory. Jedná se o jeden z nejlépe řešených interiérů s vlivem zapuštění domu.

Obrázek 22 - Maison sous-terraine. Zdroj: designmag.fr

Nine house

Peter Vetsch | Dietikon, Switzerland | 1993

Technické údaje:

- plocha pod zemí: 0 %,
- plocha směrem k zemi: 40 %,
- hloubka: 0 m.

Organická konstrukce se skládá ze stříkaného betonu s 25 cm vrstvou polymerního bitumenu a pěnou z recyklovaného skla. Vstup do domů je po stranách a díky citlivému zapuštění do terénu z pohledu mimo objekt připomíná malý kopeček a nijak není poznat, že se nejedná o přírodní dílo. Vnitřní místnosti, jako jsou kuchyně a koupelny, jsou osvětleny kupolovými světlíky.

Obrázek 23 - Nine house. Zdroj: greenroofs.com

Underground data center

Pionen, Stockholm, Sweden | 2008

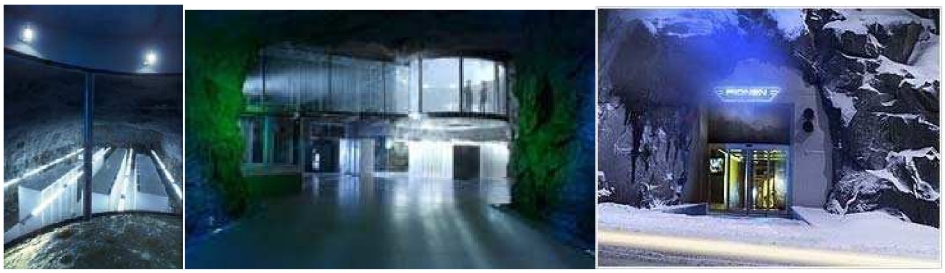
Technické údaje:

- plocha pod zemí: 0 %,
- plocha směrem k zemi: 40 %,
- hloubka: 0 m.

Datové centrum se nachází v původně vojenském bunkru a jaderném krytu vyrobeném v době studené války. Zařízení má stále kódové jméno z vojenských dob: Pionen White Mountains. Zařízení má 1 110 m^2 a nachází se pod 30 m pevného skalního podloží (žuly) přímo uvnitř města.

Chlazení zajišťují ventilátory Baltimore Aircoil s chladicím účinkem 1,5 MW, což je dostačující pro několik stovek jednotek namontovaných v Pionenu. Pro příjemné

pracovní prostředí má datové centrum simulované denní světlo, skleníky, vodopády a obrovskou 2 600 l nádrž na ryby se slanou vodou.



Obrázek 24 - Underground data center. Zdroj: kyndryl.com

Cottages at fallingwater

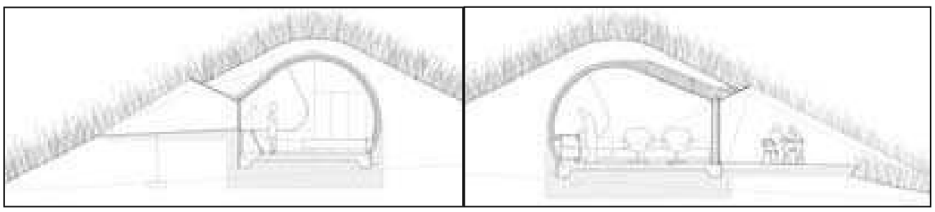
Patkau Architects | Fallingwater, Pennysylvania, USA. | 2010

Technické údaje:

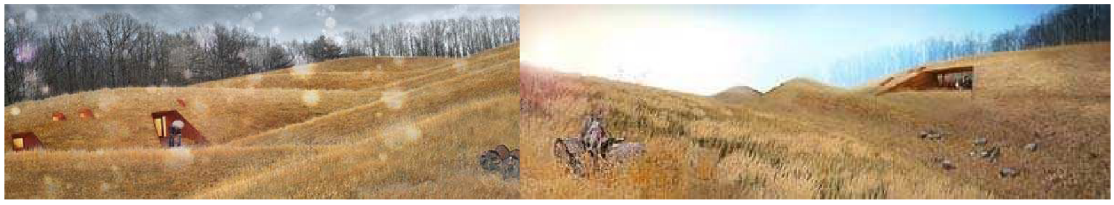
- plocha pod zemí: 90 %,
- plocha směrem k zemi: 90 %,
- hloubka: 3 m.

Patkau Architects vyhráli soutěž pořádanou Western Pennsylvania Conservancy, institutem, který se stará o ochranu a údržbu Fallingwater..

Porota ocenila subtilní, přesto progresivní charakter návrhu s minimálním dopadem na krajinu, který navíc splnil stanovená kritéria udržitelnosti a energetické účinnosti. Tento objekt je velice zajímavý svým architektonickým zpracováním a díky dobré práci s osvětlením v sobě skloubí velké množství plochy pod zemí (90 %) a zároveň má dostatek světla do všech místností.



Obrázek 25 - Cottages at fallingwater. Zdroj: patkau.ca



Obrázek 26 - Cottages at fallingwater. Zdroj: architonic.com

The underground house

2030 Architects |Appleby, Cumbria, UK. | ~2010

Technické údaje:

- plocha pod zemí: 0 %,
- plocha směrem k zemi: 30 %,
- hloubka: 5 m.

První obydlí chráněné zemí Cumbria, které bylo předmětem programu Channel Four „Grand Designs“, demonstrovalo, jak lze těmito stavebními metodami dosáhnout světlého a vzdušného obydlí s nulovým vytápěním za podobné náklady jako u konvenčnějších budov. Jednoduchý systém mechanické ventilace a rekuperace tepla, částečně poháněný malým fotovoltaickým polem podporovaným 6 kw větrnou turbínou, poskytuje zdravé vnitřní prostředí.

Obrázek 27 - The underground house. Zdroj: 2030architects.co.uk

Phillip island house

Denton Corker Marshall| Phillip Island, Victoria, Australia| 1989

Technické údaje:

- plocha pod zemí: 40 %,

- plocha směrem k zemi: 60 %,
- hloubka: 3 m.

Dům je dlouhá tenká betonová krabice, černá zevnitř i zvenčí, zasazená podél jednoho okraje velkého čtvercového nádvoří obklopeného 3 m vysokými černými betonovými zdmi s dunami, které se na třech stranách zvedají do úrovně střechy. Na otevřeném oceánu jsou okna dimenzována a umístěna v každé místnosti tak, aby fungovala jako obrazové rámy pro výhledy.

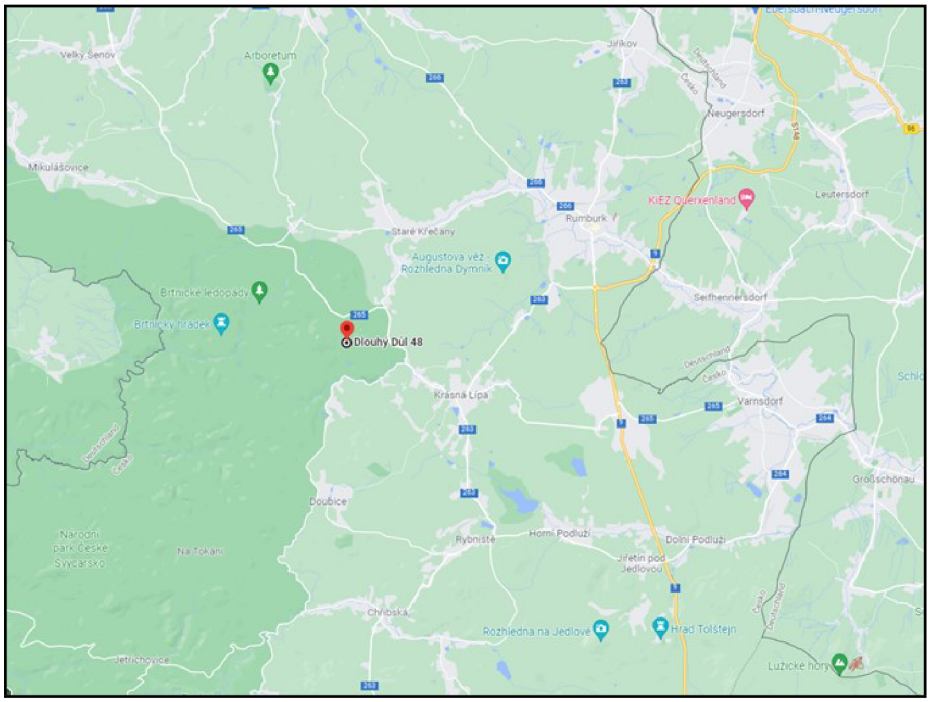
Obrázek 28 - Phillip Island house. Zdroj: architonic.com

Uvedené příklady staveb sloužily jako inspirace v rámci technologických postupů, přes možnosti vzhledu až po nejproblematičtější část, kterou je práce s terénem a vhodného zasazení objektu. Při zasazení objektu je nutné brát ohled na ráz okolí a citlivé manipulaci, aby nedošlo ke vzniku rušivého elementu. Výsledným efektem by mělo být to, že objekt do terénu „bude zapadat“.

5. Metodika

5.1 Výběr pozemku

Při lokalizaci domu a při výběru vhodného pozemku byl výběr zúžený na oblast Českého Švýcarska. Tato volba byla prioritní z několika důvodů. Okolí národního parku je vzhledná a zajímavá pro turistiku. Další velkou výhodou je, že krajina Českého Švýcarska je pahorkatá, proto je zde možné najít ideální svah.

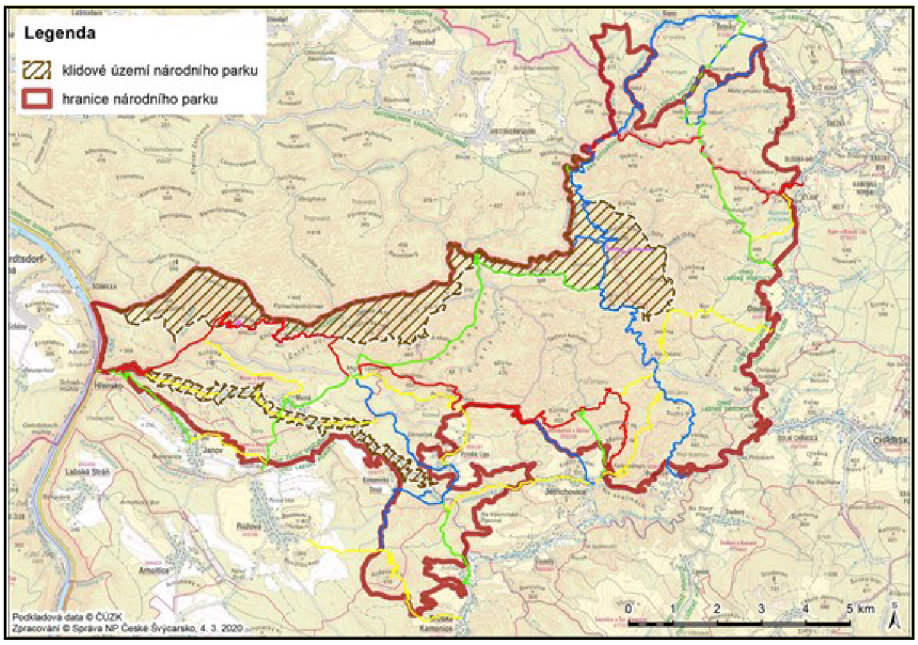


Obrázek 29 - Sněžná. Zdroj: google.com/maps

Národní park České Švýcarsko

NP České Švýcarsko se rozkládá na severu Čech v okrese Děčín, na ploše 80 km². Z jedné strany vede státní hranice se Saskem (SRN) a národní park dále pokračuje do sousedního Saského Švýcarska. Z druhé strany sousedí s CHKO Lužické hory a CHKO Labské pískovce. Je to krajina pískovcových skal, skalních věží a jehel, členitých hřebenů i mohutných skalních hřibů.

Poté, co se zde usadili lidé, bylo vybudováno množství hradů, vodních mlýnů, sakrálních staveb, drobných památek a romantických stavení lidové architektury, zejména roubených chalup. Později přibyly podstávkové roubené domy s hrázděným patrem.



Obrázek 30 - NP České Švýcarsko. Zdroj: npcs.cz

Pro Národní park České Švýcarsko je typické mírné, až mírně suché léto a rovněž mírná, až mírně chladná zima s poměrně krátkým trváním sněhové pokrývky. Vzhledem k rozsáhlé členitosti terénu zde sehrávají důležitou roli zejména lokální klimatické podmínky. Klima Českého Švýcarska a okolí je podobné na horách, ale ve vybraném území je mírné.

Sněžná

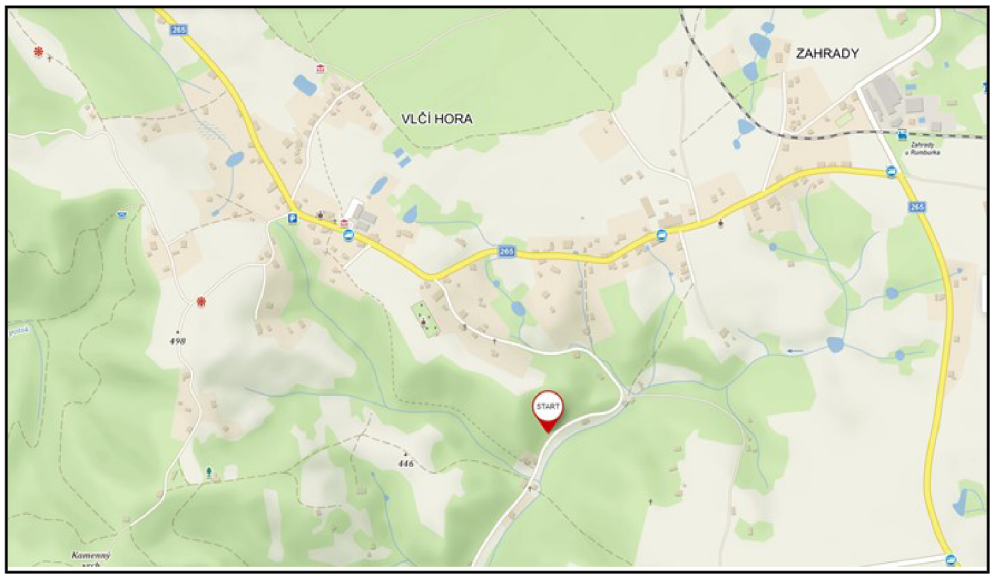
Sněžná (německy Schnauhübel) je malá vesnice, která se nachází asi 2,5 km na severozápad od města Krásné Lípy. První písemná zmínka o obci pochází z roku 1571. Vesnice dosáhla věhlasu katolického poutního místa zejména v první polovině 18. století. Nachází se na návrší nad údolím říčky Křinice. Je zde evidováno 54 adres a v roce 2011 zde trvale žilo 27 obyvatel. Sněžná leží v katastrálním území Vlčí Hora o výměře 9,02 km². Vede zde Köglerova naučná stezka. V jižní části obce je rozsáhlé Fritscheho arboretum s mnoha rododendrony.

5.2 Postup prací

Prvotní myšlenkou této práce bylo navrhnout dům, který by svým majitelům poskytoval bydlení na vysoké úrovni s co nejmenšími náklady na jeho výstavbu. Pro tyto požadavky byl vybraný pohled Living.cz (2022), který popisuje co to luxusní

bydlení je. V současnosti se mezi nadstandartní vybavení, tedy dosažitelný luxus, řadí nejen stabilní příjemná teplota v domě, ale také větší počet šaten, toalet atd. Ale to, co je pro investora určitě první zásadní otázkou a náročným úkolem, je výběr správné lokality. Každý objekt po nějaké době prochází různými změnami, ale umístění je neměnné. V dnešní době se stále více lidí snaží žít v souladu s přírodou a dostat se jí co nejblíže, proto výběr stavební parcely v blízkosti národního parku by byl rozhodně velkou předností tohoto domu.

Před návrhem vlastního domu byl nutný výběr vhodných parcel. Kritériem pro výběr byla perspektivní lokalita v blízkosti Národního parku České Švýcarsko se svažitým terénem, který je situovaný na jih. Těmto požadavkům vyhověly dvě parcely. První byla v katastrálním území Vlčí Hory, druhá spadá do katastrálního území Krásné Lípy. U této lokality se bohužel nejednalo o stavební parcelu, a navíc se nacházela v ochranném pásmu národního parku, což by přinášelo velké množství regulativů na stavbu, proto byla tato parcela vyřazena jako nevhodná.



Obrázek 31 - Mapa lokality parcely. Zdroj: en.mapy.cz

Dalším kritériem pro návrh byl vnější vzhled a požadavek na vysoký standard interiéru. V tomto směru nemá legislativa žádné předepsané požadavky, proto bylo nutné vycházet z podobných domů, které byly brány jako vzorové a řeší podobnou problematiku. Touto problematikou je buď konstrukční a estetické řešení zapuštění do země, nebo materiálová stránka návrhu.

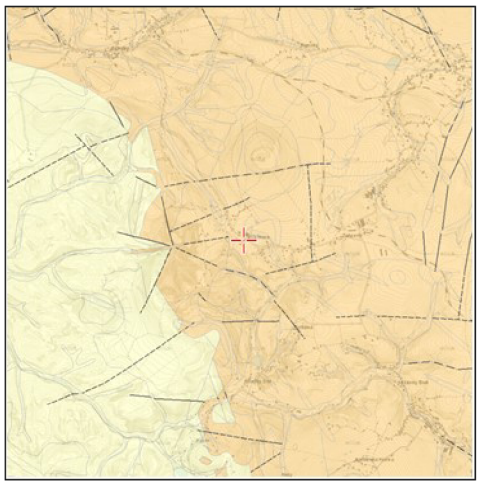
Posledním a důležitým kritériem návrhu byla stavba nízkoenergetického domu, jenž se co nejvíce přiblíží pasivnímu standardu, který by měl buď žádné, nebo minimální náklady na energie.

Celý dům byl řešen tak, aby bylo dosaženo co nejmenší uhlíkové stopy, a to jak při stavbě RD a při výrobě užitých materiálů, tak při jeho následném používání.

Při zvážení dostupných materiálů se jeví dřevo nejvhodnějším materiálem použitelným pro stavbu. Dřevo je obnovitelný zdroj a zároveň díky dostupné technologii je nejvhodnějším materiálem pro tvorbu nízkoenergetických domů. V rámci snížení nákladů a emisní stopy je dobré zvolit lokálního výrobce. V dojezdové vzdálenosti se nachází dva výrobci – Czech PAN a Truhlářství a tesařství Škranc. Z těchto dvou kvůli citelně vyšší kvalitě a členství v ADMD bylo lepší upřednostnit firmu Czech PAN se sídlem ve Varnsdorfu. Jejich prioritní výrobou je difúzně uzavřená konstrukce K-kontrol, nebo difúzně otevřená konstrukce z I-OSB. Detail rohu průřezu konstrukce lze vidět na obrázku 32.

Obrázek 32 - K-kontrol. Zdroj: czechpan.cz

Při bližším průzkumu parcely byl vybraný východní cíp, který dodržuje odstupové vzdálenosti od okolních RD. Zároveň se zde nachází ideální sklon svahu. Celý svah je orientován tak, že vrstevnice jsou kolmé na jih a s rostoucí vzdáleností na sever rychle roste i nadmořská výška terénu. Při realizaci projektu bude nutné udělat analýzu rostlého terénu v rámci únosnosti, přípravu na výkopové práce a na vhodný návrh protiradonové ochrany. V projektu tato parcela byla řešena podle geologické mapy, ale jelikož je pozemek na hranici říční nivy, je pravděpodobné, že mapa nebude odpovídat.



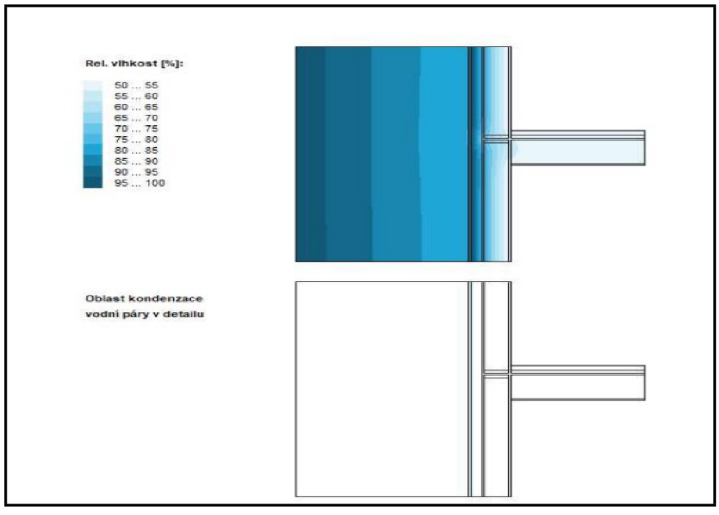
Obrázek 33 - Radonová mapa. Zdroj: geology.cz

Sice je daná část parcely zalesněna náletovými křovinami, ale díky terénní analýze, která ukázala, že se nejedná o vzrostlé stromy nebo keře o ploše vyšší jak 40 m^2, nebude potřeba povolení pro jejich likvidaci. Z terénní analýzy zároveň vyplynul předběžný rozsah zapuštění domu, kde se jako ideální jeví celkové zapuštění domu. Aby nebyl rušen ráz krajiny, bude střecha řešena jako zelená, tedy pokrytá travním porostem.

5.3 Návrh řešení

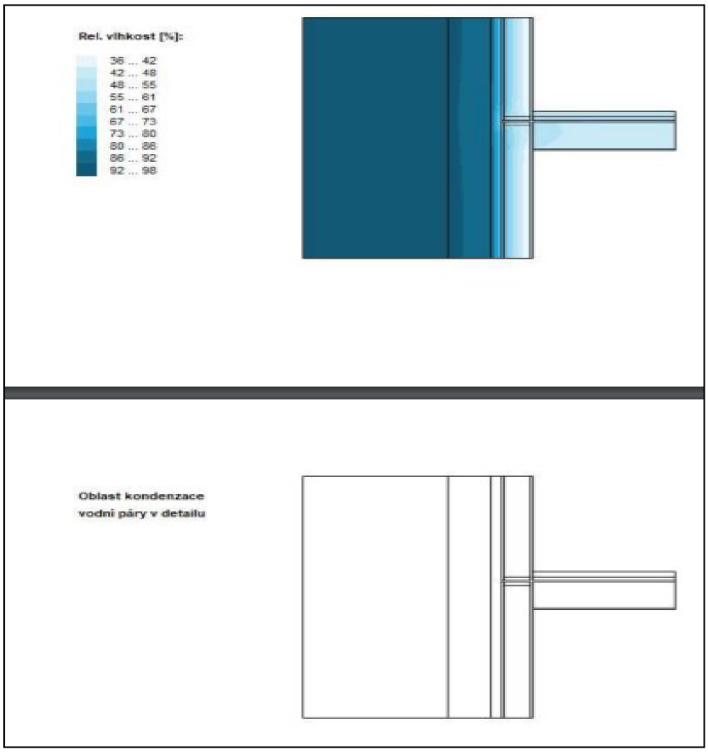
Bílá vs. černá vana

Po zaizolování konstrukce asfaltovými pásy systémem „černé vany“ vzniká kondenzace vlhkosti v konstrukci v místech, kde se nachází dřevo viz obrázek č. 34. Další komplikací byla přílišná stálá vlhkost v dřevěných prvcích, která by vedla k degradaci dřeva. Proto i po zvážení různých možností bylo od této varianty upuštěno.



Obrázek 34 - Area – vlhkost 1. Zdroj: vlastní

Dalším návrhem se stala provětrávaná mezera v místě kondenzace. Díky provětrávané mezeře nevzniká kondenzace, ale vzniká u této varianty nutnost z důvodu velkého prostoru s minimálním přísunem vzduchu na realizaci nuceného větrání vzduchové mezery. Takové řešení je sice teoreticky proveditelné, bohužel v praxi velmi těžko realizovatelné. Nejlepším návrhem se stalo řešení pomocí systému „bílé vany“ viz obrázek č. 35. U tohoto řešení nevzniká kondenzace, ovšem je nutné předcházet případným obtížím s tlakovou vodou. Proto je nutné vybudovat studnu a rozsáhlejší řešení drenáže. Drenáž je navržena s přivětrávacími průduchy nad terén v místě střechy. Výhodou tohoto návrhu je, že bude zároveň sloužit jako řešení ochrany proti radonu.



Obrázek 35 - Area – vlhkost 2. Zdroj: vlastní

Vzhledem k tomu, že dřevo neunese takové zatížení, je nutné zvětšení opěrné stěny. Tato stěna je zároveň „bílou vanou“ a bude sloužit k roznášení váhy terénu. Návrh opěrné stěny není předmětem diplomové práce. Protože má-li být návrh proveditelný, bylo by nutné udělat podrobný geologický průzkum podloží.

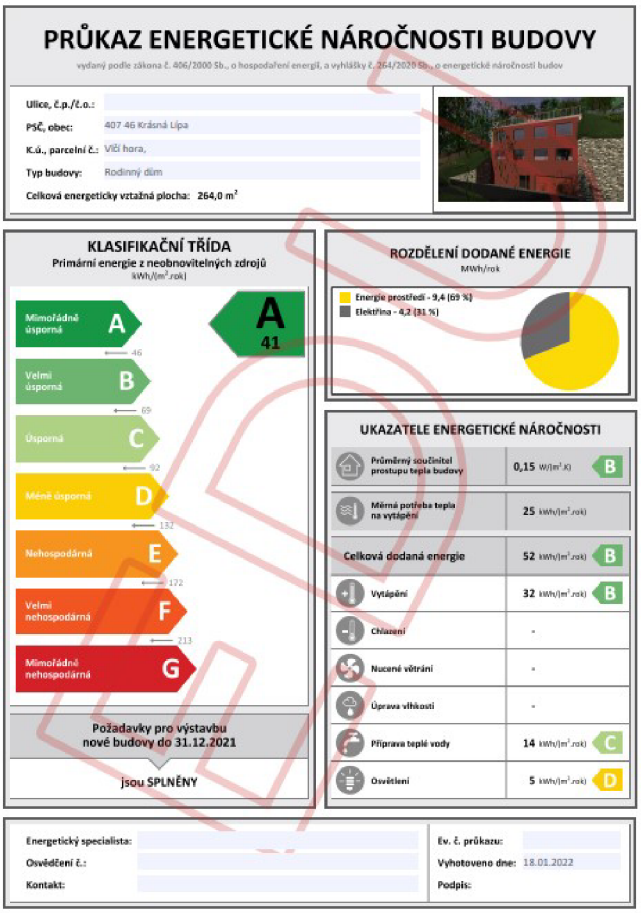
Návrh opěrné stěny

Ze závěrů při využití programu Area a konzultace se statikem vyplynulo, že je nutné udělat tloušťku opěrné stěny min. 300 mm s velkou mírou vyztužení oceli. Statický

návrh není předmětem DP a je nutné ho řešit zvlášť. Použit byl beton Perma, zmiňovaný v rešeršní části. Konstrukce domu byla navržena z panelové montáže systému Czech PAN a obložena SDK, aby splnila požadavky na požární bezpečnost staveb. V této části byly posouzeny všechny konstrukční detaily skladeb na vlhkost.

Energetika

Pro návrh vytápění, které by splňovalo požadavek na snížení energetického požadavku na vytápění a zároveň jako nejluxusnější varianta, je tepelné čerpadlo, které po posouzení snížilo náklady budovy a posunulo dům do pasivního standardu. Pro tento systém byl použit program Teplo a energie. Pro zlepšení tohoto výsledku, který i tak vychází na „A“ viz obrázek 36, by stačilo získat obnovitelný zdroj elektrické energie. Jako nejvhodnější se jeví díky ploché střeše a dobré orientaci vůči světovým stranám solární panely. Při použití několika solárních panelů by se rodinný dům dostal na nulové požadavky v rámci elektrických zdrojů.



Obrázek 36 - Průkaz energetické náročnosti. Zdroj: vlastní

Statický posudek

Statický posudek byl proveden na vybrané konstrukce – strop, střecha a stěna v 1PP. Pro tento posudek byl použit systém FIN2D a pomocné výpočty s výpočty spojů byly doplněny v programu Excel. Mezi spoje patří návrh třmenu na maximální zatížení. Dalším je návrh vrutů a otlačení OSB v místě vrutů. OSB nevychází na otlačení, proto je nutné dát za OSB dřevěný prvek, který otlačení pomůže.

Energetický posudek

Návrh 2D prvků byl vytvořen v programu TEPLO 2017. Tento výstup byl pak použit na komplexní posouzení v programu Energie 2021. Všechny konstrukční detaily byly posouzeny v programu Area 2017. V tomto programu byl optimalizován na redukci tepelných mostů.

Cena

V poslední části příloh se nachází rozpočty, které byly spočítány za pomocí programu Kubix a Kros 4. Výsledkem byla částka 10.254.545 Kč vč. DPH. Dále byl proveden podrobný rozpočet v systému Kros 4, kde vyšla hodnosta 8.766.283,23 Kč vč. DPH. Při porovnání došlo k velkému finančnímu rozdílu. Výsledky z programu Kros 4 jsou nižší, protože v programu Kubix bylo použito vyššího standardu pro návrh, na rozdíl od softwaru Kros 4, ve kterém se bral střední standart.

Výkresová část

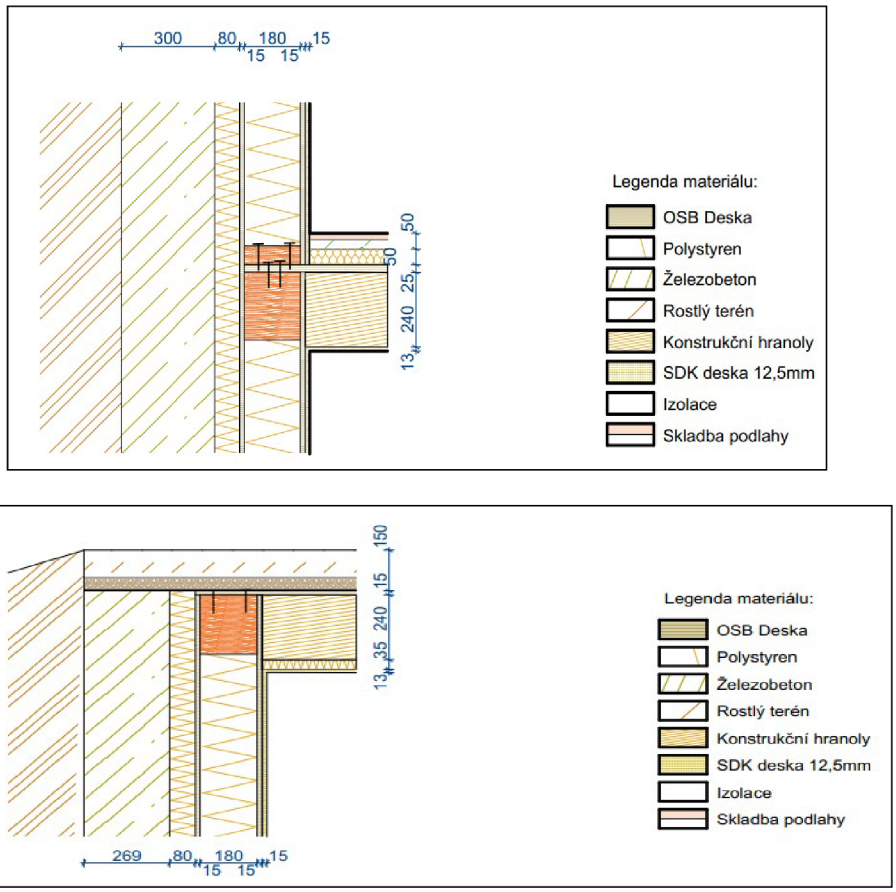
Finální vizualizace byly znázorněny pomocí dvou programů. Konstrukce a terén byl nakreslen v systému ArchiCAD. Potom byl exportován do softwarového programu Artlantis, kde byly dodány detaily a následně vyrendrovány vizualizace.

6. Výsledky

Z výsledků diplomové práce vyplývá, že částečné zapuštění domu je řešení vhodné pouze pro specifický typ parcely - tam, kde je strmý svah. Architekt nebo projektant mohou navrhnout umírněné řešení domu, které bude přírodní tvary respektovat a co nejméně narušovat ráz krajiny. Je možné říct, že takové svahy v nejlepším možném řešení určují tvar budovy. Další variantou je přizpůsobit si krajinu podle požadavku architekta. Tato možnost je realizovatelná například u rovného terénu, kde se nejdříve vykope zemina a dům se částečné zapustí do výkopové jámy pod úroveň původního terénu. V dalším kroku je vykopaná zemina využita k zahrnutí objektu. V tomto případě bude sloužit jako izolace a zároveň zmizí náklady na údržbu vnějšího pláště a odvoz zeminy. Což se jeví vhodnou variantou zvláště u přízemní výstavby. U všech takto realizovaných budov je nutná orientace velkých prosklených ploch obytných místností na jižní stranu. Jižní strana maximalizuje přísun sluneční energie a přírodního světla do objektu. Naopak jako nevýhodné by se jevilo umístění užitných místností na jižní stranu. U nich je vhodná orientace na severní stranu, kde takový požadavek na přirozené světlo není. Pro danou parcelu byl zvolen kvůli extrémnímu spádu vícepodlažní objekt o třech podlažích. Patro sloužící jako suterén obsahuje pouze místnosti s minimálním požadavkem na osvětlení. Další dvě patra už byly řešeny jako obytná a jejich dominantou je velké prosklené schodiště, které bude díky světlíku, přímo nad schodištěm, sloužit jako velký otevřený světlovod.

6.1 Konstrukční detaily

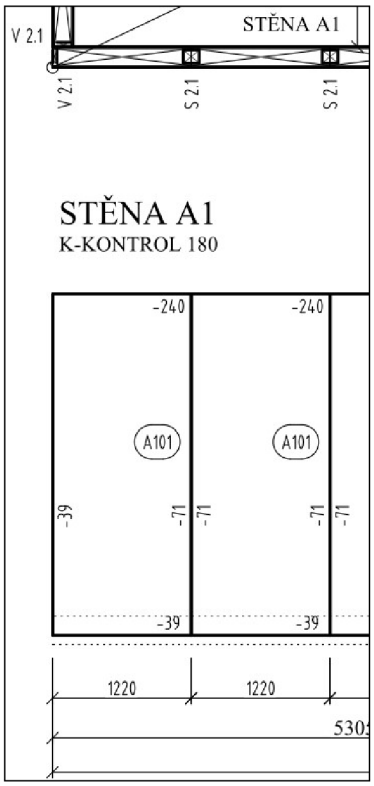
Součástí této práce jsou také konstrukční detaily včetně posudku. V konstrukčních detailech lze vidět napojení zelené střechy a stropu do stěny směrem k terénu viz obrázek 37. Rovněž lze vidět také velký lemovací prvek, do kterého je uložený BSH trám pro vodorovnou konstrukci. Tento prvek plní funkci jak opěrnou, tak vaznou jako věnec.



Obrázek 37 - Konstrukční detaily. Zdroj: vlastní

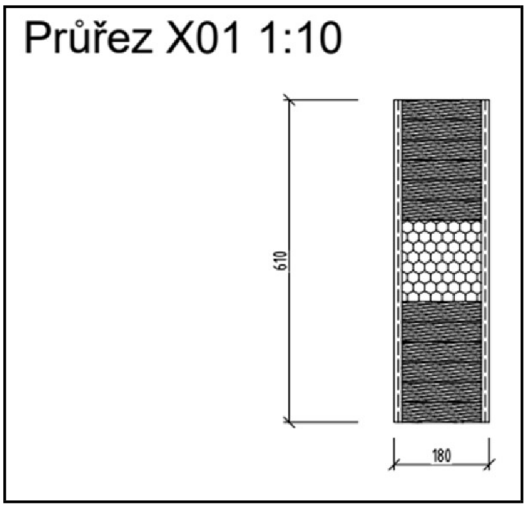
6.2 Montážní dokumentace

Z konstrukčních detailů pak bylo možné realizovat montážní dokumentaci ze systému K-Kontrol. Tato montážní dokumentace obsahuje šest výkresů. Tři výkresy jsou výkresy podlaží. V nich jsou nakresleny pohledy na stěny. Tyto pohledy jsou orientovány tak, aby při natočení výkresu k montážníkovi byl výkres použitelný a lehce čitelný. Zároveň na stěnách jde vyčíst číslo panelu, které slouží pro jasné vybrání panelu a přesné umístění. Další důležitou informací, která lze vyčíst z pohledu na stěny je velikost vypálení drážky do panelu. Toto pálení je značeno například „-71“ a je ze všech čtyř stran kolem všech panelů. Jednotky pálení jsou v milimetrech. Na pohledu se dá vyčíst ještě výška čisté podlahy a výška založení, které jsou značeny tečkovanou čarou.



Obrázek 38 - Montážní dokumentace půdorysu. Zdroj: vlastní

Z půdorysu poslední důležitou informací je značení lemovacích prvků, které jsou označeny jejich zkratkou. Například „V 2.1“ je vložený lemovací prvek KVH o rozměru 40/140 mm.



Obrázek 39 - Detail boxbeamu. Zdroj: vlastní

Důležitým prvkem, který je možné nalézt na výkresu je detail „boxbeamu“. Tento prvek je celý udělán jako prefabrikát a na stavbu je dovezen vcelku. Slouží jako sbíjený

nosný profil, který díky použití lemovacích hranolů a prefabrikaci sníží cenu, která v porovnání s konkurenčním řešením v podobě BSH hranolu má pouze zlomkovou hodnotu.

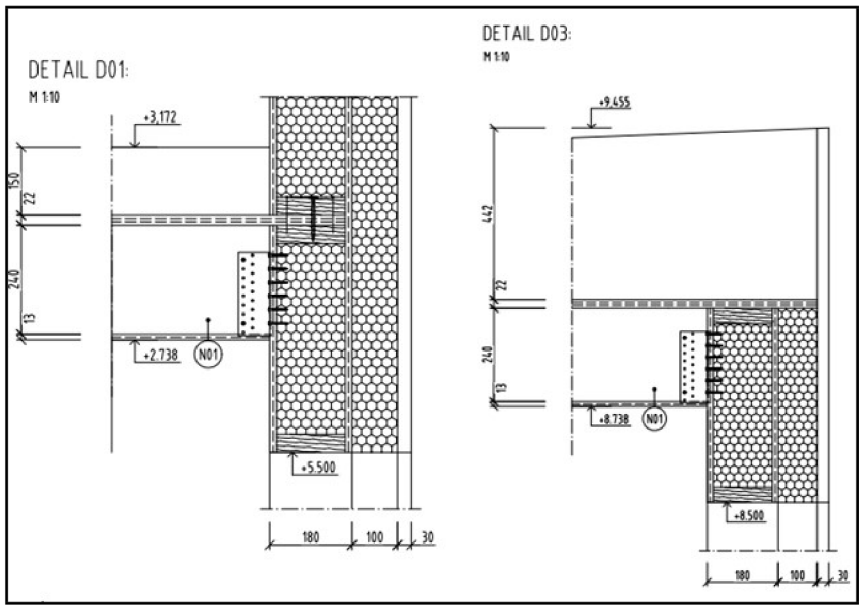
Nejdůležitější částí výkresu je soupis materiálu, který slouží jako seznam kompletního materiálu, který je potřeba pro realizaci zakreslených konstrukcí

MATERIÁL:

POZICE	NÁZEV	POZNÁMKA	DÉLKA [mm]	MNOŽSTVÍ
	PRAŽEC TLAK. IMPREGNOVANÝ SMR 80/170		4000	9 ks
	LEMOVACÍ HRANOL SMR 38/140		6000	24 ks
T07	DUO NSi SMR 140/240		5000	1 ks
T08	DUO NSi SMR 140/240		2000	1 ks
	DUO NSi SMR 140/240		13 360	2 ks
	DUO NSi SMR 140/140		2922	14 ks
	ZÁVITOVÁ TYČ POZINKOVANÁ M12 x 1000			16 ks
	MATICE ŠESTIHRANNÁ POZINKOVANÁ M12			48 ks
	PODLOŽKA VELKOPLOŠNÁ POZINKOVANÁ M12			48 ks
	ZAKLÁDACÍ PODLOŽKA 3,0x 40/153			396 ks
	CHEMICKÁ KOTVA FISCHER FIS VT 300 T			6 ks
	SPONY K-KONTROL 11/44			4860 ks
	K-KONTROL 180			87,66 m²
	K-KONTROL 180 E			14,64 m²
	K-KONTROL BOXBEAM 180 TYP 3			3,1 m²
	K-KONTROL PU PĚNA 870 ml			12 ks
	K-KONTROL PU LEPIDLO D4G 750 ml			13 ks
	PU ČISTIČ 500 ml			3 ks
	ROZPÍNAVÁ MALTA BAYOSAN QM 120			12 ks
	VRUT K-KONTROL RAPID SK 6,0x 80/48			576 ks
	VRUT K-KONTROL RAPID SK 8,0x 240/84			32 ks
	D-TACK TACOPRO 50 40 m			9 ks
	D-TACK TACOFLEX 50 25 m			8 ks
	D-TACK TACOFLEX 150 DL 25 m			4 ks

Obrázek 40 - Výpis materiálu. Zdroj: vlastní

Dalším výstupem montážní dokumentace je výkres vodorovné konstrukce. Stěžejním přínosem tohoto výkresu je rozmístění trámů a popsání trámové výměny. V daném případě se jedná o trámovou výměnu v místě schodiště. Na tomto výkresu se dá nalézt detail napojení na svislé konstrukce.

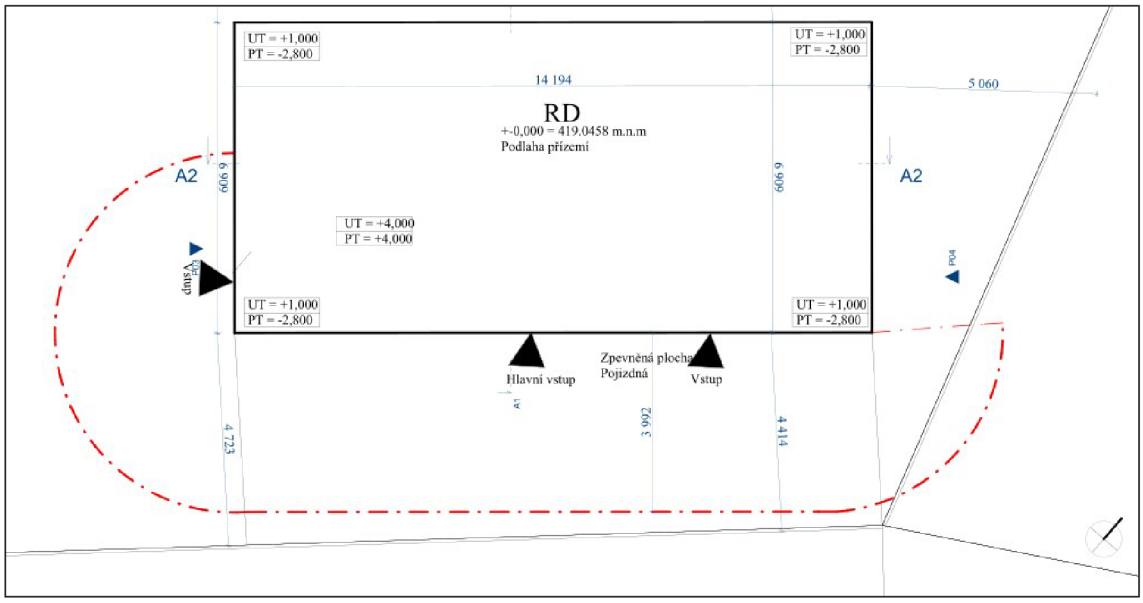


Obrázek 41 - Montážní detaily. Zdroj: vlastní

V přiložených detailech je vzorový výkres napojení stropu a střechy na svislé konstrukce. Tento detail slouží jako pomocný pro montáž a dají se z něj vyčíst správné výšky a způsob uložení třmenu.

6.3 Požární bezpečnostní řešení

Požární bezpečnostní řešení je v rámci rodinného domu navrhovaném pro čtyřčlennou rodinu. Proto se jedná o objekt v návrhové skupině OB1.



Obrázek 42 - Výkres požárně odstupové vzdálenosti. Zdroj: vlastní

Z obrázku 42 je možné vidět odstupové vzdálenosti značené červenou čerchovanou čarou od objektu vyznačené plnou černou čarou. Zároveň z obrázku jde vyčíst vstupy do objektů značené trojúhelníkem. Všechny nosné konstrukce jsou řešeny jako DP2, tedy konstrukce na bázi dřeva obložené nehořlavým materiálem resp. SDK 12,5 mm.

6.4 Statická část

Ve statické části byly navrženy tři nosné prvky, dva vodorovné prvky, stropu a střechy a jeden sloup, všechny vyhovují. Další posuzovanou částí jsou spoje. Mezi tyto spoje patří návrh třmenu, vrutů a posudek otlačení OSB vruty. Návrh otlačení nevyhoví a z tohoto důvodu je nutné vložit za OSB dřevěný prvek, který otlačení vynese.

6.5 Rozpočet

Poslední částí je rozpočet. Celkové náklady na stavbu činí 8.800.000 Kč.

Stavba: **Diplomova prace**

Objednatel:
Zhotovitel:
Místo: Krasna Lipa

Kód	Zakázka	Cena bez DPH	DPH snížené
DP	Diplomova prace	7 622 854,98	1 143 428,25
DPS01	zaklady	1 436 286,71	215 443,01
DPS02	Hrubá stavba	2 087 798,12	313 169,72
DPS03	ing. sítě	672 244,96	100 836,74
DPS04	Kompletace	2 491 175,93	373 676,39
DPS05	Terénní úpravy	684 755,50	102 713,33
DPS06	Altán	250 593,76	37 589,06
	Celkem	7622854,98	1143428,25

Obrázek 43 - Rozpočet. Zdroj: vlastní

7. Diskuze

Primárním cílem této diplomové práce bylo vypracování montážní dokumentace rodinného domu, který by umožňoval nadstandardní bydlení s minimálními náklady. Proto byl základním požadavkem návrh nízkoenergetického domu částečně zapuštěného do terénu. Díky tomuto systému byly sníženy nároky na energie. Na stavbu byl použit systém panelové montáže z dřevěných materiálů a materiálů na bázi dřeva, splňujícího požadavky stavebních norem a obecných zásad pro navrhování budov. Součástí práce jsou montážní výkresy půdorysu podlaží, konstrukční detaily napojení krovu na stěnu, stěny na strop a stěny na základ. Všechny tyto detaily byly posouzeny na kondenzaci vodních par, tok vodních par a tepelný tok. Všechny tyto prvky byly optimalizovány tak, aby vyhověly daným kritériím konstrukcí stropu, stěn, střechy a základů.

Před zahájením návrhu domu bylo nutné vybrat vhodnou lokalitu pro umístění objektu. Dům byl situován na parcelu poblíž obce Vlčí Hory v Krásné Lípě. Rozměry, plocha a svažitost zvoleného pozemku byly klíčové faktory pro návrh dispozice domu a orientace místností ke světovým stranám. Proto byl zvolen obdélníkový tvar základů, delší strana je rovnoběžná s vrstevnicemi. Výška domu byla navržena podle spádu terénu na tři podlaží o konstrukční výšce tří metrů. Tato výška vychází z rozměrů OSB desky 3000x1220 mm. Rozměry a plochy všech místností byly orientačně plánovány podle normy ČSN 73 4301.

Výsledný půdorysný tvar domu vychází z těchto parametrů a společně s velkými prosklenými plochami orientovanými na jižní stranu zajišťuje maximální prosvětlenost všech přilehlých místností. Protože zbylé strany jsou zapuštěny do země, nedochází k ochlazování ze studenějších stran, hlavně ze strany severní. V zapuštěné stavbě je díky okolnímu terénu stálá teplota, proto je v chladnějším počasí možné v rodinném domě ji zvyšovat o méně stupňů, než kdyby nebyl dům zapuštěný. Při posouzení tohoto řešení v programu Energie vyšel pasivní standard domu v kombinaci s tepelným čerpadlem. V praxi by bylo možné tento stav ještě zlepšit pomocí získávání elektřiny ze solárních panelů, které by byly schopny pokrýt požadavky na minimální teplotu a zahřát užitkovou vodu.

Dalším stěžejním parametrem pro srovnání s ostatními domy je cena. Kalkulace podle přesnějšího rozpočtu v programu Kros 4 byla vypočítána na 8.800.000 Kč. Tato cena v porovnání se standardním rodinným domem je dvojnásobná. Ovšem zvážíme-li podlahovou plochu 88 m^2, činí celková podlahová plocha ve třech patrech 264 m^2. Tato

plocha je srovnatelná se třemi plochami rodinných domů a navíc je řešena v pasivním standardu. Při hrubém výpočtu obestavěného prostoru 90 m na jedno patro a 3 m konstrukční výšky odpovídá celkovému objemu o 810 m^3 obestavěného prostoru. Což je cena 10.864 Kč za m^3 v aktuálním ceníku. Pro srovnání, portál České stavební standardy uvádí, že cena za dřevěný rodinný dům na začátku roku 2021 činí 8.665 Kč/m^3. Při zohlednění skokových nárůstů cen za minulý rok se dá mluvit o stejné částce za podstatně nižší standard.

8. Závěr

Záměrem diplomové práce bylo vytvořit návrh kompletní montážní dokumentace rodinného domu, který měl být částečně zapuštěný v zemi. Tomuto domu byla vybrána reálná parcela v krajině poblíž Národního parku České Švýcarsko.

V první části je řešena projektová dokumentace, která obsahuje zpracování návrhu objektu včetně základní charakteristiky stavby. Na tuto stavbu byly použity na nosnou část konstrukce dřevo a materiály na bázi dřeva. Daným podmínkám stavby nejlépe vyhověl lokální dodavatel konstrukčního systému firma Czech PAN.

V druhé části bylo zpracováno stavebně konstrukční řešení stavby s posouzením statického návrhu vybraných částí konstrukce. Z důvodu velkého spádu terénu a zlepšení energetické bilance domu bylo výhodné navrhnout rodinný dům částečně zapuštěný do svahu.

Ve třetí části byly řešeny konstrukční detaily. Důležitým konstrukčním požadavkem na návrh a posouzení skladby na bázi dřeva bylo, aby ji bylo možné použít v přímém kontaktu se zeminou. Tato skladba byla navržena v několika programech z mnoha úhlů pohledů a kritérií. Skladba vyhovuje všem požadavkům a díky tomu se jedná o ojedinělé řešení této problematiky, které je veřejně dohledatelné a neslouží jako know-how jakékoliv privátní firmy.

Dalším cílem práce bylo navrhnout a zasadit dům vhodně do terénu tak, aby ze tří zapuštěných stran nijak nezasahoval do rázu krajiny. Dominantou objektu se stala jižní strana, která není jako jediná zapuštěna. Na tento projekt byly použity nejmodernější technologie. Ty vycházely z dohledaných podkladů firem a z příkladů staveb řešící stejnou problematiku. V kombinaci s úsporou energie díky zapuštění do země posunuly tento rodinný dům na pasivní standard skloubený s vysokým luxusem. Tím, že dům je zapuštěný do terénu se zajistí teplotní stálost objektu, což má pozitivní přínos na snížení nákladů na ohřev a chlazení objektu.

Výstupy z praktické části diplomové práce jsou shrnuty do posteru. Není velká šance na širší využití celého projektu, protože řešení tohoto ojedinělého problému mělo za následek vzrůst ceny objektu. Přesto je velkým přínosem v návrhu funkční skladby, která se dá použít i na jiné objekty, u nichž je jako u této stavby požadavek na zapuštění domu do terénu a zároveň je kladen požadavek na využití obnovitelných zdrojů.

9. Použité zdroje

9.1 Knihy

BÖHM, Martin; REISNER, Jan; BOMBA, Jan. *Materiály na bázi dřeva*. 1. vydání. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2012. 183 s. ISBN 978-80-213-2251-6.

Dřevěné konstrukce a energeticky úsporné dřevostavby: sborník příspěvků a prezentací studentské vědecké konference: 10.5.2018. [Praha]: České vysoké učení technické, 2018. ISBN 978-80-01-06468-9.

GIVONY, Baruch; KATZ, Leon. *Earth temperatures and underground buildings, Energy and Buildings*. ISSN 0378-7788.

HAVÍŘOVÁ, Zdeňka. *Dům ze dřeva*. 2. vyd. Brno: ERA, 2006. Stavíme. ISBN 80-7366-060-1.

JODIDIDO, P. *100 Contemporary Wood Buildings*. Kolín nad Rýnem: Taschen, 2019.

KOLB, Josef. *Dřevostavby: systémy nosných konstrukcí, obvodové pláště*. Praha: Grada, 2008. ISBN 978-80-247-2275-7.

KRÄMER, Volker. *Dřevěné konstrukce: příklady a řešení podle ČSN 73 1702*. Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě vydalo Informační centrum ČKAIT, [2011]. ISBN 978-80-87438-16-9.

KUKLÍK, Petr. *Dřevěné konstrukce*. Praha: Česká technika - nakladatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03310-4.

Lanl Sustainable Design Guide. National Institute of Building Sciences. December 2002, LA-UR 02-6914.

MCMULLIN, P.W., PRICE, J.S. 2016. Introduction to Structures. Routledge. ISBN 1317570944, 9781317570943.

NOVOTNÝ, Jan. *Cvičení z pozemního stavitelství pro 1. a 2. ročník: Konstrukční cvičení pro 3. a 4. ročník SPŠ stavebních*. Praha: Sobotáles, 2007. ISBN 978-80-86817-23-1.

PAVLIS, Jaroslav. *Cvičení z pozemního stavitelství*. Praha: Sobotáles, 1995. ISBN 80-901684-9-3.

REINPRECHT, Ladislav. *Ochrana dreva: vysokoškolská učebnica*. Vo Zvolene: Technická univerzita, 2008. ISBN 978-80-228-1863-6.

SMOLA, Josef. *Stavba a užívání nízkoenergetických a pasivních domů*. Praha: Grada, 2011. Stavitel. ISBN 978-80-247-2995-4.

SÝKORA, Jaroslav. *Architektonické kreslení*. Vyd. 2., přeprac. V Praze: České vysoké učení technické, 2008. ISBN 978-80-01-04115-4.

ŠÁLA, Jiří a Milan MACHATKA. *Zateplování v praxi: provádění vnějších kontaktních zateplovacích systémů*. Praha: Grada, 2002. Profi & hobby. ISBN 80-247-0224-x.

VAN DRONKELAAR, Chris. Master's thesis Underground buildings. Building Physics and Services. Eindhoven: University of Technology Department of the Built Environment, 2013.

VON MEIJENFELDT, Ernst. *Below Ground Level: Creating New Spaces for Contemporary Architecture*. Birkhäuser Basel, 2002, ISBN-10: 3764369086.

WISSLICEN, H., HILLEMEIERH, B. Zu den Arbeits- und Scheinfugen in wasserundurchlassigen Stahlbeton-Konstruktionen. Beton- und Stahlbetonbau 85, Berlin: Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften GmbH & Co. KG. 1990. ISSN 0005-9900.

9.2 Legislativní dokumenty

Česko. Ministerstvo pro místní rozvoj. Vyhláška č. 498 ze dne 10. listopadu 2006 o autorizovaných inspektorech, stavební zákon. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, částka 163/2006, s. 6866. Dostupné také z WWW: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-498>

Česko. Ministerstvo pro místní rozvoj. Vyhláška č. 499 ze dne 10. listopadu 2006 o dokumentaci staveb, stavební zákon. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, částka 163/2006, s. 6872. Dostupné také z WWW: <https://www.mmr.cz/cs/ministerstvo/stavebni-pravo/pravo-a-legislativa/stavebni-zakon/novelizace-vyhlasky-c-499-2006-sb>

Česko. Ministerstvo pro místní rozvoj. Vyhláška č. 501 ze dne 10. listopadu 2006 o obecných požadavcích na využívání území, stavební zákon. In *Sbírka zákonů České*

republiky. 2006, částka 163/2006, s. 6953. Dostupné také z WWW: <https://www.mmr.cz/cs/ministerstvo/stavebni-pravo/pravo-a-legislativa/archiv-sekce-pravo-a-legislativa/provadeci-vyhlasky-k-zakonu-o-uzemnim-planovani-a>

Česko. Ministerstvo pro místní rozvoj. Vyhláška č. 503 ze dne 10. listopadu 2006 o podrobnější úpravě územního řízení, veřejnoprávní smlouvy a územního opatření, stavební zákon. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, částka 163/2006, s. 6962. Dostupné také z WWW: <https://www.mmr.cz/cs/ministerstvo/stavebni-pravo/pravo-a-legislativa/archiv-sekce-pravo-a-legislativa/provadeci-vyhlasky-k-zakonu-o-uzemnim-planovani-a>

Česko. Ministerstvo pro místní rozvoj. Vyhláška č. 526 ze dne 22. listopadu 2006, kterou se provádějí některá ustanovení stavebního zákona ve věcech stavebního řádu**,** stavební zákon. In *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, částka 170/2006. Dostupné také z WWW: <https://www.mmr.cz/cs/ministerstvo/stavebni-pravo/pravo-a-legislativa/archiv-sekce-pravo-a-legislativa/provadeci-vyhlasky-k-zakonu-o-uzemnim-planovani-a>

9.3 Technické normy

ČSN 73 0532 *Akustika - Hodnocení zvukové izolace stavebních konstrukcí a v budovách. Požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2010. 24 s.

ČSN 73 0540-2 *Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011. 56 s.

ČSN 73 0540-2 *ZMĚNA Z1 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012. 4 s.

ČSN 73 1702 *Navrhování, výpočet a posuzování dřevěných stavebníchkonstrukcí - Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 174 s.

ČSN 73 4108 *Šatny, umývárny a záchody*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 44 s.

ČSN 73 4301 (734301). *Technické normy ČSN. Bezpečnostní tabulky.* | *TECHNOR print, s.r.o. Hradec Králové* [online]. Copyright © 2020, TECHNOR print, s.r.o., Československé armády 216 [cit. 14.02.2022]. Dostupné z: https://www.technicke-normy-csn.cz/csn-73-4301-734301-223541.html

ČSN 74 3305 *Ochranná zábradlí*. Praha: Český normalizační institut, 2008, 24 s.

ČSN 74 4130 *Schodiště a šikmé rampy – základní požadavky.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010, 28 s.

ČSN EN 14080. *Dřevěné konstrukce - Lepené lamelové dřevo a lepené rostlé dřevo: Požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2013, 88 s.

ČSN EN 1995-1-1. Eurokód5: *Navrhování dřevěných konstrukcí: Část 1-1: Obecná pravidla - Společná pravidla a pravidla pro pozemní stavby*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 114 s.

ČSN EN 1995-1-2. Eurokód5: *Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 1-2: Navrhování konstrukcí na účinky požáru*. Praha: Český normalizační institut, 2006, 68 s.

ČSN EN 1995-2. *Navrhování dřevěných konstrukcí – Část 2: Mosty*. Praha:

ČSN EN 206 +A2 (732403*). Beton - Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda* - říjen 2021 - Technické normy - Ing. Jiří Hrazdil. *Prodej norem ČSN* [online]. Copyright © 2003 [cit. 14.02.2022]. Dostupné z: https://shop.normy.biz/detail/513231

ČSN EN 335-1. *Trvanlivost dřeva a materiálů na jeho bázi. Definice tříd. Ohrožení biologickým napadením.: Část 1: Všeobecné zásady*. Praha: Český normalizační institut, 1994, 8 s.

ČSN EN 335-2. *Trvanlivost dřeva a materiálů na bázi dřeva. Definice tříd použití: Část 2: Aplikace na rostlé dřevo*. Praha: Český normalizační institut, 2007, 16 s.

ČSN EN 338. *Konstrukční dřevo: Třídy pevnosti*. Praha: ÚNMZ, 2010, 12 s

9.4 Články v elektronických periodikách

Jak se dělá luxusní bydlení? | Living.cz. Living.cz | Vše o bydlení, nábytku a rekonstrukcích [online]. [Datum citace 12.5.2010]. Dostupné z WWW: https://www.living.cz/jak-se-dela-luxusni-bydleni/

NĚMCOVÁ, Lucie. Dřevostavby. Dřevostavby, časopis o bydlení – DřevoStavby-Portál [online]. Copyright © 2022 Kladenská 107, Praha 6 [cit. 22.01.2022]. Dostupné z WWW: https://www.drevoastavby.cz/

BUTLER, Katelin. Phillip Island House (1983) revisited Houses magazine Revisited series. Dostupné z WWW: https://architectureau.*com/articles/phillip-island-house-by-denton-corker-marshall/*

9.5 Články na webových portálech

10,000 Square Foot Underground Bunker Will Remain Forever | Home Design Find. Home Design Find - Interior Design, Architecture, Modern Furniture [online]. Copyright © 2008 [cit. 23.01.2022]. Dostupné z WWW: http://www.homedesignfind.com/green/10000-square-foot-underground-bunker-will-remain-forever/

ANDO, Tadao. Art Naoshima Japan by Tadao Ando. Light and Water. galinsky [online]. Dostupné z WWW: http://www.galinsky.com/buildings/naoshima/index.htm

BAMBASOVÁ, Petra. Rodinný dům. Vysoké učení technické v Brně [online]. Copyright © [cit. 22.01.2022]. Dostupné WWW: https://www.vut.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=89264

BARKER, Michael. Using the earth to save energy: Four underground buildings. Tunnelling and Underground Space Technology 1 (1986): 59-65. Dostupné z WWW: https://www.semanticscholar.org/paper/Using-the-earth-to-save-energy%3A-Four-underground-Barker/8c0357b9ee639de3a660cb63e7b056c65968ac68#citing-papers

Cenové ukazatele ve stavebnictví pro rok 2021[online]. Dostupné z WWW: http://www.stavebnistandardy.cz/doc/ceny/thu_2021.html?fbclid=IwAR2P5Zvf01vKQ8MQ2ktvbVaDcWgdH7294DaM4Wl-JZ_mOeiqzrVSS0XXnng

CIHLÁŘ, Jiří, HAZUCHA, Juraj. Pasivní domy. Základy návrhu, principy. Centrum pasivního domu [online]. Brno © 2007 Centrum pasivního domu. Dostupné z WWW: Microsoft Word - 02_zaklady.doc (biom.cz)

ČECHOVÁ, Jitka. Budovy pro bydlení, základní zásady pro navrhování, investice do rozvoje vzdělávání - PDF Stažení zdarma. Představujeme Vám pohodlné a bezplatné

nástroje pro publikování a sdílení informací. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 22.01.2022]. Dostupné z WWW: https://docplayer.cz/1933781-Budovy-pro-bydleni-zakladni-zasady-pro-navrhovani-investice-do-rozvoje-vzdelani.html

DENTON, CORKER, MARSHALL. Marshall House by Denton / Corker / Marshall | Detached houses. The platform for architecture and design | Architonic [online]. Dostupné z WWW: https://www.architonic.com/en/project/denton-corker-marshall-marshall-house/5100501

FRITZ, Susanne. Camouflage Architecture: underground buildings. The platform for architecture and design | Architonic [online]. Copyright © Denton Corker Marshall [cit. 23.01.2022]. Dostupné z WWW: https://www.architonic.com/en/story/susanne-fritz-camouflage-architecture-underground-buildings/7000497

Grand Designs | Earth Shelter | Channel 4 - YouTube. YouTube [online]. Copyright © 2022 Google LLC [cit. 23.01.2022]. Dostupné z WWW: https://www.youtube.com/watch?v=lnD7OD2svbI

GROSS, M. D. Smart House and Home Automation Technologies. in Encyclopedia of Housing W. van Vliet (ed), Sage, 1998. Dostupné z WWW: Smart House And Home Automation Technologies (cmu.edu)

HARPE, Richard. Inside the Smart Home: Ideas, Possibilities and Methods © Springer-Verlag London Limited 2003 [online]. ISBN978-1-85233-854-1. Dostupné z WWW: Inside the Smart Home: Ideas, Possibilities and Methods | SpringerLink

HAVEL, Petr. Návrh rodinného domu systémem dřevěné rámové konstrukce. Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta. [online]. Brno, 2017 [cit. 2022-01-22]. Dostupné z WWW: https://theses.cz/id/nvzcec/. Bakalářská práce.

KAŇKA, Jan. Hodnocení proslunění budov podle ČSN EN 17037. tzbinfo. [cit. 15.03.2021]. Dostupné z WWW: https://stavba.tzb-info.cz/denni-osvetleni-a-osluneni/21986-hodnoceni-prosluneni-budov-podle-csn-en-17037

KYLAROVÁ, Jitka. Stavební zákon v praxi: elektronická příručka. Institut pro veřejnou správu Praha [online]. Copyright © [cit. 22.01.2022]. Dostupné z WWW: https://www.institutpraha.cz/obj/obsah_fck/Zahranicni%20spoluprace/Newsletter%202014%202%20rev.pdfPraha: Dashöfer, 2011-. ISSN 1804-7378.

MACSWEEN, S. J. Hebridean Earth House… luxury self-catering underground house in Askernish on South Uist . Hebridean Earth House… luxury self-catering underground house in Askernish on South Uist [online]. Dostupné z WWW: https://www.hebhide.co.uk/

MIKOLAJCAK, Pavol. The Felderhof House in Italy is bulit into the ground and topped with a green roof Inhabitat | Design For a Better World!. Inhabitat | Design For a Better World! [online]. Copyright © 2005 [cit. 22.01.2022]. Dostupné z WWW: https://inhabitat.com/the-felderhof-house-in-italy-is-built-into-the-ground-and-topped-with-a-green-roof/

Překvapivě levné bydlení v zemi – je libo hobití dům či zemljanku? Porovnej 24.cz [online]. Datum zveřejnění dne 15.5.2020. Dostupné z WWW: https://www.porovnej24.cz/clanky/prekvapive-levne-bydleni-zemi-libo-hobiti-dum-ci-zemljanku

RAISOVÁ, Iva. Rodinný dům ve svahu. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta multimediálních komunikací, Ateliér Prostorová tvorba [online]. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2015, 115 s. Dostupné také z WWW: http://hdl.handle.net/10563/33151.

SOLAŘ, Jaroslav. 14. Nízkoenergetické domy. Pozemní stavitelství IV. Operační program Rozvoj lidských zdrojů E-learningové prvky pro podporu výuky odborných a technických předmětů. Číslo projektu: CZ.O4.01.3/3.2.15.2/0326. Dostupné z WWW: 14. Nízkoenergetické domy (vsb.cz)

Stavba dřevostavby systémem two by four. Dřevostavby a bydlení | nezávislý portál Dřevostavitel [online]. Dostupné z WWW: https://www.drevostavitel.cz/clanek/two-by-four-system

ŠIROKÁ, Helena. Kanadský vizionář si postavil dům v zemi. Má celoročně stálou teplotu i optimální prosvětlení | Stavebnictvi3000.cz. Stavebnictvi3000.cz – věrohodný pohled na stavění a materiály [online]. Datum zveřejnění 05.02.2020. Dostupné z WWW: https://www.;stavebnictvi3000.cz/clanky/kanadsky-vizionar-si-postavil-dum-v-zemi-ma-celorocne-stalou-teplotu-i-optimalni-prosvetleni

VÝŠKA, Jaromír. Návrh rodinného domu ve svahu včetně technologických postupů. VŠB - Technical University of Ostrava, Fakulta stavební. [online]. Ostrava, 2013 [cit. 2022-01-22]. Dostupné z WWW: https://theses.cz/id/yxd5ck/. Bachelor's thesis.

ZAHRADNÍKOVÁ, Lenka. Domy zapuštěné v zemi skýtají mnohé výsady. Domy zapuštěné v zemi skýtají mnohé výsady - HomeInCube. Home - HomeInCube [online]. Copyright © 2017 Copyright [cit. 22.01.2022]. Dostupné z WWW: https://www.homeincube.cz/domy-zapustene-zemi-nabizi-mnoha-privilegia/

9.6 Webové stránky institucí

A Sustainable Architecture Practice. 2030 Architects [online]. Dostupné z WWW: Sustainable Design | 2030 Architects | Penrith

Archicad — Cegra. Cegra [online]. Dostupné z WWW: https://www.cegra.cz/produkty/software/archicad/

Artlantis — Cegra. Cegra [online]. Dostupné z WWW: https://www.cegra.cz/produkty/software/artlantis/

Cottages at Fallingwater - Patkau Architects. Home - Patkau Architects [online]. Dostupné z WWW: https://patkau.ca/projects/falling-water-cottages/

CUZK. Nahlížení do katastru nemovistostí [online]. [cit. 2014-04-14+. Dostupné z WWW: http://nahlizenidokn.cuzk.cz/

DEKTRADE. [online]. DEKTRADE a.s., 2014 [cit. 2014-4-10]. Dostupné z WWW: https://www.dek.cz/

FIN 2D | Výpočty statiky FIN EC | Fine. Stavební software pro statiky a geotechniky | Fine [online]. Copyright © Fine spol. s r.o., Všechna práva vyhrazena [cit. 26.01.2022]. Dostupné z WWW: https://www.fine.cz/vypocty-statiky/fin-2d/

Fjellhallen. Fjellhallen [online]. Dostupné z WWW: https://www.fjellhallen.no/turistinformasjon/

GEOFOND. Česká geologická služba: Mapový server [online]. 2011 [cit. 2014-04-05]. Dost. z WWW: http://www.geofond.cz/mapsphere/MapWin.aspx?M_WizID=24&M_Site=geofond&M_Lang=cs

K-KONTROL® – stavební systém - CZECH PAN s.r.o.. [online]. Dostupné z WWW: http://www.czechpan.cz/cz/produkty-sluzby/k-kontrol-stavebni-system/

KROS 4 - oceňování a řízení stavební výroby | URS. Úvod | URS [online]. Copyright © 2022 DEK a.s. [cit. 26.01.2022]. Dostupné z WWW: https://www.urs.cz/software-a-data/kros-4-ocenovani-a-rizeni-stavebni-vyroby

Kubix | URS. Úvod | URS [online]. Copyright © 2022 DEK a.s. [cit. 26.01.2022]. Dostupné z WWW: https://www.urs.cz/aplikace-online/kubix

LONGHI, Luis. Longhi architects [online]. Dostupné z WWW: https://www.longhiarchitect.com/

Metropolitní katedrála Nossa Senhora Aparecida. Brasilia Cathedral. [online]. Dostupné z WWW: https://catedral.org.br/historia

Národní park České Švýcarsko. Zažijte České Švýcarsko na 100% - Ubytování a Výlety na jednom místě [online]. Copyright © 2008 [cit. 23.01.2022]. Dostupné z WWW: https://www.region-ceskesvycarsko.cz/oblasti/ceske-svycarsko/?utm_source=copy&utm_medium=paste&utm_campaign=copypaste&utm_content=https%3A%2F%2Fwww.region-ceskesvycarsko.cz%2Foblasti%2Fceske-svycarsko%2F

OSB desky. Stavební dřevo | KVH Stavební [online]. Dostupné z WWW: https://www.kvh-stavebni.cz/osb-desky

Požární bezpečnost budov pro bydlení a ubytování. Vítejte na našich stránkach [online]. Copyright © pozarniochrana.netstranky.cz [cit. 30.01.2022]. Dostupné z WWW: https://pozarniochrana.netstranky.cz/temata/22-pozarni-bezpecnost-budov-pro.html

Prospekty K-KONTROL - CZECH PAN s.r.o.. [online]. Dostupné z WWW: http://www.czechpan.cz/k-kontrol/cz/ke-stazeni/prospekty-k-kontrol/

Software pro stavební fyziku | K-CAD, spol. s r.o.. [online]. Dostupné z: https://kcad.cz/cz/uvod/

The Worlds Largest Cavern Hall For Public Use - Norwegian Tunnelling Society. Wayback Machine [online]. Dostupné z WWW: https://web.archive.org/web/20110724185229/http:/www.tunnel.no/article.php?id=65

Villa Vals | gutundgut | Portfolio - Architecture and Master Plan. gutundgut - Placemaking für Tourismus, Freizeit und Kultur. [online]. Copyright © gutundgut gmbh

[cit. 23.01.2022]. Dostupné z WWW: https://www.gutundgut.ch/en/portfolio/villa-vals-en/

Vodonepropustný beton - Českomoravský beton – výroba betonu, doprava betonu a čerpání betonových směsí. Českomoravský beton – výroba betonu, doprava betonu a čerpání betonových směsí [online]. Copyright © Českomoravský beton, a.s. 2012 [cit. 22.01.2022]. Dostupné z WWW: https://www.transportbeton.cz/transportbetony/vodonepropustny-beton.html

Zeměloď. [online]. Dostupné z WWW: http://www.zemelod.cz/cz/zemelod.html

10. Seznam příloh

Příloha 1: **Stavební část**

A Průvodní zpráva	5. list
B Souhrnná technická zpráva	7. list
C Výkresy	
C1 Situační výkres širších vztahů	15. list
C2 Katastrální situační výkres	16. list
C3 Koordinační výkres	17. list
D Architektonicko-stavební studie	
D 1 Technická zpráva	18. list
D 1.1 Výkres stavební jámy	29. list
D 1.2 Výkres 1PP	30. list
D 1.3 Výkres 1NP	31. list
D 1.4 Výkres 2NP	32. list
D 1.5 Řez A_A´	33. list
D 1.6 Pohledy	34. list
D 1.7 Vizualizace stavby	35. list
D 2 Stavebně konstrukční řešení	
D 2.1 Konstrukční detail 1	36. list
D 2.2 Konstrukční detail 2	37. list
D 2.3 Konstrukční detail 3	38. list
D 2.4 Statická část	39. list
D 2.5 Výpočet zatížení	40. list
D 2.6 Návrh prvků	41. list
D 2.7 Návrh spojů	93. list
D 3 Požárně bezpečnostní řešení	95. list

Příloha 2: **Montážní část**

Výkres 1PP	103. list
Výkres stropu nad 1PP	104. list
Výkres 1NP	105. list
Výkres stropu nad 1NP	106. list

Výkres 2NP 107. list
Výkres stropu nad 2NP 108. list

Příloha 3: **Hodnotící část**

Energetická část 109. list
Protokol z Area 110. list
Protokol z Teplo 265. list
Protokol z Energie 279. list

Příloha 4: **Rozpočtová část**

Hrubý rozpočet z programu Kubix 311. list
Rozpočet z programu Kros4 315. list