

České vysoké učení technické

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ

FAKULTA STAVEBNÍ

Katedra technologie staveb



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

**Návrh pasivního domu ve fázi studie, ve
městě Horsens**

Viktor Sháněl

2017

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Martin Hlava, PhD.

České vysoké učení technické
FAKULTA STAVEBNÍ
Katedra technologie staveb

Prohlašuji, že jsem předkládanou bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

V Praze 26.5.2017

.....
Viktor Sháněl

Poděkování

Děkuji panu Ing. Martinovi Hlavovi, Phd. za odborné vedení práce díky kterému mohla tato práce vzniknout. Dále bych chtěl poděkovat panu Steen Fynbo Larsen a paní Inze Sørensen za skvělé uvedení do tohoto tématu na letní škole v Dánsku.



ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: Sháněl Jméno: Viktor Osobní číslo: 410090

Zadávající katedra: K122

Studijní program: SI

Studijní obor: Příprava, realizace a provoz staveb

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Návrh pasivního domu ve fázi studie, ve městě Horsens

Název bakalářské práce anglicky: Design of a passive house in a phase of study in the city of Horsens

Pokyny pro vypracování:

Pasportizace území

Vlastní studie objektu

Energetické výpočty

Rozpočet

Harmonogram, normál, rozbor

Posouzení návrhu v ČR

Seznam doporučené literatury:

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Martin Hlava, PhD

Datum zadání bakalářské práce: 9.11.2016

Termín odevzdání bakalářské práce: 28.5.2017

Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku

Zakrytý podpis

Podpis vedoucího práce

Zakrytý podpis

Podpis vedoucího katedry

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Beru na vědomí, že jsem povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je nutné uvést v bakalářské práci a při citování postupovat v souladu s metodickou příručkou ČVUT „Jak psát vysokoškolské závěrečné práce“ a metodickým pokynem ČVUT „O dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací“.

20. 1. 2017

Datum převzetí zadání

Zakrytý podpis

Podpis studenta(ky)

Návrh pasivního domu ve fázi studie, ve městě Horsens:

Autor se zabývá problematikou návrhu a výstavby pasivního domu. Autor použil návrh provedený na letní škole v Dánsku ve městě Horsens, kde absolvoval kurz Energy Efficient Houses, který se tímto tématem zabýval. Autor zde používá poznatky získané při tomto studiu a dále je rozvíjí. Tato práce se zabývá několika zásadními věcmi, jako třeba ventilace, konstrukční detaily, vzduchotěsnost, orientace vůči světovým stranám a zisk energie, které je potřeba při návrhu pasivního domu použít.

Klíčová slova:

Pasivní dům, Dánsko, energie, konstrukce, obnovitelné zdroje energie

Abstract:

The author deals with the problems that affects building of a passive house. The author used design which he made at a summer school in the city Horsens located in Denmark, where he succesfully finished course called Energy Efficient Houses. The author uses knowledge gained throughout the course and expands it. This bachelor thesis deals with several key elements such as ventialtion, construction details, airproofnes, positon against sun and energy gains, which are needed for proper functionality.

Key words:

Passive house, Denmark, energy, construction, renewable energy sources

OBSAH

ÚVOD.....	7
1 Pasportizace území	8
1.1 Dánsko a energie	11
1.2 Klimatické podmínky v Dánsku.....	12
1.3 Certifikační systém.....	12
1.4 Udržitelný rozvoj.....	12
1.5 Certifikace.....	13
1.6 DGNB	14
1.6.1 Způsob hodnocení	15
1.6.2 Kritéria – základní prvky certifikace.....	16
2 Předběžný návrh	17
2.1 Co je pasivní dům?	17
2.1.1 Výhody pasivního domu.....	19
2.1.2 Nevýhody pasivního domu	21
2.1.3 Historie pasivních domů.....	21
2.2 Poměr A/V	24
2.3 Prosvětlení.....	24
2.4 Proslunění – okna	27
2.5 Ventilace	29
2.6 Získávání energie.....	33
2.7 Vytápění a ohřev vody.....	34
2.8 Konstrukce	37
2.9 Výsledný návrh.....	42
2.10 Ekonomický návrh.....	43
2.11 Posouzení návrhu v ČR.....	44
ZÁVĚR.....	45
POUŽITÁ LITERATURA	46
SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK.....	48
SEZNAM PŘÍLOH	49

ÚVOD

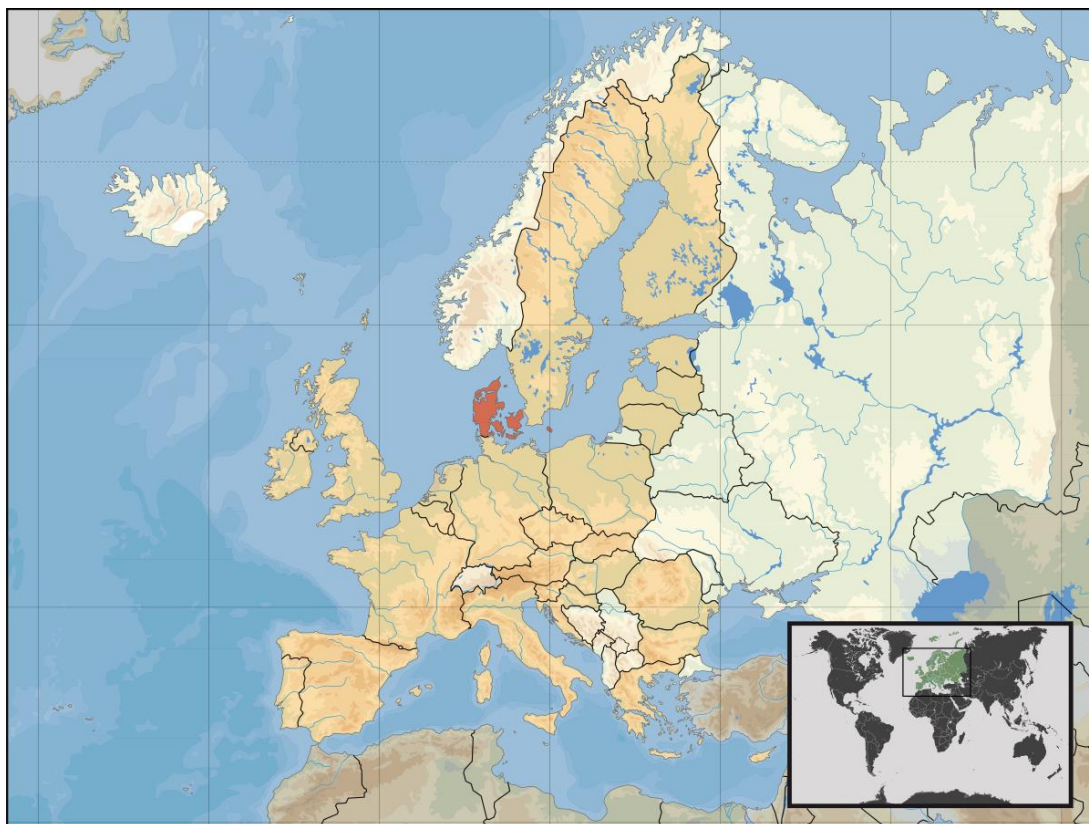
Tato bakalářská práce se zabývá tématem, které je podle mě stále víc aktuální. Nemám na mysli pasivní dům jako takový, ale ekologickou energii jako celek. Pasivní dům je jen první krok k úspěšné záchraně planety Země. Tato bakalářská práce si klade za cíl posoudit takový dům v jeho ekonomičnosti v závislosti na době trvání, ceny a výsledné úspornosti.

Touto prací pokračuji v projektu, který jsem začal dělat v Dánsku, ve městě Horsens, na letní škole. Byl to třítýdenní kurz na přelomu července a srpna, jehož tématem bylo zpracovat návrh pasivního domu jak z pohledu architektonického, tak i z pohledu energetického a stavařského. Kurz se konal na VIA University v Horsens, kde součástí kampusu je i několik realizací studentských projektů v oblasti pasivních domů. Nacházely se tam dva domy, kde u jednoho z nich byla použita, jako tepelná izolace, staré pneumatiky.

Na volný pozemek, který se nacházel poblíž města, jsme měli navrhnout pasivní dům, který odpovídá dánským kritériím pro stavbu domu v zastavěné oblasti, na pobřeží. Dům se nemohl příliš lišit od okolních staveb a samozřejmě jsme museli využít všechny dostupné technologie pro realizaci pasivního domu.

Součástí kurzu bylo i několik exkurzí, kde jsme si ukazovali, jak se tyto technologie používají v běžném provozu, abychom lépe pochopili problematiku tohoto tématu.

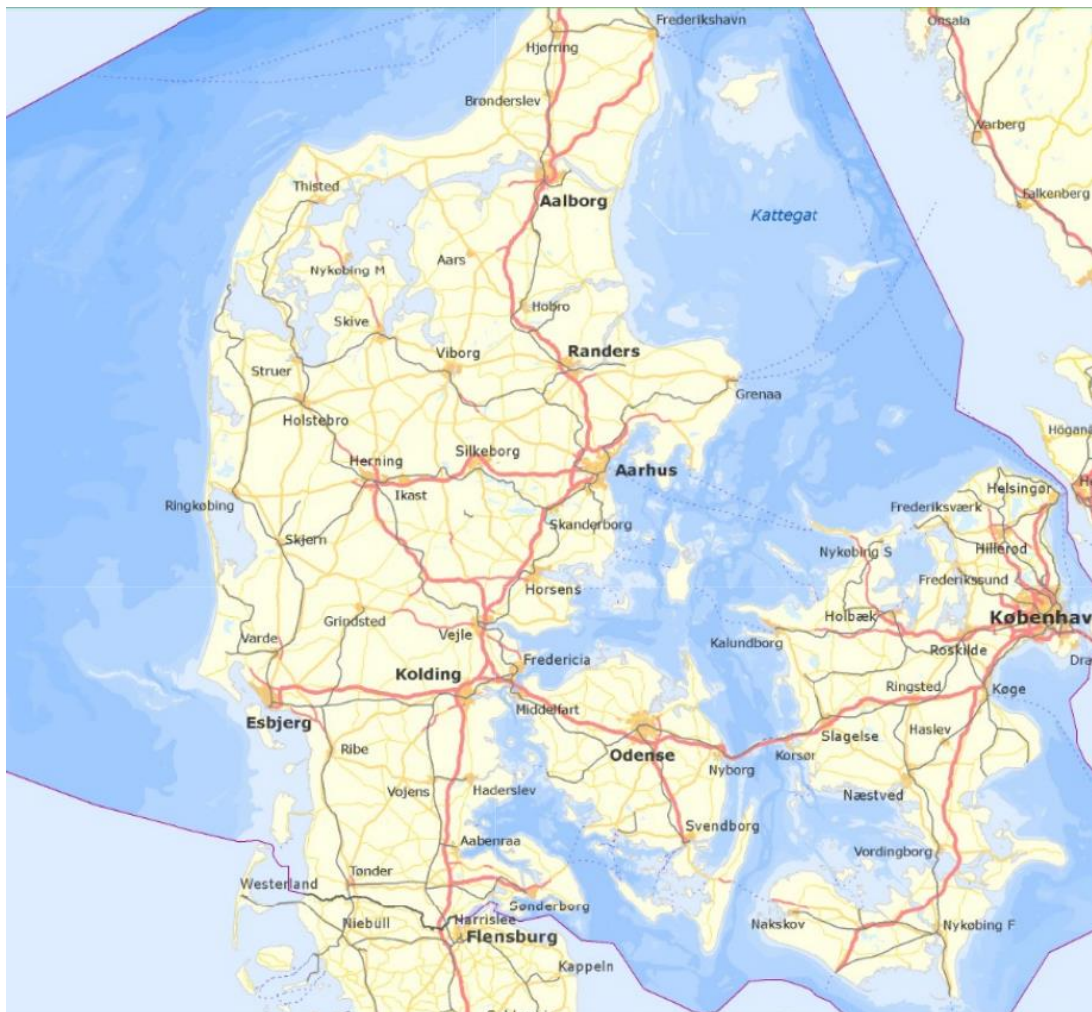
1 PASPORTIZACE ÚZEMÍ



Obrázek 1. Poloha Dánska v Evropě (www.wikipedia.org)

Dánsko je země ležící v severní Evropě. Je nejmenší ze severských zemí, ale neleží na Skandinávském poloostrově, nýbrž na Jutském poloostrově. Je tvořeno stovkami ostrovů, kde za největší zmínku stojí ostrovy Fyn a Sjaelland. Malých ostrovů se zde nachází zhruba 443 a z toho je 76 celoročně obývaných. Povrch Dánska je tvořen rovinami a nížinami a průměrná výška zde dosahuje 30 m. n. m. (1)

Horsens je město v Dánsku, administrativní centrum obce Horsens v regionu Midtjylland. Leží na východě Jutského poloostrova, na konci fjordu Horsens. Má 57 517 obyvatel. Město je to klidné bez většího ruchu.(2) Největší koncentrace ruchu se nachází v oblasti kolem university VIA Horsens, kde jsem studoval.



Obr. 2 Mapa Dánska (www.arealinfo.dk)

Pozemek, na kterém jsme měli za úkol navrhnout náš pasivní dům, se nacházel východně od města Horsens (obr. 3).



Obrázek 3. Město Horsens (www.arealinfor.dk)

Jako další obrázek přikládám přesné umístění pozemku pro lepší představu o tom, kde se tento dům nachází. Je to pozemek 26b s adresou Niels Rasmussensvej.



Obrázek 4. Pozemek (www.arealinfor.dk)

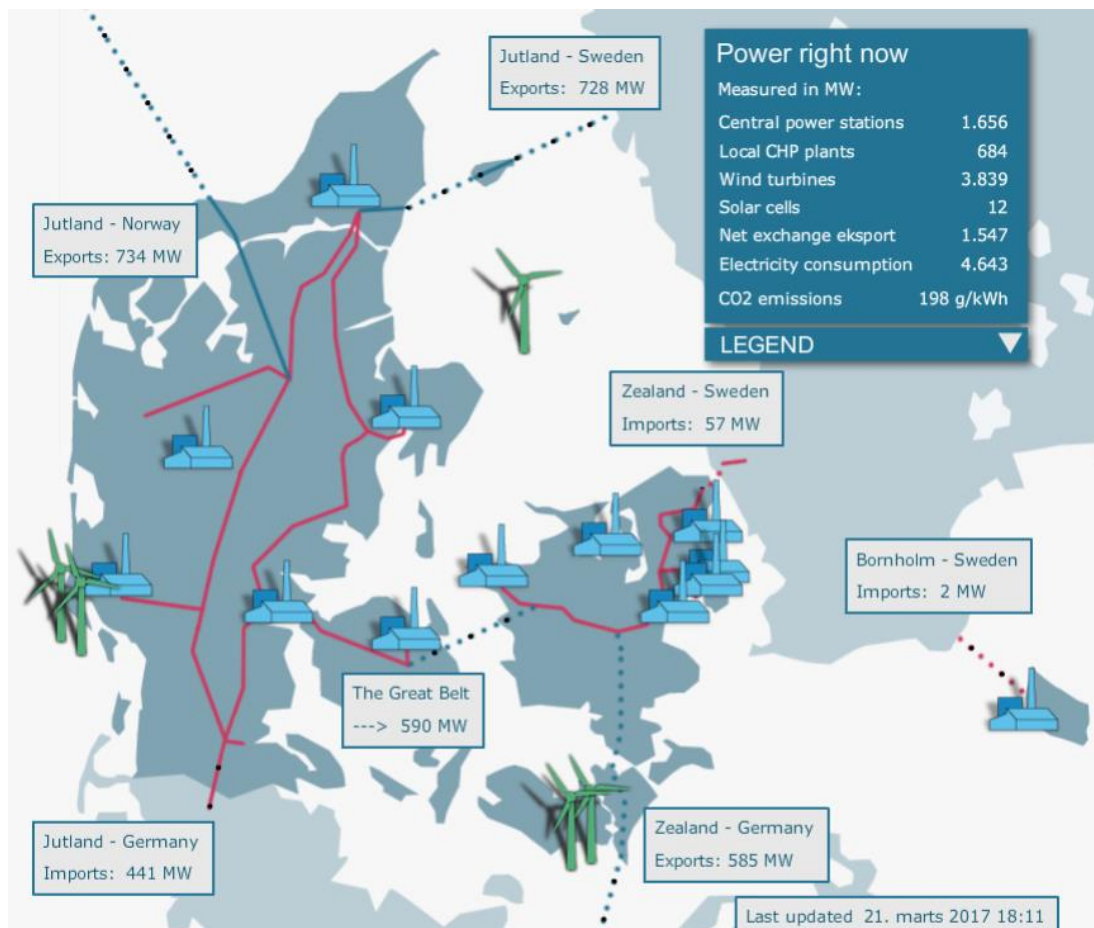
1.1 Dánsko a energie

„V Dánsku bylo za pomoci větrných turbín v roce 2015 vyrobeno 42 % veškeré elektrické energie, což je podle oficiálních údajů vůbec největší podíl, jakého se kdy nějaké zemi podařilo dosáhnout. Během větrných dní je Dánsko schopno vygenerovat až 140% vlastní spotřeby energie z větrných elektráren. Sousední země jako Německo, Norsko, nebo Švédsko se díky tomu staly odběrateli čisté energie z Dánska.

Dánsko chce do roku 2050 produkovat polovinu celkové spotřeby energie z větrných elektráren.“(4)

Jako velmi zajímavá stránka se mi jeví www.energinet.dk, kde je možné sledovat výdaje a příjmy energie v reálném čase a to s mapou importu a exportu této energie.

Přidávám obrázek aktualizovaný ke dni 21.3.2017.



Obrázek 5. Import export energie (www.energinet.dk)

1.2 Klimatické podmínky v Dánsku

„Dánsko leží v mírném podnebném pásu. Zdejší klima je oceánské a velmi proměnlivé. Teplotní rozdíly mezi dnem a nocí jsou poměrně malé. V důsledku náhlých změn směru větrů se ale ze dne na den může počasí velmi lišit. Léta jsou v Dánsku chladná, s průměrnými teplotami kolem 17°C. Zimy jsou mírné a deštivé, s teplotami kolem nuly. V Dánsku je často větrno a deštivo. Nejvíce prší v západní části Jutského poloostrova, méně pak na východě země. S deštěm se setkáte průběžně po celý rok, ale nejsilnější srážky lze čekat od konce léta a během celého podzimu.“(5)

1.3 Certifikační systém

Předtím, než zde rozepíši, jaký certifikační systém se používá v Dánsku, je potřeba si ujasnit k čemu přesně slouží.

1.4 Udržitelný rozvoj

Co je udržitelný rozvoj? V roce 1987 vydala Světová komise Organizace spojených národů pro životní prostředí a rozvoj (United Nations World Commission on Environment and Development – WCED) zprávu *Naše společná budoucnost* (Our common future), anebo také *Brundtlandská zpráva* (Brundtland report) ve které tento pojem definuje takto:

„Lidstvo má schopnost udělat vývoj udržitelný – zajistit, aby pokrývalo dnešní nároky a zároveň nepostihlo budoucí generace“ ("Humanity has the ability to make development sustainable - to ensure that it meets current needs without compromising the ability of future generations to ensure their needs.")

Na základě deklarace smluvené v Riu v roce 1992 se udržitelnost dělí na 3 stejně důležité

části:

Ekonomický, sociální a environmentální pilíř. (6)

1.5 Certifikace

Aby, byla udržitelnost měřitelná, bylo potřeba vytvořit certifikační systém, který toto dovoluje. 3 nejznámější certifikační systémy jsou **BREEAM**, **LEED** a **DGNB**. Dánsko si pro svoje potřeby vytvořilo vlastní certifikační systém, který stojí na základech DGNB a byl spuštěn v roce 2012.

*„**BREEAM** (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) je standard postupů v oblasti navrhování budov s důrazem na trvalou udržitelnost, který se stal praktickým měřítkem k popisu vlivu budovy na životní prostředí. Hodnocení BREEAM používá výkonnostní měřítka, která jsou stanovena podle zavedených kritérií. Hodnocení se týká specifikace budovy, jejího designu, konstrukce a užívání. Použitá měřítka reprezentují širokou škálu kritérií a kategorií od energie po ekologii. Zahrnují aspekty týkající se užívání energie a vody, vnitřního prostředí (zdraví a kvalita života), znečištění, dopravy, materiálů, odpadu, ekologie a řídicích procesů.*

Standard BREEAM byl poprvé publikován britskou vládní agenturou Building Research Establishment v roce 1990.

LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) byl vyvinut Americkou radou pro šetrné budovy (U.S. Green Building Council, USGBC) v roce 2000. Jde o otevřený systém založený na shodě a vedený LEED komisemi. LEED proměňuje způsob, jakým přemýšlíme o místech, kde žijeme, pracujeme a učíme se. Jako mezinárodně uznávaná značka kvality poskytuje vlastníkům a provozovatelům budov rámec k identifikaci a implementaci praktického a měřitelného návrhu, konstrukce, provozu a správy šetrných budov.

LEED zahrnuje téměř 800 milionů metrů čtverečních podlahové plochy podílející se na různých hodnotících systémech a 150 000 metrů certifikovaných denně po celém světě. LEED transformuje způsob návrhu, stavby a provozu budov – od jednotlivých domů až po celé čtvrtě a komunity. Je to komplexní a flexibilní nástroj využitelný v průběhu celého životního cyklu budovy.

Certifikace LEED poskytuje nezávislé ověření, že dům nebo soubor budov byl navrhnut a vybudován s využitím strategií zaměřených na dosažení vysokých požadavků v klíčových oblastech zdraví lidí a životního prostředí, jako jsou udržitelná

výstavba budovy, úspory vody, energetická efektivnost, výběr vhodných materiálů a kvalita vnitřního prostředí. (8)

DGNB (German Sustainable Building Council) *Německá rada pro šetrné budovy (DGNB) byla založena v červnu 2007 ve Stuttgartu. V současné době má více než 1100 členů, kteří reprezentují celý sektor stavebnictví a realitního trhu. Systém certifikace DGNB slouží jako podpora projektantům a stavebním firmám při návrhu a realizaci šetrných budov a městských částí. Současně nabízí přesnou definici udržitelnosti a umožňuje provést objektivní posouzení různých budov v různých lokalitách.*

Systém DGNB hodnotí budovu a její vlastnosti jako celek. Vlastníci budov a projektanti tak mají velkou volnost a variabilitu při dosažení těchto cílů. Jsou podporována inovativní řešení a díky své flexibilitě může být systém snadno aktualizován. Také může být snadno přizpůsoben různým technickým, kulturním nebo klimatickým podmínkám. Prostřednictvím precertifikace během procesu plánování mohou být kritéria DGNB použita k identifikaci účinných a levných opatření pro celkové zlepšení kvality budovy. Proces precertifikace také pomáhá investorům ověřit si již v počáteční fázi plánování, že výkonnostní charakteristiky budovy splňují vytyčené síle.

Systém DGNB podporuje integrovaný návrh budovy, díky čemuž nabízí potenciál pro optimalizaci celého cyklu – počínaje výstavbou, provozem až po demolici budovy na konci její životnosti. Certifikáty DGNB nabízí využití různých profilů pro každý typ budovy. Nicméně všechny budovy jsou hodnoceny stejným systematickým přístupem, což snižuje čas potřebný pro školení auditorů a usnadňuje používání systému. “ (9)

1.6 DGNB

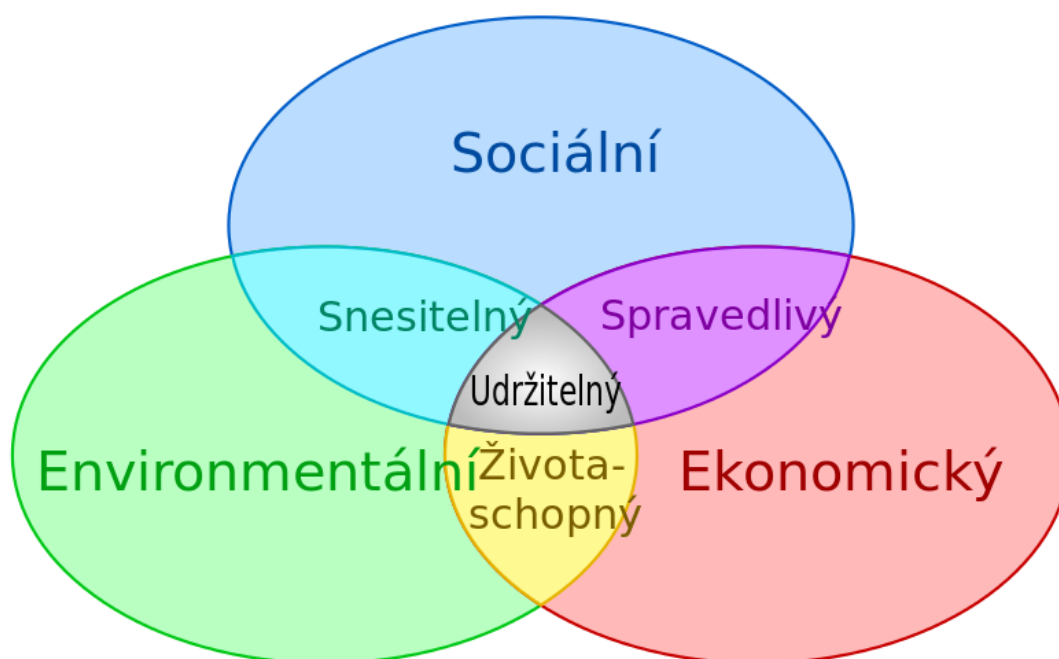
„Základ systému byl původně vyvinut pro budovy typu Nová kancelářská a administrativní budova. Od tohoto základu se postupně vyvinuly další profily a schémata pro zcela odlišné typy budov. Jako certifikace druhé generace se systém DGNB vyznačuje velmi vysokou mírou flexibility. Základem hodnocení je seznam hlavních kritérií definovaných na základě shody velké skupiny odborníků z mnoha různých oborů. V závislosti na typu budovy je při hodnocení těmito kritériím

přidělována různá váha podle specifických faktorů. Každý profil použití – tedy každý typ budovy – má vlastní váhové matice a je optimálně přizpůsoben svému specifickému použití.

Hodnotí se tyto oblasti: ekologické, ekonomické, sociálně-kulturní a funkční aspekty, technické parametry, procesní kvalita a lokalita.

Těchto šest oblastí se zvažuje pro celkové hodnocení budovy podle určitých, předem definovaných kritérií. Ekonomické, ekologické, sociálně-kulturní a funkční a technické aspekty mají pro každou tuto oblast k dispozici 22,5 % z celkového hodnocení budovy. Procesní aspekty kvality mohou přispět zbývajícími 10 %. Při hodnocení budov není hledisko lokality zahrnuto v celkovém hodnocení, ale hodnotí se samostatně. U městských částí je toto hledisko samozřejmě nedílnou součástí celkového hodnocení.“

(9)



Obrázek 6. Základní pilíře (www.wikipedia.org)

1.6.1 Způsob hodnocení

„Každá ze šesti hodnocených oblastí se dělí podle několika kritérií, jako je např. energetická náročnost, akustické vlastnosti nebo zastavěnost prostoru. Pro každé kritérium jsou definovány konkrétní cílové hodnoty. Jsou pro něj také specifikovány

metody měření a dokumentace potřebná pro ověření plnění cílů. Kromě toho má každé kritérium definováno specifický váhový faktor podle typu certifikačního schématu (profilu). Tento faktor odráží význam daného kritéria pro společnost a s ohledem na daný typ použití certifikace. Podle míry splnění jednotlivých kritérií lze získat bronzový, stříbrný nebo zlatý certifikát. Kvalita budovy se také vyjadřuje v procentech, a to jak její celkové hodnocení, tak hodnocení jednotlivých oblastí.“ (9)

1.6.2 Kritéria – základní prvky certifikace

„Při vývoji systému certifikace se definuje šest hodnoticích oblastí tak, že každá z nich obsahuje různá kritéria reprezentující danou oblast udržitelné výstavby. Verze 2010 schématu certifikace DGNB Nové kancelářské a administrativní budovy je například založena na 48 kritériích. Z nich 42 kritérií se týká vlastností budovy a šest lokality, která se však hodnotí samostatně.

Mezi kritéria z oblasti ekologických aspektů patří například potenciál globálního oteplování, rizika pro životní prostředí, šetrné využívání zdrojů/dřeva, spotřeba primární energie a podíl obnovitelných zdrojů. Hodnocení ekonomických aspektů se zaměřuje především na náklady související s životním cyklem, zatímco z hlediska sociálně-kulturních a funkčních aspektů se hodnotí faktory, jako jsou tepelný a akustický komfort, kvalita vnitřního vzduchu, dostupnost veřejnou dopravou, ale také zajištění přístupu pro handicapované osoby a aspekty bezpečnosti.

Technická kvalita stavby se odráží v kritériích, jako jsou požární bezpečnost, snadné čištění a údržba, zvuková izolace a těsnost obvodového pláště. Integrovaný návrh je důležitým předpokladem udržitelnosti budovy, proto hodnocení oblasti procesní kvality zahrnuje kvalitu procesu plánování i proces výstavby. Poslední, ale ne nepodstatná oblast hodnocení – lokalita – posuzuje takové aspekty, jako jsou rizika mikroprostředí, stav lokality a jejího okolí, dostupnost a vzdálenost prvků občanské vybavenosti. Je však třeba připomenout, že hodnocení lokality je oddělené od celkového hodnocení budovy a nemá vliv na výši dosaženého skóre. Důvodem je možnost objektivního porovnání budov v různých lokalitách.“ (9)

2 PŘEDBĚŽNÝ NÁVRH

Jako první věc bylo potřeba začít s návrhem základního tvaru s ohledem na okolní zástavbu a dále taky správná volba orientace místností vzhledem ke správnému proslunění místností.

Dům nemohl být vyšší než okolní stavby a zároveň se jeho půdorysný rozměr nesměl o mnoho lišit.

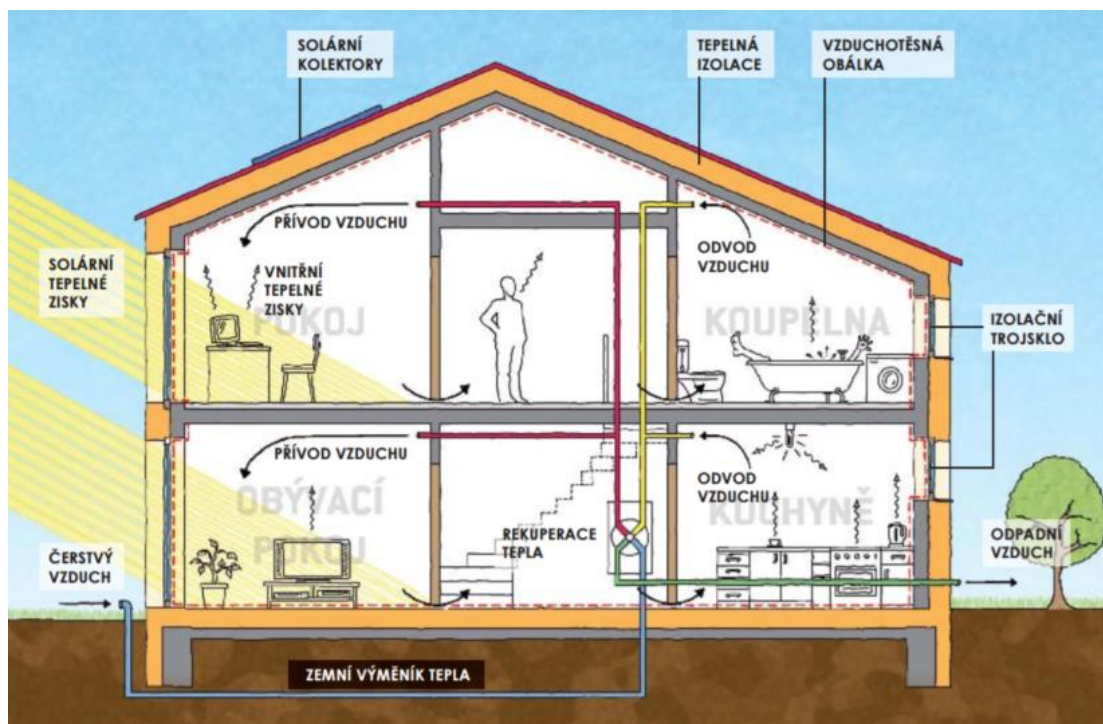


Obrázek 7. Foto pozemku

2.1 Co je pasivní dům?

Pasivní dům se liší od obyčejného domu především svojí spotřebou energie, která je mnohem nižší. To je způsobeno několika velmi důležitými faktory, které jsou při návrhu takového domu využity. V případě obyčejného domu, energie na vytápění celého domu tvoří podstatnou část celkové spotřeby energetické energie a přitom není plně využita tak, jak by měla. U pasivního domu se pracuje s principem využití

veškerého tepla, které v domě je a přitom žádné nepustit ven. Je potřeba navrhnout velice kvalitní obálku budovy, ve které nebudou, pokud možno, žádné tepelné mosty neboli žádné ztráty tepla. Jako zdroje tepla nám slouží nejenom spotřebiče a lidé uvnitř budovy, ale zároveň i okna. Správně navržená okna s trojsklem je proto potřeba vhodně umístit, aby nám získávala potřebné teplo, takže fungují jako takové topení.



Obrázek 8. Klasický pasivní dům (www.pasivnidomy.cz)

Jako centrální systém celého domu slouží ventilační jednotka s rekuperačním systémem. Je to v podstatě výměník vzduchu, který odvádí použitý vzduch z místností jako je kuchyň, WC apod. a přivádí čerstvý vzduch v oddělených trubcích. Tento způsob velice přispívá kvalitě vnitřního prostředí. Vzduch se dodává v přesném množství, takže se netvoří plísně a zároveň díky filtraci vzduchu pomáhá lidem s například s alergiemi nebo jinými zdravotními potížemi.

Také je potřeba budovu správně orientovat s ohledem na světové strany neboli dispoziční řešení celé budovy. Protože spoustu tepelných zisků přivádíme do objektu pomocí slunečního záření je potřeba dělat návrh objektu s ohledem na světové strany. Kompaktnost budovy je dalším důležitým aspektem při návrhu budovy. (10)

Konstrukce v pasivním domě jsou různé. Můžeme použít zděné nebo betonové, ale i dřevěné. U všech typů obvodových stěn, ale platí, že jejich tloušťka má být co nejmenší při dosažení požadovaných izolačních vlastností a to proto, abychom ušetřili co nejvíce prostoru v budově. Jako tepelnou izolaci lze použít všechny běžné izolační materiály. (11)

Při návrhu a výstavbě je tedy důležité brát v potaz 5 důležitých aspektů ke správnému fungování pasivního domu. Správně navržená a orientovaná okna, správná ventilace vzduchu, vzduchová neprůvzdušnost, žádné tepelné mosty a správná izolace objektu.

2.1.1 Výhody pasivního domu

Řízené větrání domu (rekuperace - řízené zpětné využití tepla – účinnost cca 80-90 %) zajišťuje úsporu tepla na vytápění (cca 30 %) a automatický přísun čerstvého vzduchu zajišťuje kvalitu vnitřního prostředí (přečištěn přes filtry) bez přístupu prachu a vzniku průvanu. Technologie řízeného větrání (rekuperace) je jednoduše ovladatelná, kompaktní, přehledná a úsporná na spotřebu provozní energie. Největším přínosem je tzv. rekuperace. Jedná se o zpětné získávání zbytkového tepla v odpadního vzduchu, které se bez promíchání předá v rekuperátoru novému čerstvému vzduchu (účinnost cca 80-90 %). Výsledkem je, že stále větráme dům, snižujeme si obsah škodlivin ve vzduchu (nečistoty a mastnoty z vaření, zápach z WC, vlhkost z koupelny, atd.) a ještě přitom nevyvětráme teplo jen tak oknem. Ventilační jednotky (rekuperační jednotky) mají ve standartu pilové, prachové i alergení filtry. Jednotka přesně dávkuje normový (doporučený) přísun čerstvého vzduchu do místností (necítíme se být utahaní – nízký obsah CO₂). Velká výhoda je také, že v místech se zvýšenou dopravní zátěží je pak zadržen hluk z kolem jedoucích automobilů či jiné dopravy.

Povrchové teploty obvodových konstrukcí, jako stěny, střecha, podlaha - mají i při nejnepříznivějších venkovních teplotách stále příjemnou teplotu. Povrchová teplota se přibližuje k teplotě vnitřního vzduchu, tedy kolem 20°C. V běžných stavbách bývá povrchová teplota daleko nižší, kolem 12 – 14°C. Uživatel pak má pocit chladu a otopná soustava pro zajištění komfortu musí dodávat více energie než jak je to u pasivních domů. U výplní otvorů (oken a dveří) v pasivních domech je obvykle povrchová teplota jen o 2 až 3°C nižší než vzduch v interiéru.

Pasivní domy se chovají v létě jako tradiční domy. Je třeba dbát na zastínění jihozápadních a východních oken. Velké prosklené plochy na jižní fasádě potřebují přinejmenším konstrukční ochranu před slunečním zářením, například pomocí dostatečného přesahu střechy, lze však užít i regulovatelné předokenní žaluzie (automatické čidlo vnitřní teploty, zajistí automatické shrnutí žaluzií při zvýšené vnitřní teplotě). Díky efektivním domácím spotřebičům a techniky se uvnitř uvolňuje méně odpadního tepla. Tepelné čerpadlo (v létě spíše chladicí zařízení) spolu s ventilačním zařízením (rekuperační jednotka) poskytuje příjemně ochlazený vzduch, což lze požadovat za nadstandard oproti běžným domům stavěným u nás. Je však jen na uživateli, zda větrací systém v letním období bude používat, nebo dá přednost otevřeným oknům a tím neřízeného vnikání horkého vzduchu do domu a tím přehřátím objektu.

Díky dokonalému zateplení a provedení stavby i ty nejmenší nouzové zdroje vytápění zabezpečí dostatek tepla, například k vytápění dětského pokoje o ploše 16 m² během chladných oblačných dnů postačí tepelný příkon 150 wattů. Pro srovnání: výkon čajové svíčky je 30 wattů. K vytápění dětského pokoje tedy postačí pouhá pětice svíček!

Pasivní domy jsou vytápěny, nebo spíše řečeno dotápěny malými zdroji. Často se využívají malá tepelná čerpadla, solární kolektory na střeše nebo malá krbová kamna na kusové dřevo či pelety. Pasivní dům není tak závislý na dodávce plynu apod. V případě krize tak pasivní dům dále funguje. Dalším bonusem je, že faktury za elektřinu jsou znatelně nižší, než jak je to u běžných staveb. Uživatel, ale svým chováním má možnost i tuto spotřebu elektrické energie výrazně snížit.

Vložené investice do kvalitnějších izolací celé obálky a do užitých technologií se díky extrémní úspoře provozních nákladů vrátí za 8 až 10 let. S dotací od státu – až 495.000,-Kč se v podstatě nevyplatí stavět standardní nízkoenergetický dům, protože dotace pokryje více náklady na zateplení, kvalitnější zdroj tepla, lepší okna a dveře a instalaci vzduchotechniky v domě. S rostoucími cenami za energie se dá předpokládat, že tato návratnost bude ještě výhodnější.(12)

2.1.2 Nevýhody pasivního domu

Nevýhodou pasivních domů je samozřejmě jejich pořizovací cena, která může většinu zájemců o tento druh bydlení odradit. Investice do takového domu se samozřejmě vrátí, ale pro někoho čekání 8 – 10 let může být jedním z důvodů proč si takovýto dům nepořídit. Jako další nevýhodou se mi jeví realizace. Dům musí mít perfektní realizační dokumentaci, kvůli tomu, aby nevznikaly zbytečné tepelné mosty, kterým by jinak šlo předejít. Ale realizační firma, která se zabývá tímto návrhem, by na takovéto případy měla být připravena a návrh udělat svědomitě. A jako poslední nevýhoda je parcela, která mnohdy velice usnadní návrh anebo naopak ztíží, kvůli své pozici nebo okolní zástavbě.

2.1.3 Historie pasivních domů

„Dějiny pasivní výstavby sahají až do 19. století, kdy první stavbou nebyla budova, ale dřevěný trojstěžník „Fram“ polárního badatele Fritjofa Nansena z roku 1883. Stěny a paluba měly sendvičovou konstrukci v tloušťce 400 mm, kde tepelnou izolaci tvořily vrstvy plsti a parozábranu linoleum. Okna byla vybavena trojskly a fungovalo zde řízené větrání s elektrickými ventilátory. I při teplotách hluboko pod bodem mrazu se kamna v podpalubí nepoužívala. Fram byl vybaven větrnou elektrárnou se skládacím větrníkem s listy potaženými plátnem. Elektrárna poháněla dynamo a zajišťovala, na tehdejší dobu komfortní, osvětlení podpalubí pomocí obloukových elektrických lamp.

Technologický pokrok urychlila druhá světová válka, která vedla k celé řadě objevů. V oblasti tepelné techniky přinesla například extrudovaný polystyrén. Na školách pak iniciovala pokusy s využitím energie slunce.

V roce 1939 byl na univerzitě Harvard vymyšlen a postaven malý dřevěný rodinný dům s dvěma obytnými místnostmi, M.I.T. Solar house #1, s ambicemi prvního nulového domu. Energie zajišťovaly solární kolektory na sedlové střeše s rozměrným vodním akumulacním zásobníkem v suterénu, který byl důsledně tepelně izolován.

Dalším přelomem byla v roce 1956 v Novém Mexiku realizace komerčně využitelné solární administrativní budovy od architektů Franka Bridgerse a Dona Paxtona a spolupracovníků. Dispoziční řešení bylo podřízeno tepelnému zónování, tvar střech

optimálnímu sklonu kolektorů. Byla to první budova svého druhu na světě, jejíž solární koncept zajišťoval příkon většiny potřebné energie ze slunce. Akumulace byla zajištěna vodními zásobníky a pěti tepelnými čerpadly, jako doplňkový zdroj.

První ropná krize v roce 1973, někdy označovaná v západní literatuře jako „Den Kuvajtu“ a následně válka mezi Íránem a Irákem přivedla obě odlišné ekonomické soustavy oddělené železnou oponou ke zjištění, že pro západní kulturu existuje něco takového jako „meze růstu“. Například automobilový průmysl na západě na to promptně reagoval sníženou spotřebou u nových modelů aut.

Ale ani východní blok nezůstal nedotčený. Bylo to důkazem nepromyšlené politiky jedné strany, růstu založenému na spotřebě byt' v omezených mezích limitovaných centrálně řízeným hospodářstvím. Sovětský svaz na to reagoval zvýšenou těžbou zemního plynu a posílením dodávek do východních satelitů, aby tím dočasně zalátal díru, její odstranění však postrádalo systémového řešení.

Architekti žijící na západě, experimentující v podmínkách tržního hospodářství, se nechali inspirovat ropnou krizí k řešení pokusných domů, které by byly energeticky zcela autonomní. Pro tyto pilotní projekty byly charakteristické následující prvky:

- *částečné či úplné nakrytí stavby terénem,*
- *jižní strana byla řešena jako velký skleník, někdy s vlastní produkcí potravin, jako součást uzavřeného oběhu látek a energií,*
- *využití energie slunce a větru a pokusy o jejich akumulaci a „uskladnění“ delší dobu, recyklování tepla, vody a odpadů,*
- *energetické využití bio odpadů*

Vznikl tak zárodek nového typologického druhu nazývaný „solární architektura“. Realizované stavby byly sice relativně soběstačná, ale rovněž natolik technicky náročné, že byly pro bydlení běžného stavebníka nebo komerční výstavbu zatím nepoužitelné. Při srovnání cena/výkon se ukázalo, že vložené náklady, několikanásobně převyšují úspory dosažitelné provozem domu po dobu předpokládané životnosti. Stavebník potom musel být všestranně vzdělaným odborníkem v mnoha profesích, podle hesla: “Ferda mravenec, práce všeho druhu.”

Výsledkem těchto experimentů bylo rovněž zjištění, že různé formy zimních zahrad s rozsáhlými prosklenými plochami, zamýšlené jako pasivní kolektory sluneční energie,

zdaleka nedosahují při poměru cena/výkon plánované efektivnosti. Postupně se od nich začalo upouštět.

V jednotlivých zemích vyspělé západní Evropy se vývoj lišil podle tradice a specifických podmínek. Například již v roce 1975 byla ve Švédsku zavedena stavební norma SBN 75, která ukládala hodnoty součinitelů prostupu tepla blízko úrovní dnešních českých požadavků na nízkoenergetické domy. Ve Finsku si nejsou schopni vzpomenout, od kdy používají výhradně okna s trojskly.

Severské státy tak získali náskok, který byl založen na osvětě ve všech stupních škol a nenásilném uplatňování energetických úspor, které jsou v širším kontextu součástí zdravého a k přírodě ohleduplného životního stylu jako součásti běžného a přirozeného standardu života společnosti.

Prvním evropským pasivním domem byla stavba v dánském Kopenhagenu podle projektu architekta Vagna Korsgaardena, postavená v roce 1976. Byla realizována jako „nulový dům“ s potřebou tepla na vytápění 0 kWh/(m²rok), kde veškeré tepelné ztráty domu byly kryty vnitřními tepelnými zisky ve spolupráci se solárními kolektory. Zprvu nepřiliš vzhledné (a z výtvarného hlediska po právu kritizované) stavby, kdy byl design zcela podřízen technickým aspektům energetické úspornosti (nezřídka projektované bez účasti architekta) si postupně a získaly respekt a přesvědčily rovněž svojí nespornou architektonickou kvalitou.

V dnešním Rakousku patří pasivní budovy k prestižním zakázkám, o které tvrdě soutěží renomované kanceláře. Staví se komplexy s investicemi v řádu miliard českých korun. Zároveň neexistuje typologický druh, který by nebylo možné realizovat v tom, aktuálně nejvyšším, pasivním standardu. Kromě staveb pro bydlení, školských a administrativních budov známe již příklady pasivních kostelů, ale i vězení a soudního dvora.

✓ Německu je možné vidět i rekonstrukce památkově chráněných objektů do pasivního standardu. Nemusím zdůrazňovat, že to tuzemští pracovníci památkového ústavu neradi slyší.“(13)

2.2 Poměr A/V

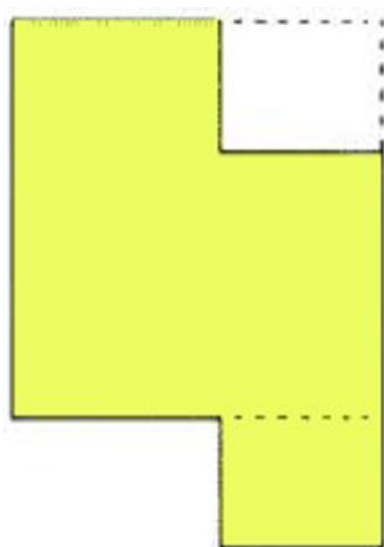
Jeden z prvních důležitých parametrů při návrhu pasivního domu je poměr A (plocha)/ V (objem). Není to nic jiného než poměr celkové plochy domu, vůči celkovému objemu domu. Pokud, by, jsme vzali dva identické domy, které mají stejnou ventilaci, hodnoty U a dokonce i orientaci, tak budou mít různé potřeby pro vytápění v závislosti na jejich A/V poměru. Doporučený A/V poměr pro pasivní dům je 0,7 a méně.

Nevýhody návrhu s velkým A/V se dají kompenzovat dalšími opatřeními, jako je například: materiály s lepší U hodnotou, lepší ventilace nebo použitím více tepelné izolace. Avšak tyto opatření nejsou zadarmo a projeví se v celkové ceně domu.

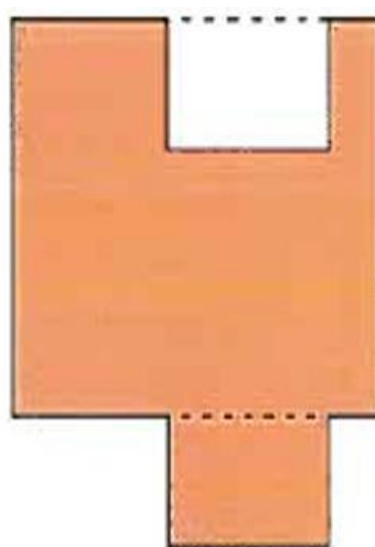
(Příklad

obr.

8



**Zvětšení o 10%
Izolace = 20mm**



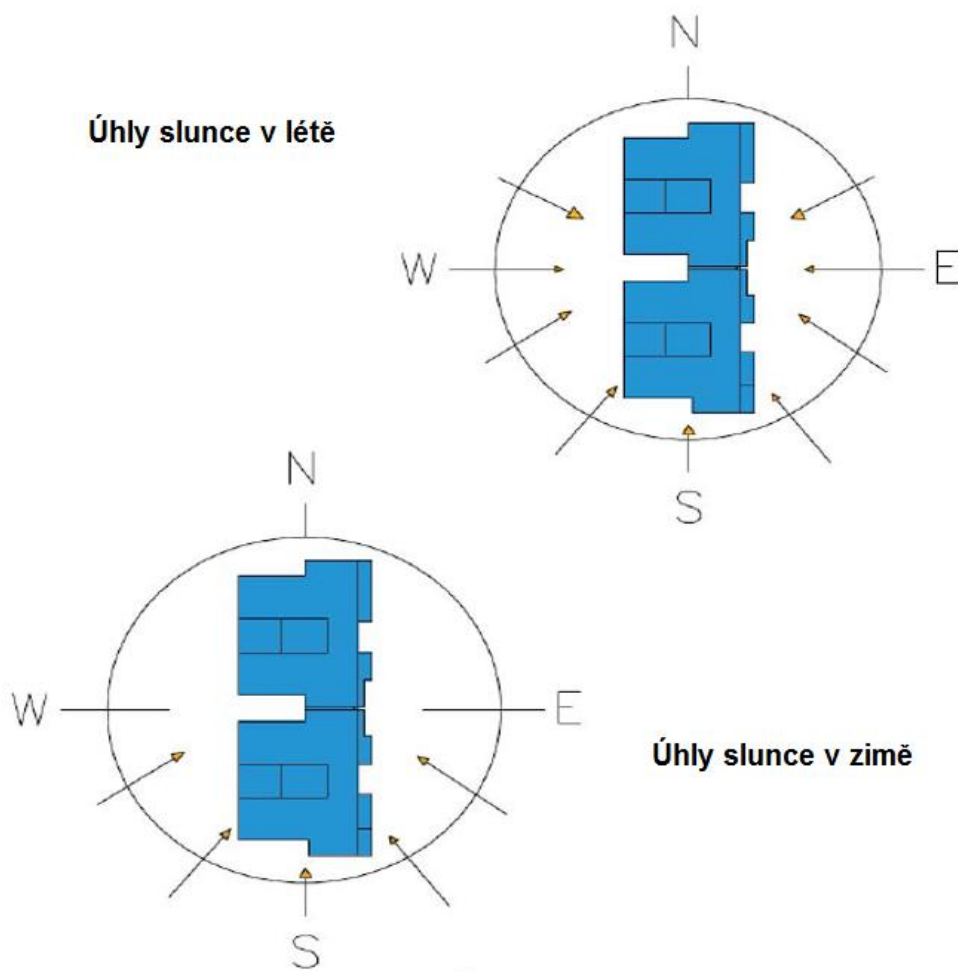
**Zvětšení o 20%
Izolace = 40mm**

Obrázek 9. Porovnání poměru A/V (EEH prezentace)

2.3 Prosvětlení

Pozice domu je velmi důležitý faktor při návrhu. Nejvíce osvětlení a s tím i největší tepelné zisky jsou nejdůležitější v obytných částech domu jako je obývací pokoj a menší tepelné zisky mohou být ve „spacích“ částech domu jako je ložnice dětský pokoj

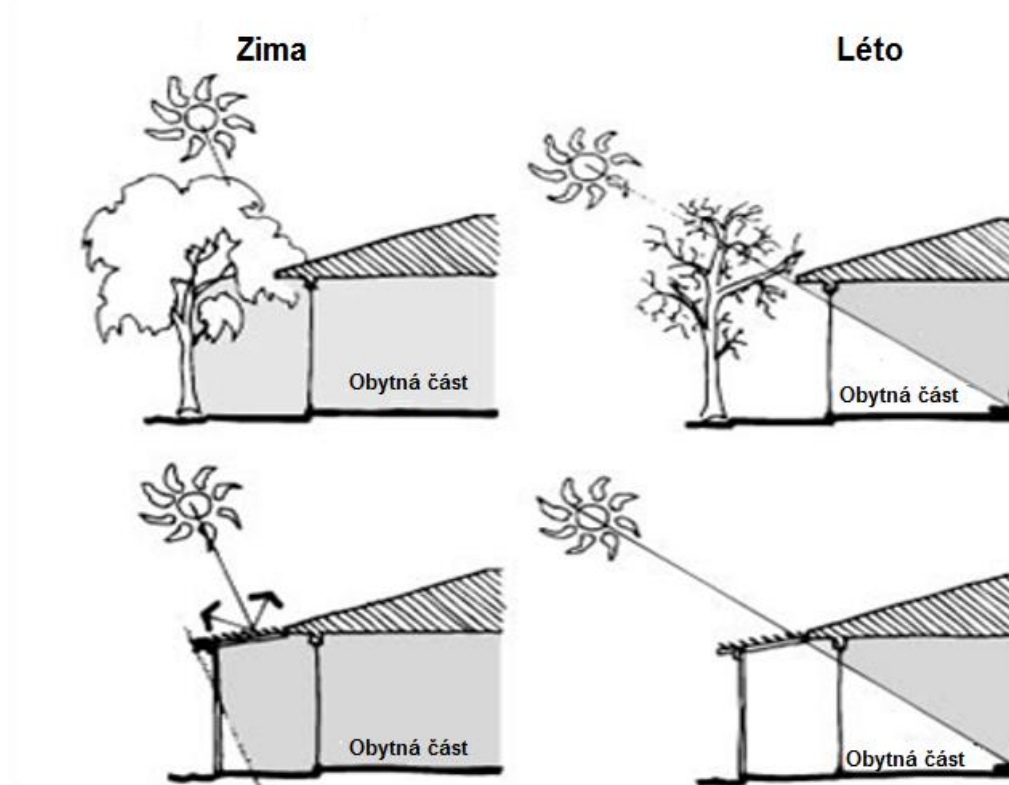
atd. Nesmíme, ale zapomenout, že tyto místnosti nesmí mít přebytek světla nebo naopak, například v letních či zimních měsících. Mohlo by docházet k přehřátí místnosti a i když chceme mít co nejlepší tepelné zisky právě tímto způsobem, docházelo by ke snížení komfortu při pobývání v těchto částech domu. Proto je také důležitá stínící technika, kterou nám může poskytnout okolní zástavba, nebo třeba také stromy. (14)



Obrázek 10. Úhly slunce (EEH prezentace)

Obrázek č. 10 nám ukazuje úhly, ze kterých svítí slunce v letních a zimních měsících.

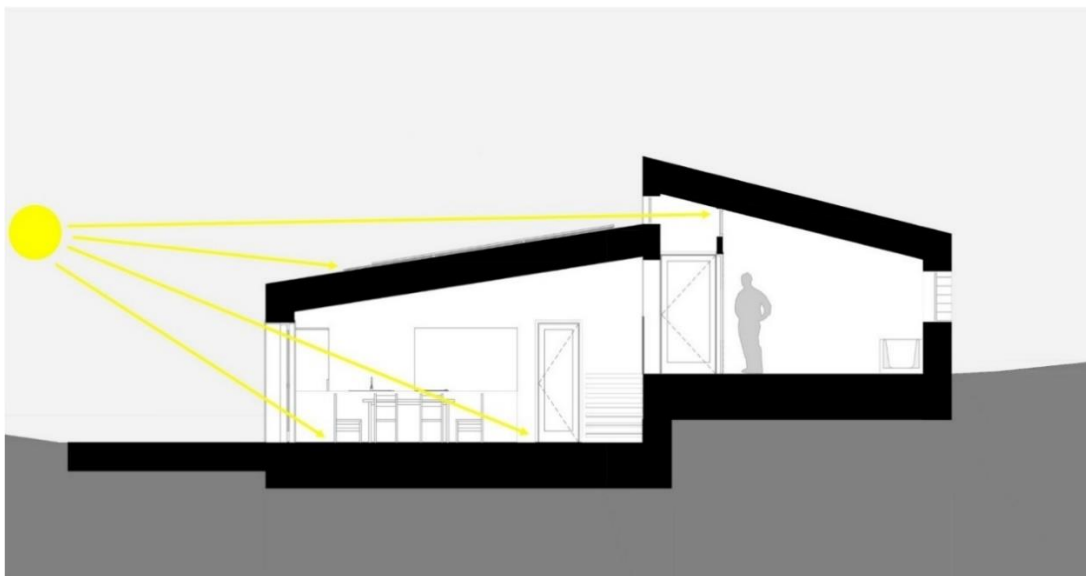
Stínící technika je v tomto případě velmi důležitá z hlediska přehřívání místností. V letních měsících nechceme, aby nám bylo příliš horko, takže se snažíme zabránit přímému slunečnímu svitu a naopak v zimních měsících ho chceme dosáhnout. Na dalším obrázku je znázorněno, jak lze tohoto stínění dosáhnout přírodním nebo umělým stíněním.



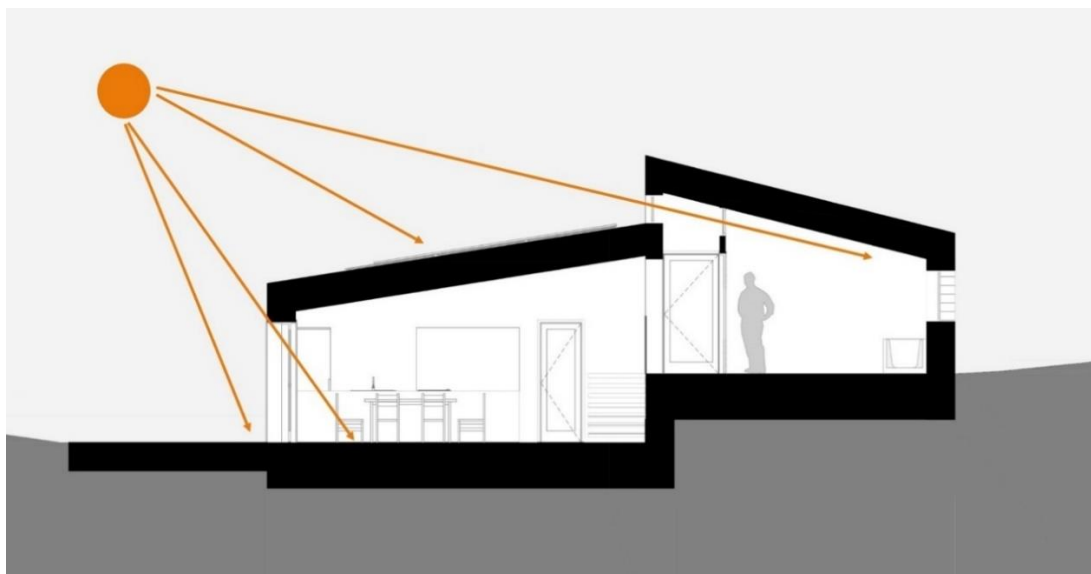
Obrázek 11. Stínící technika

Ale není potřeba mít před domem stromy nebo předsazené konstrukce. Používají se i klasické rolety, dřevěné roletové systémy a tak dále. Můžeme také mít automatické, které se zavírají nebo otvírají v závislosti na aktuálním oslunění.

V mém návrhu pasivního domu vypadá proslunění v zimních a letních měsících takto.



Obrázek 12. Proslunění v zimě

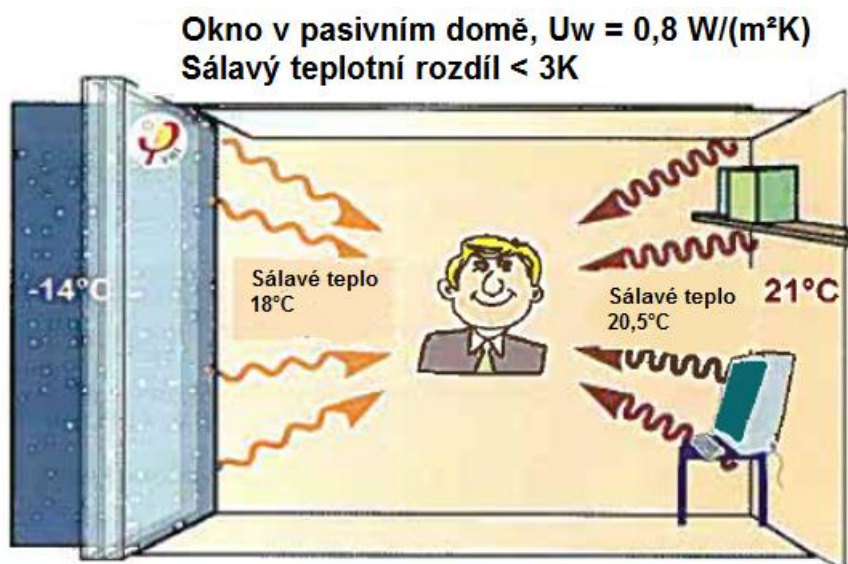


Obrázek 13. Proslunění v létě

2.4 Proslunění – okna

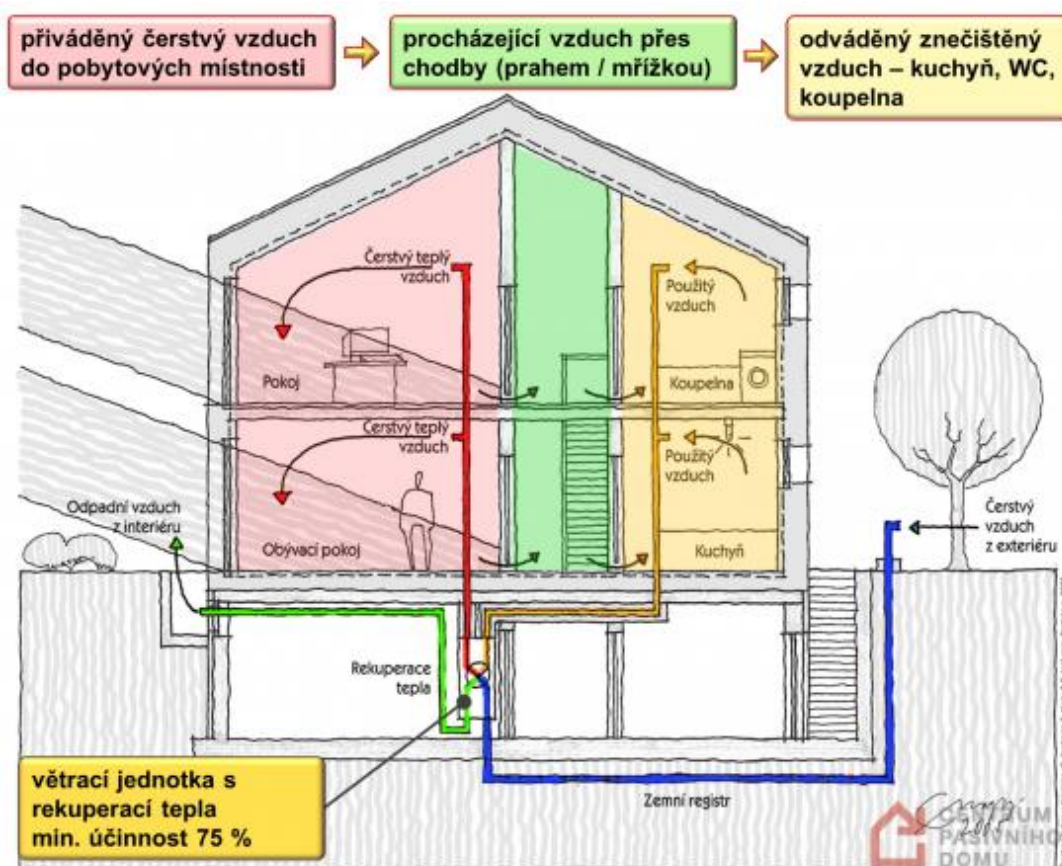
Komfort pobytu v místnostech je velice ovlivněn rozdíly teplot povrchů v místnostech. Aby bylo teplo rovnoměrně rozdělené, tak je důležitý správný návrh okna. Studený povrch okna je zdrojem „průvanu“. Teplý vzduch z ostatních zdrojů v místnosti (stěny, PC, atd.) je ochlazován oknem a pak klesá k podlaze. Takže ohřátý vzduch máme v horní části místnosti a studený ve spodní. Lidé mají 2 citlivé tepelné sensory – na hlavě a na kotnících. Pokud tyto dva sensory říkají tělu teplotní rozdíl, který je vyšší než 2 Kelviny, necítíme se příjemně. Proto u klasických oken, které mají hodnotu U kolem $1,6 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ potřebujeme topení umístěné pod tímto oknem, aby se nám kompenzoval teplotní rozdíl od studeného okna.

U pasivních domů je potřeba použít okna, které mají hodnotu U kolem $0,8 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$. Tím nám odpadne potřeba použití topení umístěného pod oknem. (14)



Obrázek 14. Vliv teploty na komfort (EEH prezentace)

2.5 Ventilace

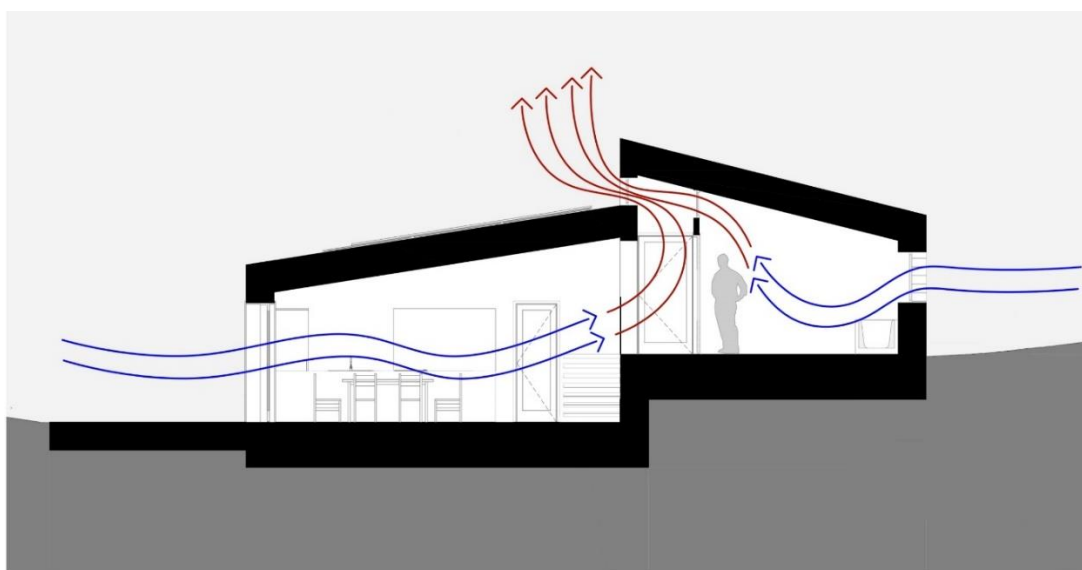


Obrázek 15. Ventilace v pasivním domě (www.pasivnidomy.cz)

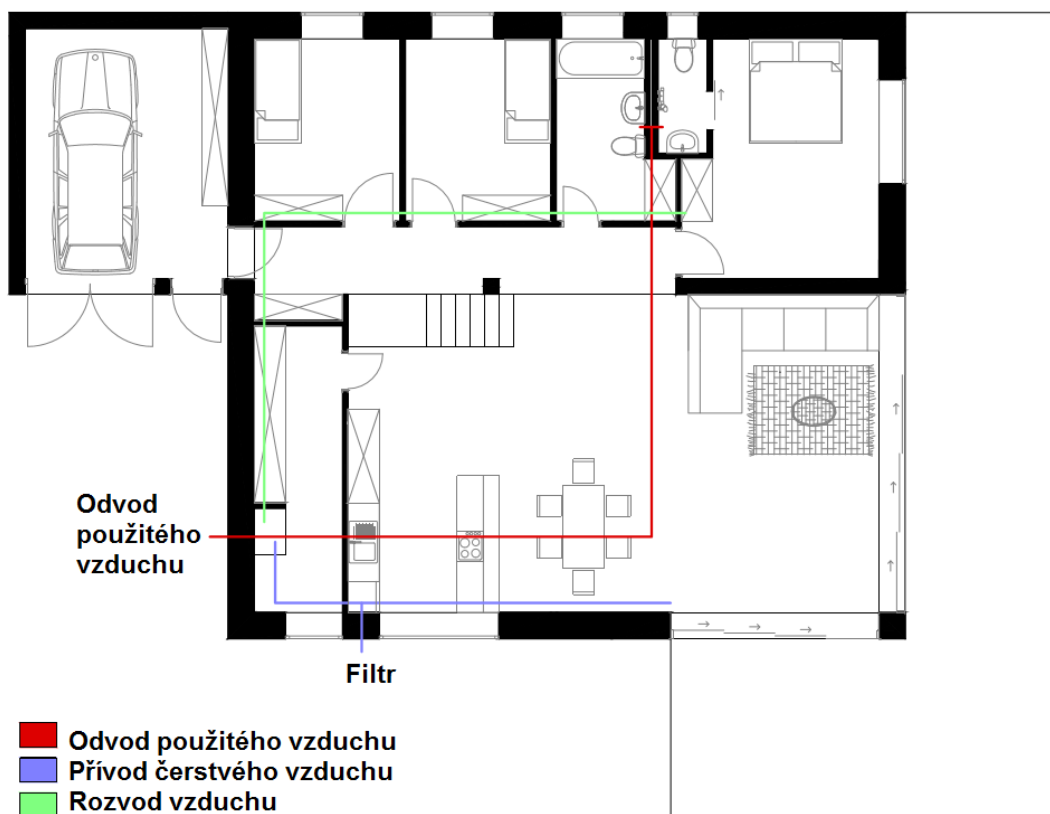
Vnitřní mikroklima je jeden z nejdůležitějších aspektů při navrhování pasivního domu. Taková základní poučka pro ventilaci je, že by, jsme každé 2 hodiny měli otevřít okno zhruba na 3-5 minut (i v noci), pro dosažení optimálního vzduchu. To bohužel v praxi moc nejde, zejména v zimních měsících, kdy si nechceme pouštět teplý vzduch pryč. Tím nám vznikají koncentrace oxidu uhličitého mnohem větší než by měli být. Dále pak vznikají také vlhkostní koncentrace, které způsobují růst plísní. Navíc v pasivním domě chceme využít každé teplo, které máme, proto by byla škoda se tohoto teplého vzduchu jen tak zbavit. Pasivní domy tedy využívají větrací jednotky, které fungují automaticky, čímž nám zajišťují rovnoměrný přísun čerstvého vzduchu a zároveň využívají teplo z odváděného vzduchu. Větrací jednotka tedy dodává vzduch do obytných místností v přesném množství a odpadní vzduch je odváděn z místností s vysokou produkcí škodlivých látek a vlhkosti jako jsou kuchyně, WC, koupelna atd.

Tento proces nám tedy nevytváří průvan, protože rychlosti proudění vzduchu jsou velmi malé a zároveň, celý tento proces probíhá bez hluku. (10)

Ztráty tepla při přírodním větrání dosahují tak vysokých hodnot, že by pasivní dům zdaleka nevyhověl požadavkům pro nízkoenergetický dům. Proto se teplo odváděného vzduchu zpětně využije pro ohřev čerstvého (přiváděného vzduchu) na pokojovou teplotu a to s účinností až 90%. Princip je takový, že nasávaný (chladný) a odpadní (teplý) vzduch proudí proti sobě v sousedních kanálcích, které jsou poháněny pomaloběžnými ventilátory. To nám zamezí míchání vzduchu a škodlivé látky se spolehlivě dostanou pryč z domu a žádné se nepřivedou zpět spolu s čerstvým vzduchem. Čerstvý vzduch prochází filtrem, což nám snižuje prašnost v domě.(10) Tento samý princip jsem použil i při návrhu svého domu, s možností manuálního větrání. Manuální (přírodní) větrání funguje na principu průvanu. Tuto alternativu jsem zvolil, proto, že mnoho lidí by si rádo otevřelo okna v horkých letních měsících, což by teoreticky neměli při nuceném mechanickém větrání. Lidé žijící v tomto domě mají tedy na výběr z obou možností a návrh je tomu přizpůsoben. Jako ilustrační obrázky přikládám schéma přírodního a mechanického větrání.

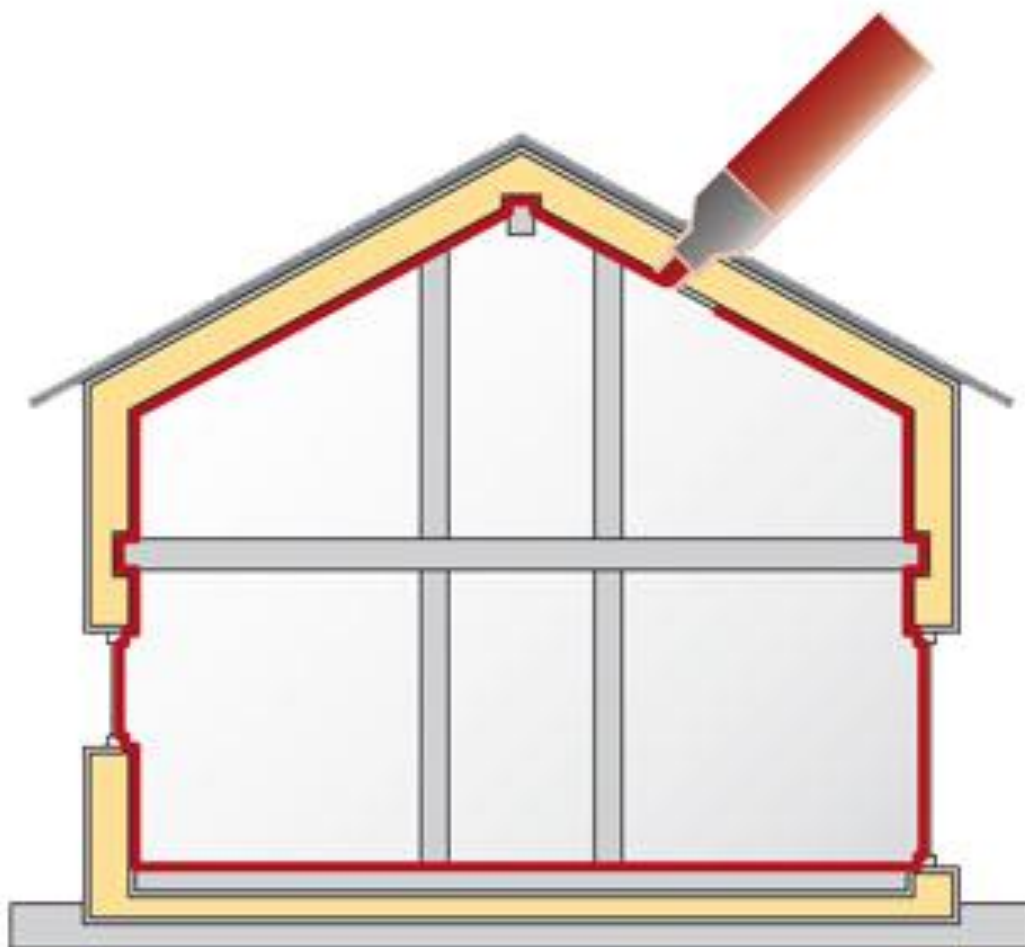


Obrázek 16. Přírodní větrání



Obrázek 17. Mechanická ventilace

Aby ventilace a výměna tepla fungovala tak jak má, je potřeba zajistit velice precizně udělanou vzduchotěsnou obálku budovy. Vzduch vnikající do budovy má větší možnost se do ní dostat v nižších patrech budovy, kdežto unikající vzduch má větší šanci ve vyšších patrech. Vzduch, který vniká do budovy, je ve většině případů zařazen do kategorie, která nemá vliv na stavební prvky objektu, protože zůstávají suché. Tento vzduch ovlivňuje „pouze“ vyšší požadavky na vytápění. Kritický je vzduch, který proniká zevnitř objektu ven. Teplý a vlhký vzduch, který uniká ven, kondenzuje na studených částech objektu, vzniká vlhkost a ta nám může poničit konstrukci budovy. Ať už se jedná o zkorodování ocelových prvků nebo biologické poškození (plísně) například na tepelné izolaci. Proto, aby ventilace fungovala správně je potřeba zajistit vzduchotěsnou vrstvu (obálku) kolem celého objektu. Vzduchotěsná obálka budovy se instaluje z interiéru, takže nám zároveň slouží jako parotěsná zábrana pro tepelnou izolaci. Vzduchotěsná zábrana by měla být jedna souvislá vrstva. Teoreticky pokud bychom vzali pero a jeli po obálce neměli bychom nikde uskakovat nebo přerušovat (viz. obr. 19). (14)



Obrázek 18. Vzduchotěsná obálka (EEH prezentace)

Vzduchotěsnost objektu se testuje pomocí Blower-door testu. Tento test jsme si mohli vyzkoušet v rámci předmětu manažerství kvality ve stavebnictví. Na dveře se umístí speciální „plachta“ s větrákem ve spodní části. Tento větrák odčerpává vzduch, a tím se mění tlak v místnosti v závislosti na těsnosti místnosti. Testuje na rozdíl tlaku $\pm 50 \text{ Pa}$ $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$

Abychom našli netěsnosti a místa, kde nám uniká teplo (respektive proniká zima do objektu), můžeme použít například termograf nebo citlivý měřič proudění vzduchu.

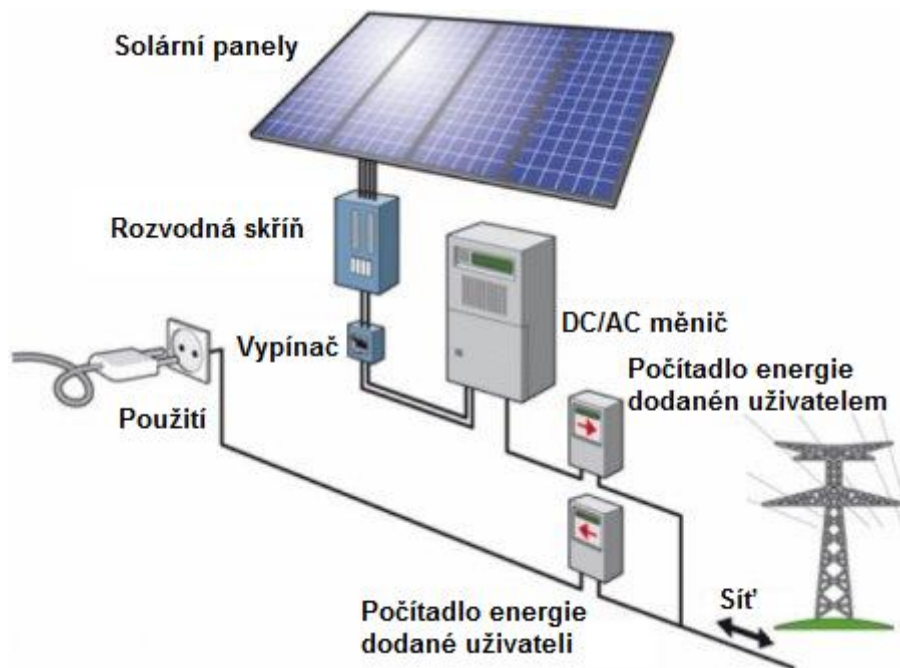
2.6 Získávání energie

Zisk a využití energie je pro pasivní dům velice důležitý faktor. Pasivní dům, by měl být schopný využít co nejvíce energie i zpětně, tak aby docházelo k co nejmenším ztrátám. Zároveň by energie měla pocházet z větší části z obnovitelných zdrojů. Možností a kombinací je relativně mnoho. Já jsem využil kombinaci solárních panelů, kolektorů a čerpání tepla ze země.

Nejvíce rozšířený typ solárních panelů je křemíkový. Ten je tvořen polovodičovými plátky z křemíku o tloušťce menší, než je 1 mm. Tyto polovodiče mění elektromagnetickou energii světla na energii elektrickou. Účinnost těchto solárních panelů je maximálně 17%. To znamená, že z veškeré elektromagnetické energie, která dopadá na solární panely, se dokáže využít jen 17%. Solární článek je chráněn vrstvou skla na povrchu, která slouží jako antireflexivní vrstva a zároveň chrání před vlivy prostředí. (15)

Další možnost je organický fotovoltaický článek vyvinutý v Izraeli. Ty fungují na principu geneticky vyvinutých bílkovin, které vytvářejí energii pomocí fotosyntézy. Nejen, že jejich účinnost je až 25%, ale zároveň jsou i velice levnější. Za 1 m^2 solárního panelu na bázi křemíku teď zaplatíme zhruba 200 dolarů, kdežto za tu samou plochu při použití organické technologie zaplatíme zhruba 1 dolar. (15)

Solární panely slouží jako hlavní zdroj energie pro veškeré spotřebiče, které se v domě nachází. Možnosti umístění jsou různé, můžeme je mít například na zahradě nebo na střeše. Já jsem zvolil umístění na střeše. Ta byla navrhována s ohledem na umístění solárních panelů, tak aby byla ve správném sklonu a na správné pozici, kde mohou získat co nejvíce slunečního záření. Dále bylo přihlíženo k potřebné ploše, která je potřeba pro dostatečné zásobení elektřinou. Pokud dodávka elektřiny ze solárních panelů přesáhne potřebnou hodnotu, přebytek této energie se pošle do obecné sítě, na kterou je tento dům připojen. Naopak pokud dodávka elektřiny nebude dosahovat požadovaných výsledků, tak si z této sítě může vzít potřebnou elektřinu. Požadavky elektřiny pro typ domu, který navrhuji je 2500 kWh. Při mém návrhu objektu (pozice vůči světovým stranám) jsem použil solární panely, které mají účinnost 16%. Potřebná zastavěná plocha je tedy zhruba 20 m^2 . Mé solární panely pokrývají plochu 48 m^2 z klimatických důvodů.



Obrázek 19. Princip solárních panelů (EEH prezentace)

2.7 Vytápění a ohřev vody

Jako další důležitý milník při návrhu pasivního domu je správně zvolit způsob vytápění a ohřevu teplé vody. Zároveň to však musí splňovat požadavky pasivního domu tím, že budeme využívat tuto energii z obnovitelných zdrojů. Pro svůj objekt jsem zvolil kombinaci solárních kolektorů a vytápění pomocí geotermální energie. Topení je umístěné v podlaze pro nejlepší efektivitu vytápění při kritických teplotách v zimním období (max. 1-2 týdny).

Geotermální ohřev vody využívá zemi jako zdroj tepla nebo jako místo uskladnění přebytečného tepla. Tento způsob využívá přirozených teplot, které se nalézají pod povrchem a tím nám snižují náklady na vytápění objektu. Je sice potřeba energie pro provoz tepelného čerpadla, které nám konvertuje energii na teplo, ale v zásadě se jedná o zhruba jednu třetinu toho, co by, jsme potřebovali při konvekčním vytápěním. Tepelné čerpadlo funguje v zásadě jako takový boiler, který ale využívá energii ze země. Mix vody a nemrznoucí směsi proudí v trubicích ať už horizontálních nebo vertikálních. Tato kapalina pak odebírá teplo ze země a přeneše ho až k tepelnému čerpadlu, které tuto kapalinu dokáže až 4-násobně zahřát. Toto teplo pak může být využito k vytápění, ohřevu vody atd. Při takovémto vytápění vám například

zůstane zbytková teplá voda, které už nebylo potřeba při vytápění. Tato teplá voda se tedy uskladní v zásobníku pro pozdější potřeby jako je mytí, vaření apod.. Tepelné čerpadlo se skládá z několika důležitých částí, které jsou nutné pro správné fungování.(16) „Nemrzoucí směs ohřátá „přírodním teplem“ se odvádí do výparníku tepelného čerpadla, kde se nízkopotenciální teplo předá chladivu kolujícím uvnitř zařízení. Chladivo se tím ve výparníku vypaří a vzniklý plyn je nasán kompresorem. Kompresor ohřáté plynné chladivo prudce stlačí a díky fyzikálnímu principu komprese, kdy při vyšším tlaku stoupá teplota, jako teplotní výtah „vynese“ ono nízkopotenciální teplo na vyšší teplotní hladinu cca 80°C. Kompresorem zahřáté chladivo putuje do kondenzátoru, teplo se zde předá do topné vody pro vytápění celého domu, ohřevu vody v zásobníku nebo bazénu a plynné chladivo změní svoje skupenství na kapalně. Z kondenzátoru putuje kapalně chladivo přes expanzní ventil, kde se prudce ochladí, zpět do výparníku, kde se opět ohřeje. Tento cyklus se stále opakuje, takže tepelné čerpadlo skutečně přečerpává teplo z vnějšího prostředí do vytápěného domu.“(17) Na tomto samém principu funguje i tepelné čerpadlo, které odebírá teplo ze vzduchu. Toto tepelné čerpadlo mi, ale nepřipadá tak výhodné, protože teplota vzduchu není tolik stálá jako teplota zeminy, ze které odebíráme teplo, proto jsem zvolil druh čerpadla země-voda.

Kromě tepelného čerpadla je zapotřebí také dostatečné místo na zahradě, protože se musíme dostat do určité hloubky. Tento systém je možno použít ve dvou variantách – horizontální nebo vertikální. Horizontální systém vyžaduje větší plochu zahrady pro správnou instalaci. Vertikální vyžaduje méně prostoru, ale je potřeba vyhloubit díry do hloubky až 100m. Při svém návrhu jsem využil vertikální spirálovitý systém od společnosti Rehau. Návrh počtu vrtů a tím i počtu těchto spirálovitých trubek velmi závisí na typu zeminy, ve které probíhá instalace. Při volbě spirálovitých trubek o hloubce 40m a průměru 360mm (obrázek) a při zemině, která se nalézá na místě určeném ke stavbě objektu (obrázek) jsem se dostal na číslo 8. Číslo 8 znamená, že bude zapotřebí vyhloubit 8 děr, do kterých se umístí tyto spirálovité trubice a budou generovat dostatek energie pro vytápění a ohřev teplé vody.

Délka	Vnější průměr (mm)	Rozměr trubky (mm)	Délka trubky (m)	Váha (kg)	Objem (l)
3m	360	25 x 2.3	40	7.5	13

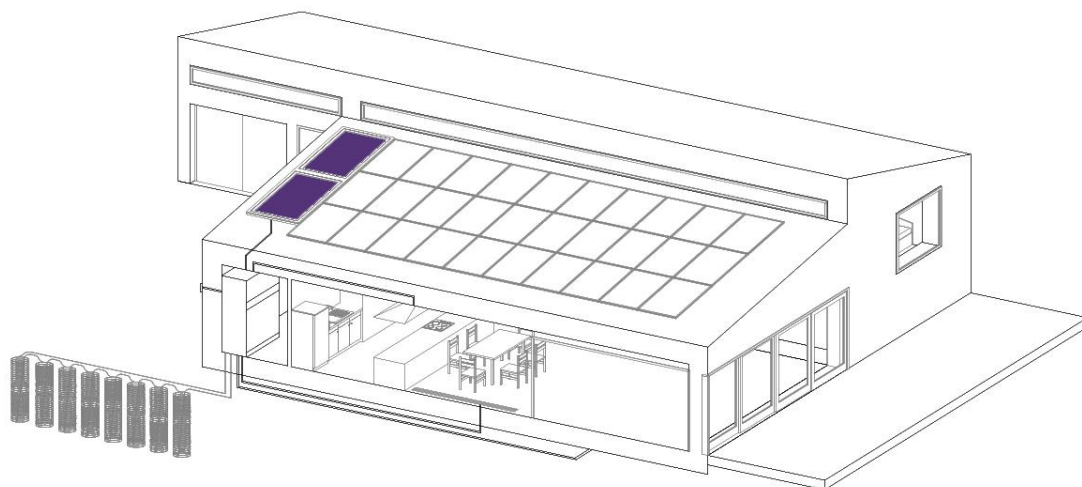
Typ zeminy	Tepelné zisky
Písek (suchý <5% vody)	100 – 200 W
Písek (suchý <5% vody)	200 – 300 W
Písek (mokrý)	300 – 700 W
Hlína/bahno (suchá <19% vody)	200 – 300 W
Hlína/bahno (suchá <40% vody)	300 – 400 W
Hlína/bahno (mokrá)	400 – 650 W
Jíl	250 – 350 W
Písečná hlína (suchá <26% vody)	300 – 400 W
Písečná hlína (suchá <43% vody)	400 – 500 W
Písečná hlína (mokrá)	500 – 700 W

Obrázek 20. Výběr správného systému (www.rehau.com)

Na dalším obrázku je znázorněno, kde a jak budou tyto trubice umístěné. Je potřeba předem znát polohu ostatních objektů na pozemku jako je garáž bazén a další věci, aby bylo možné efektivně navrhnout a umístit tyto trubice.



Obrázek 21. Instalace systému (www.rehau.com)



Obrázek 22. Schéma systému

V mém návrhu figurují i solární kolektory a to z toho důvodu, že jsem vytápění a ohřev vody rozdělil. Je to další ze způsobů jak zefektivnit funkcionalitu celého systému a tím i prodloužit životnost. Princip solárních kolektorů je v zásadě stejný jako u geotermálního získávání tepla, jediný rozdíl je v tom, že solární kolektory získávají energii ze slunečních paprsků. Dále je to pak stejné. Trubkový rozvod přenáší teplo pomocí teplovodivé kapaliny do tepelného čerpadla, kde se opakuje stejný princip. Samozřejmě, že bychom mohli využít i solární panely k ohřevu vody, ale to je nákladnější princip, protože získanou elektrickou energii, bychom použili k ohřátí vody. Způsob mnou volený, čili kolektory, je v zásadě „čistý“ oproti řešení s panely. V souladu s příručkou pro návrh obytných domů je potřeba uvažovat spotřebu teplé vody 148 l na den. V tomto případě tedy postačí dva solární kolektory umístěné na střeše. (14)

2.8 Konstrukce

Jako další neméně důležitou částí při návrhu pasivního domu je konstrukce a použité materiály. Snažíme se co nejvíce využívat přírodních materiálů ve všech částech konstrukce. V mém návrhu pasivního domu používám dřevěnou nosnou konstrukci spolu s izolací z minerální vlny. Samozřejmě, že se mohou použít i jiné materiály jako

je například extrudovaný polystyrén nebo izolace z nafoukaných celulózových vláken. U foukané izolace je však nutné počítat s postupným sedáním zhruba o 11 – 24%. Tato izolace se mi moc nelíbila právě z důvodu tohoto sedání, ale když jsem se na tento problém na výstavě For Arch, přímo výrobce, tak mi bylo řečeno, že se tam jednoduše nafouká víc izolace, aby výsledná tloušťka byla dostačující.

Nosnou konstrukci mého domu tedy tvoří dřevěné trámy mezi kterými je izolace z minerální vlny. Díky tomu, že spoustu vnitřního tepla získáváme slunečními zisky, jsem zvolil provětrávanou fasádu, která nám, na rozdíl od kontaktní fasády, zabraňuje v přehřívání domu a zároveň spolehlivě odvádí vlhkost z vnějšího povrchu fasády. Spodní stavba se skládá z nášlapné vrstvy, železobetonu a také pěnového skla. Pěnové sklo tvoří největší podíl v základové konstrukci o tloušťce 500mm. Tento materiál má výborné stavebně technologické vlastnosti, ať už se jedná o propustnost tepla nebo mechanické vlastnosti. Pěnové sklo je absolutně difuzně uzavřené, takže se hodí do míst, kde je potřeba mít odizolovanou vlhkost. Také odolává veškerým biologickým vlivům a škůdcům. Jeho tepelně izolační vlastnosti spolu s vysokou únosností v tlaku tvoří ideální kombinaci pro použití tohoto materiálu jako základové desky. Tepelně izolační vlastnosti budou bránit pronikání chladu do budovy spodní stavbou a tím nám budou pomáhat v co největší úspoře na vytápění. (18)

Střecha je šikmá z důvodu umístění solárních panelů v potřebném úhlu. Je to klasická střecha složená z latí a kontralatí na kterých je umístěna povrchová krytina stejná jako u fasády. Je to z estetického důvodu, kvůli tomu, aby celkový vzhled domu byl „neporušený“. Proto je i okap schovaný pod touto krytinou.

U konstrukce je nejdůležitější součinitel prostupu tepla U . Základní výpočet vyplývá z tepelného odporu konstrukce R (m^2K/W). Tedy:

$$R_i = d_i / a_i$$

Kde R_i je tepelný odpor i -té vrstvy konstrukce

D_i je tloušťka i -té vrstvy konstrukce

A_i je návrhový součinitel tepelné vodivosti materiálu

Poté spočítáme tepelný odpor při prostupu tepla

$$R_t = R_{si} + R + R_{se}$$

Kde R_{si} je odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce

R_{se} je odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce

R_{si} pro tepelný tok vodorovně (stěny) $0,13 m^2K/W$

R_{si} pro tepelný tok shora dolů (podlahy) $0,17 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

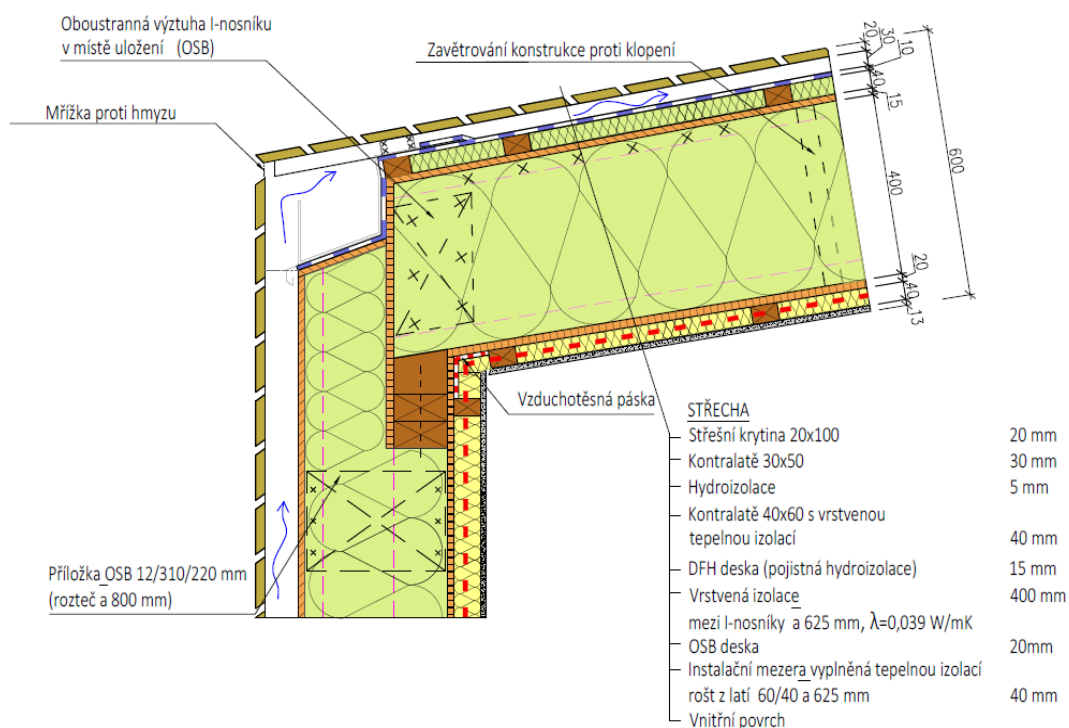
R_{si} pro tepelný tok zdola nahoru (stropy) $0,10 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

R_{se} pro zimní období $0,04 \text{ m}^2\text{K}/\text{W}$

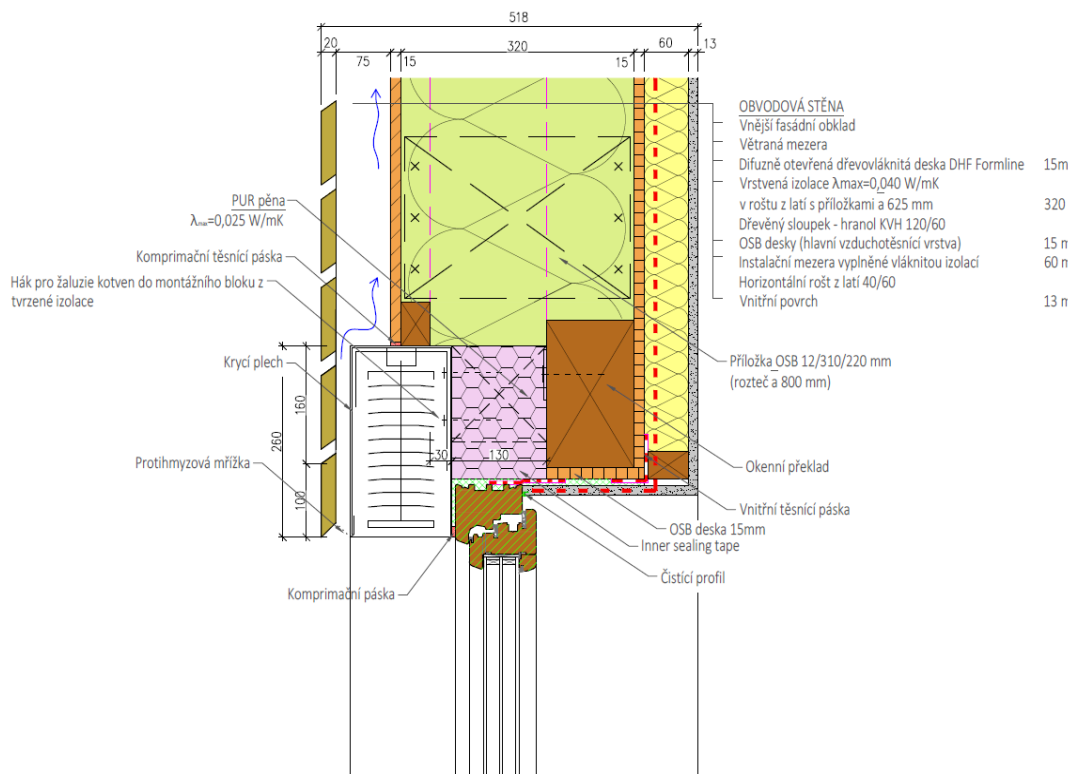
A na závěr vypočítáme součinitel prostupu tepla

$$U = 1/R_t$$

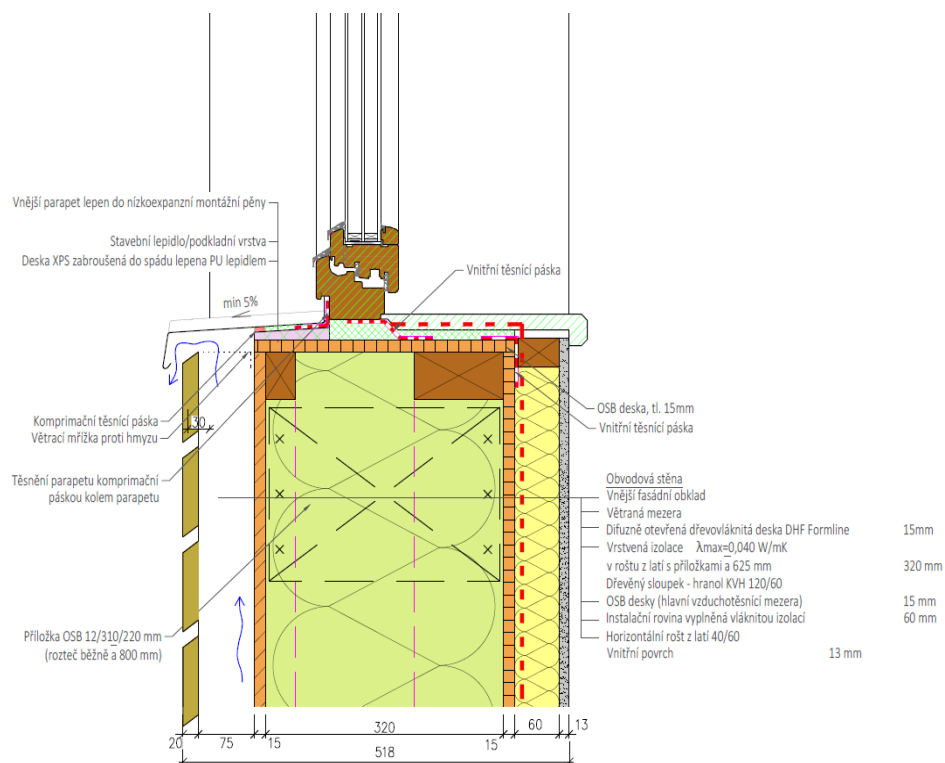
Konstrukční detaily použité v mém návrhu jsou ukázány zde.



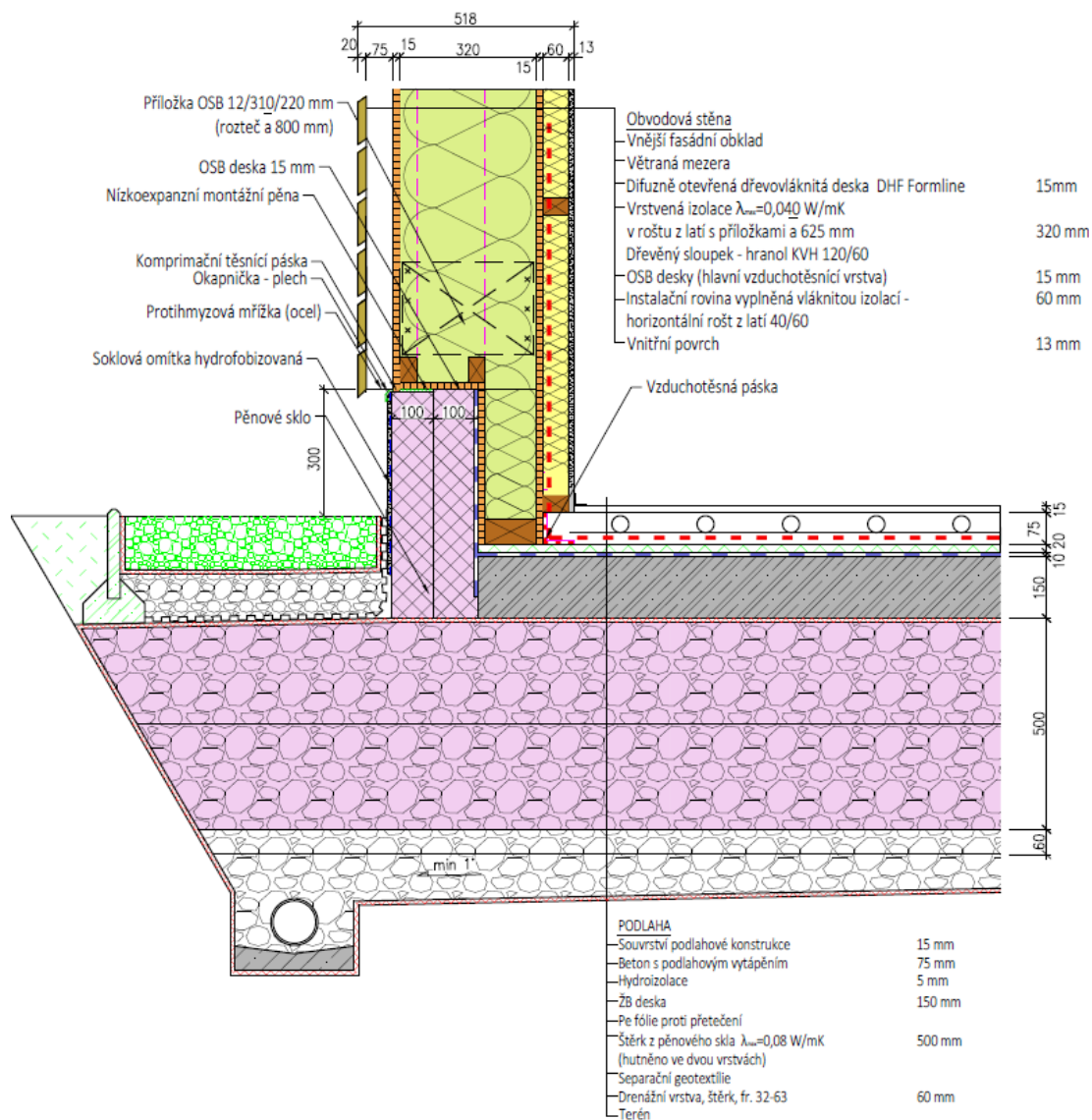
Obrázek 23. Napojení obvodové stěny na střechu (www.pasivnidomy.cz)



Obrázek 24. Detail nadpraží (www.pasivnidomy.cz)



Obrázek 25. Detail parapetu (www.pasivnidomy.cz)



Obrázek 26. Detail základů (www.pasivnidomy.cz)

2.9 Výsledný návrh

Po těchto všech etapách vznikl výsledný návrh domu, který byl ve vizualizacích umístěn na pozemek.



Obrázek 27. Vizualizace



Obrázek 28. Vizualizace 2



Obrázek 29. Vizualizace 3

2.10 Ekonomický návrh

Pasivní dům je předmětem mnoha debat o jeho ekonomické výhodnosti. Za realizaci pasivního domu zaplatíme přibližně o 15 – 20% navíc oproti domu normálnímu. Můžeme samozřejmě zaplatit i méně, to vše záleží na správné optimalizaci návrhu od projektanta a architekta. Tato cena se totiž odvíjí od nákladů spojených s lokací pozemku. Dále si připlatíme taky za technologie použité v pasivním domě. Ať už se jedná o použitá skla nebo ventilační systém, všechno jsou to náklady, které nám zdraží dům při nákupu, ale budou nám spořit peníze za ušetřenou energii. Bohužel růst ceny energií není možné přesně určit, a proto se budoucí úspora nedá přesně odhadnout.

2.11 Posouzení návrhu v ČR

Tento dům byl navrhován na Dánské podnebí, hned u moře. Dánsko je mnohem studenější země než u nás a navíc s tím, že zde foukají studené větry od moře. Návrh v našich podnebných podmínkách pozměnil vzhledem k větším teplotám, nejspíš možným zmenšením tepelné izolace, nebo zmenšením plochy potřebné pro solární panely a kolektory. Dále by se možná změnily některé konstrukce v závislosti na stavebních předpisech v ČR, protože tento návrh byl prováděn za pomoci vyhlášek stanovených v Dánsku.

ZÁVĚR

Návrh a stavba pasivního domu musí být od začátku do konce velice precizně promyšlena. Už od prvního návrhu by měl být přítomen specialista v oboru stavební fyzika, který bude dohlížet na správnost návrhu. Je vyžadován velmi precizní návrh konstrukčních detailů, tak, aby nevznikaly nechtěné tepelné mosty.

Pozice vůči světovým stranám je také neméně důležitá, ale hůř proveditelná. Pokud stavíme pasivní dům v zástavbě, je těžké správně orientovat dům tak, jak by měl být správně. V této fázi přichází na řadu kompromisy s tímto spojené, například zvětšení tloušťky tepelné izolace. To se nám ale projeví ve vícenákladech na stavbu.

Abychom zajistili příjemný pobyt v místnostech, je potřeba zajistit spolehlivý přísun čerstvého vzduchu. Protože pasivní dům funguje na zpětném využití získaného tepla, nechceme pořád větrat a přicházet tak o cenné teplo. Proto zde máme výměník tepla, neboli jednotku s rekuperačním systémem, který nám do objektu přivádí přesné množství filtrovaného vzduchu a odvádí použitý vzduch. Tím se budeme cítit v domě stále příjemně a ani nebude potřeba otvírat okna. Ale pokud chceme čerstvý vánek je zde samozřejmě možnost otevřít okna a vytvořit průvan.

Zisk energie je možné zajistit mnoha způsoby a kombinacemi. Je tedy potřeba správně určit jaký návrh je nejvhodnější pro konkrétní stavbu. Nelze to podcenit, protože při špatném provedení nebude dům fungovat tak jak má. Jde nám o co největší úsporu energie, proto se tato část nesmí zanedbat.

Okna nám zde slouží jako takový radiátor. Kvalitní okna nám zajistí, správné tepelné zisky a co nejmenší ztráty. Trojsklo je základ úspěchu při výběru oken.

Všechny tyto technologie a procesy nám vytvářejí vícenáklady. Jedna z věcí, která odradí potencionálního zákazníka, je výsledná cena. Neměli bychom ale zapomínat, že tyto vícenáklady tvoří 10-15 % z celkové ceny. To nám může pokrýt dotace z evropské unie. Od roku 2020 bude pasivní dům jako standart pro novostavby.

Výsledná úspora na energiích za provoz je znatelná. Sice se nedá přesně vyčíslit do budoucnosti, protože nedokážeme odhadnout přesný růst cen energií, ale je možné předpokládat, že budou pouze růst.

V praxi by tato práce mohla sloužit jako podklad při výběru a stavbě pasivního domu. Na co si dávat pozor a na jaké věci se soustředit při návrhu.

POUŽITÁ LITERATURA

1. Dánsko. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/D%C3%A1nsko>
2. Horsens. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Horsens>
3. Dánsko: Horsens. <https://www.ekf.vsb.cz> [online]. Slovensko [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <https://www.ekf.vsb.cz/k163/cs/studenti/erasmus/zkusenosti/dansko/>
4. Dánsko: Energie. *Eurodenik.cz* [online]. Česká Republika: eurodenik.cz, 2016 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://eurodenik.cz/technika/dansko-v-roce-2015-zlomilo-svetovy-rekord-ve-vyrobe-vetrne-energie>
5. Dánsko: Počasí. <http://dansko.orbion.cz/> [online]. Česká Republika: Orbion.cz, 2016 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://dansko.orbion.cz/pocasi/>
6. Udržitelný rozvoj. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Udr%C5%BEiteln%C3%BD_rozvoj
7. BREEAM. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/BREEAM>
8. LEED. [Http://www.czgbc.org](http://www.czgbc.org) [online]. Česká republika: czgbc.org, 2012 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.czgbc.org/certifikace/leed>
9. DGNB. [Http://www.czgbc.org/](http://www.czgbc.org/) [online]. Česká Republika: czgbc.org, 2012 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.czgbc.org/zpravy/zprava/177/nemecky-certifikacni-system-dgnb->
10. Větrání a vytápění. [Http://www.pasivnidomy.cz/](http://www.pasivnidomy.cz/) [online]. Česká Republika: <http://www.pasivnidomy.cz/>, 2009 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/vetrani-a-vytapeni/t379>

11. Obvodová konstrukce. *Https://homebydleni.cz* [online]. Česká Republika: <https://homebydleni.cz/>, 2014 [cit. 2017-05-28]. Dostupné z: <https://homebydleni.cz/dum/stavebni-materialy/cihla-beton-nebo-drevo-jak-vybrat-material-na-obvodovou-konstrukci-domu/>
12. Výhody. *Http://www.3edomov.cz/* [online]. Česká Republika: <http://www.3edomov.cz/>, 2009 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.3edomov.cz/jake-jsou-vyhody-pasivniho-domu/>
13. POVOLNÁ, Alena, VAŠÁKOVÁ, Dagmar, ed. *Pasivní domy 2011*. 1. Údolní 33, 602 00, Brno: Centrum pasivního domu, 2011. ISBN 978-80-260-0563-6.
14. FYNBO LARSEN, Steen. *Energy Efficient Houses: Prezentace*. Horsens, 2016.
15. Solární panel. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Sol%C3%A1rn%C3%AD_panel
16. Geotermální ohřev vody. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2017 [cit. 2017-05-28]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/Geothermal_heat_pump
17. Princip tepelné čerpadlo. *Http://www.abeceda-cerpadel.cz/* [online]. Česká Republika: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/>, 2012 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://www.abeceda-cerpadel.cz/cz/princip-tepelneho-cerpadla>
18. Pěnové sklo. *Http://stavba.tzb-info.cz/* [online]. Česká Republika: <http://stavba.tzb-info.cz/>, 2015 [cit. 2017-05-26]. Dostupné z: <http://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/300-penove-sklo>

SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

Obrázek 1. Poloha Dánska v Evropě (www.wikipedia.org)	8
Obrázek 2. Mapa Dánska (www.arealinfo.dk)	9
Obrázek 3. Město Horsens (www.aeralinfo.dk)	10
Obrázek 4. Pozemek (www.arealinfo.dk)	10
Obrázek 5. Import export energie (www.energinet.dk)	11
Obrázek 6. Základní pilíře (www.wikipedia.org)	15
Obrázek 7. Foto pozemku	17
Obrázek 8. Klasický pasivní dům (www.pasivnidomy.cz)	18
Obrázek 9. Porovnání poměru A/V (EEH prezentace)	24
Obrázek 10. Úhly slunce (EEH prezentace)	25
Obrázek 11. Stínící technika	26
Obrázek 12. Proslunění v zimě	26
Obrázek 13. Proslunění v létě	27
Obrázek 14. Vliv teploty na komfort (EEH prezentace)	28
Obrázek 15. Ventilace v pasivním domě (www.pasivnidomy.cz)	29
Obrázek 16. Přírodní větrání	30
Obrázek 17. Mechanická ventilace	31
Obrázek 18. Vzduchotěsná obálka (EEH prezentace)	32
Obrázek 19. Princip solárních panelů (EEH prezentace)	34
Obrázek 20. Výběr správného systému (www.rehau.com)	36
Obrázek 21. Instalace systému (EEH prezentace)	36
Obrázek 22. Schéma systému	37
Obrázek 23. Napojení obvodové stěny na střechu (www.pasivnidomy.cz)	39
Obrázek 24. Detail nadpraží (www.pasivnidomy.cz)	40
Obrázek 25. Detail parapetu (www.pasivnidomy.cz)	40
Obrázek 26. Detail základů (www.pasivnidomy.cz)	41
Obrázek 27. Vizualizace	42
Obrázek 28. Vizualizace 2	42
Obrázek 29. Vizualizace 3	43

České vysoké učení technické

Fakulta stavební

Katedra technologie staveb

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1 – Harmonogram

Příloha 2 – Technologický normál