

Středoškolská technika 2015

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

Slaměný pasivní dům

Jirák Michal

Střední průmyslová škola stavební

Dušní 17, Praha 1



Stavba slaměného rodinného domu s výtvarnou dílnou v pasivním standartu s využitím přírodních stavebních materiálů.

OBSAHOVÝ LIST

1. Úvod

2. Návrat do středověku?

- 2.1. Historie dřevostaveb
- 2.2. Slaměná výstavba
- 2.3. Ekologické materiály
- 2.4. Sláma

3. Můj projekt domu

- 3.1. Technické parametry
- 3.2. Koncepce budovy
- 3.3. Přízemí
- 3.4. Obývací pokoj
- 3.5. Veranda a sklep
- 3.6. Ateliér
- 3.7. 2.NP
- 3.8. Zahrada

4. Pasivní stavba

- 4.1. Co to je pasivní dům?
- 4.2. Příklady slaměných domů v ČR
- 4.3. Výhody a nevýhody

5. Co jsem použil na stavbě a proč

- 5.1. Sláma ve výstavbě
- 5.2. Konstrukční systémy pasivní dřevostavby
- 5.3. Základy
- 5.4. Podlahy
- 5.5. Stropy
- 5.6. Akumulace tepla v dřevostavbě
- 5.7. Stěny
- 5.8. Střecha
- 5.9. Vytápění a větrání
- 5.10. Okna
- 5.11. Stínění a oslunění
- 5.12. Hliněné omítky
- 5.13. Venkovní obklady stěn
- 5.14. Srovnání cen izolací a materiálů

6. Závěr

7. Soupis použité literatury

8. Seznam příloh:

- 1. Prezentace v PDF
- 2. Model domu

1. Úvod

Už dlouho mě štvě, jak lidi ničí přírodu, proto jsem si minulý rok řekl, že mám dost nerozumného zacházení s životním prostředím, plýtváním energiemi a přírodním nerostným bohatstvím. Proto když nám ve škole zadali vypracovat návrh rodinného domu, vybral jsem si za materiál slaměné balíky. Ale na začátku mi nebylo jasné jak najít konstrukční výšku jednotlivých pater, proto na začátku října jsem začal hledat lidi, kteří znají slámu a umí s ní pracovat. Ve farnosti kam chodím, mě kamarád poslal za architektem Janem Mártonem, který spoluzaložil a pracuje v ateliéru zabývajícím se převážně urbanistikou a ekologickými pasivními domy. Je hlavním autorem knihy STAVBY ZE SLAMĚNÝCH BALÍKŮ vydané v roce 2010

2. Návrat do středověku?

2.1. Historie dřevostaveb

Dřevostavby jsou jedny z nejstarších staveb, které stavěl člověk. Obydlí ze slámy a rákosí se stavěla a dodnes staví, na africkém kontinentě již od paleolitu. Ze směsi slámy s hlínou staví lidé od nepaměti. V konstrukcích z takové směsi zůstává sláma zachována i po několik století.



Slaměný dům postavený v roce 1886 v Nebrasce, zdroj: www.jakubwihan.com

Balíky slámy při stavbě domu byly použity již před 400 lety v Německu. V Americké Nebrasce byl v roce 1850 vynalezen mechanický lis na slaměné balíky a v letech 1886-87 tu byla ze slaměných balíků postavena škola. Vynálezem lisu se značně usnadnilo stavění za slámy a zanedlouho se dostalo do Evropy a potom se rozšiřuje do celého světa. V Americe dosud stojí a plní svou funkci řada prvních domů z nosné slámy z tohoto období. V současné době se stavění ze slámy stává oblíbenou alternativou stavebních materiálů pro novodobé nízkoenergetické a pasivní stavění.

2.2. Slaměná výstavba

Při navrhování ekostaveb domů se zpravidla uplatňují koncepty:

- pasivní a nízkoenergetické domy
- solární architektura
- domy chráněné zeminou
- zelená střecha
- úspornost, skromnost

Ekologické stavitelství se snaží omezit vliv stavebních činností na životní prostředí a současně zlepšit kvalitu budov s ohledem na zdravé vnitřní prostředí, šetření přírodními zdroji energií i s ohledem na estetické vlastnosti budov a jejich maximální životnost. Postupy ekologického stavitelství jsou aplikovány v celém životním cyklu budov, počínaje jejich návrhem, výstavbou, provozováním až po jejich demolici a recyklaci. Nejedná se při tom o normový předpis, ani o architektonický styl, ale o životní styl a postoj k životnímu prostředí. Jedním z možných přístupů k ekologické výstavbě je „Posuzování“. Například energetické hodnocení zohledňuje nejen energie při provozu, ale také pro výrobu a likvidaci stavebních materiálů (např. polystyren má velkou výrobní i recyklační zátěž). Proto ekologické stavitelství upřednostňuje přírodní materiály (např. dřevo-nosná konstrukce, sláma-izolace, hlína-omítka, nepálené cihly-akumulace) a recyklovatelné materiály. Zdůrazňuje integraci obnovitelných zdrojů energie do budov, optimalizaci zdrojů obnovitelné energie, využívání

ekologických technologií (např. zadržování dešťové vody pro technické potřeby domu, kořenové čistírny odpadních vod) a použití zelených střech domu jako náhradu za zábor zastavěného místa stavbou.

Do výpočtů se zavádějí tyto hodnoty pro tepelnou vodivost:

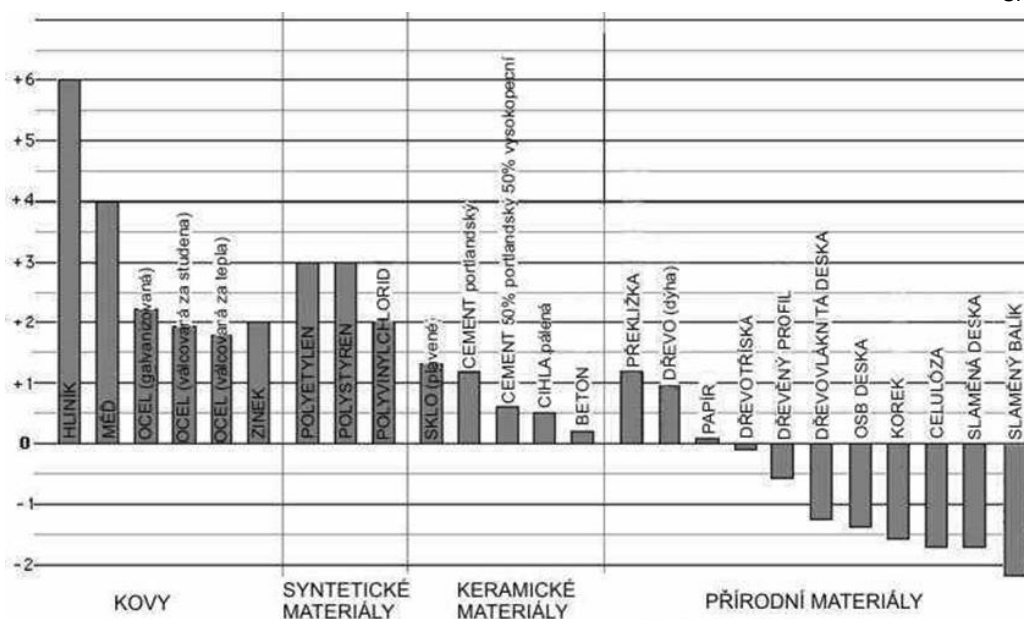
- pro směr tepelného toku podél stébel s tepelnou vodivostí $0,06 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$
- pro směr tepelného toku kolmo na stébla s tepelnou vodivostí $0,05 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$

2.3. Ekologické materiály

Upřednostnění přírodních a recyklovatelných stavebních materiálů před konvenčními stavebními materiály je především, pro:

- minimalizaci ekologických dopadů při výrobě (průmyslová chemie, umělé hmoty, odpad, CO₂)
- využití místních zdrojů
- nízkou výrobní a dovozní energetickou náročnost

Srovnání CO₂ bilance



Typickými zástupci jsou:

- nepálené cihly (zdivo, vnitřní akumulční zdivo, obvodové nosné zdivo)
- hlína (omítky, vnitřní akumulční omítky)
- sláma (tepelná izolace, zdivo)
- dřevo (nosná konstrukce, obklady, podlahy, střešní šindel)
- kámen (základ stavby, vnitřní akumulční zdivo)
- konopí, ovčí vlna, len, rákos (tepelná izolace)
- rákos (střešní krytina)
- hlína + tráva (zelené střechy)

Všechny tyto materiály se dají jednoduše recyklovat a nezanechávají stopy v krajině.

2.4. Sláma

Vlastnosti:

Prostup tepla slaměnou stěnou

Tepelná vodivost je závislá na objemové hmotnosti (míře slisování) slámy. Za optimální se považuje hodnota 90 kg/m^3 , tepelná vodivost však zřejmě s rostoucí objemovou hmotností



poroste jen nevýznamně málo. I při 200 kg/m^3 bude tepelná vodivost přibližně stejná. Tepelná vodivost slámy závisí také na orientaci stébel.

Ve výpočtech měrné potřeby tepla (průměrná roční venkovní teplota $\rightarrow$ nevýznamný podíl přenosu tepla konvekci):

- pro směr tepelného toku podél stébel s tepelnou vodivostí $0,06 \text{ W/(m K)}$
- pro směr tepelného toku kolmo na stébla s tepelnou vodivostí $0,05 \text{ W/(m K)}$

Vlhkost

Pro prevenci růstu plísní a hub nesmí vlhkost balíků překročit 15 % a neměly by ani být dlouhodobě umístěny v prostředí s relativní vlhkostí vzduchu větší než 70 %. Proto je balíky před nadměrnou vlhkostí nutno chránit, a to jak během skladování a výstavby, tak v průběhu celé životnosti budovy.

V celoroční bilanci se musí všechna zkondenzovaná vlhkost z konstrukce odpařit. To je možné zajistit dvěma základními způsoby:

- a) parobrzdou na vnitřním líci konstrukce (např. desky OSB)
- b) hliněnou omítkou na vnitřním a hliněnou nebo vápennou omítkou na vnějším líci balíků

Akustické vlastnosti

Obvodová slaměná stěna s hliněnou omítkou (balík 400 mm , omítky $2 \times 40 \text{ mm}$) má v závislosti na objemové hmotnosti balíků ($70\text{--}90 \text{ kg/m}^3$) akustický útlum $50\text{--}55 \text{ dB}$, normový požadavek je v závislosti na podmínkách max. 50 dB .

Cena

Cena slaměného domu je velmi odlišná. Hodně záleží na variantě, pro kterou se rozhodnete. Asi nejdražší bude dřevostavba na klíč, u které se náklady vyšplhají až na hodnotu běžného domu. V České republice se zatím na tyto stavby specializuje jen pár firem a chybí konkurence a dlouhodobější praxe v provádění. Pokud se rozhodnete postavit dům svépomocí, máte možnost oproti běžnému domu významně ušetřit. Ale největší úspory přinese vlastní bydlení v domě.

Škůdci

Samotnou slámu hlodavci nežerou. Do domu izolovaného slámou nejsou lákáni o nic více, než do domu z jakéhokoli jiného materiálu. Mezi balíky slámy se však rádi zabydlí při jejím skladování stejně jako všude tam, kde najdou teplo, úkryt a potravu. Čím méně je sláma vymláčená, zůstává v ní více zrn, tím bude při skladování lákat hlodavce více. Účinnou a jednoduchou pomocí je kočka. Viděl, jsem polystyrenem zaizolované domy, kde v omítky bydlely veverky, a znám lidi, kteří viděli datla, jak klove díry do omítky.

Hořlavost

Slaměná stěna tl. 35 cm jako výplňový materiál s dřevěnou nosnou konstrukcí, dřevěným laťováním a oboustrannou omítkou má certifikovanou požární odolnost F90, tzn. po 90 minutách prohořívá a padá.

Oproti rozšířenému polystyrenu je slaměný balík relativně požárně odolný materiál. Stěny ze slaměných balíků byly po celém světě podrobeny mnoha testům požární odolnosti. Všechny výsledky jednoznačně potvrzují, že hořlavost není u slaměného balíku vůbec žádným problémem. Spadá do kategorie B – materiály normálně hořlavé podobně jako dřevo. Dne 30. 6. 2011 proběhla v požární zkušebně PAVUS ve Veselí nad Lužnicí požární zkouška 2 typů slaměných stěn. Stěna z nosné slámy prokázala požární odolnost REI 120 minut, stěna, kde byly slaměné balíky použity pouze jako výplň dřevěného skeletu se sloupky 50x100mm prokázala požární odolnost REI 60 minut. Výsledek zkoušky vysoce překračuje požadovanou požární odolnost nosných stěn, v přízemí dvoupodlažního domu je REI 30minut.

4. Vlastní objekt

4.1. Koncepce budovy

Budovu tvoří ležatý hranol, který je delší stranou natočený na jih. Jižní stěna je nejvyšší, aby v zimě dokázala přijmout co nejvíce slunečního záření, také je nejvíce prosklená, aby na ní byly vysoké solární zisky. Nad jižní stěnou je poměrně velký přesah střechy 1,44m, aby v letních měsících nedocházelo k přehřívání budovy. Přízemí chrání balkon. Na východě stavby je garáž se dvěma stáními pro auta a příjezdovou cestou. Sever je částečně zakopán a je zde nejnižší stěna. Severní stěna má minimum okenních otvorů, je celá obložena dřevěným obkladem. Na severu k budově přiléhá sklad dřeva a vchod do sklepa. Na západní straně je dřevěný obklad, aby dům byl chráněn proti převládajícím větrům ze Severo-západu. Okna jsou soustředěna na jih a západ. Ostatní stěny jsou tvořeny většinou tepelnou izolací.

4.2. Technické parametry

1.1. Stavba

Název stavby: Rodinný dům s ateliérem

Místo stavby: ul. Na jabloňce 666/1 Praha 8 - Troja

Katastrální území: Troja

Plocha dotčeného území: 3209 m² celkem

Užitná plocha: 396,5 m²

1.2. Projektant

Zpracoval: Michal Jiráček

Kontroloval: Ing. Beáta Kunáková

Konzultoval: Ing. Arch. Jan Márton

1.3. Stavebník

Investor: Jan Jiráček

Adresa: Na Jabloňce 5/101 Praha 8

IČ(dat. Nar.) : 1. 9. 1966

1.4. Projednání dokumentace: Stavebník.

1.5. Charakteristika území stavby

Pozemek je umístěn v klidné oblasti ve slepé ulici. Dům je umístěn pod vrcholem sedla kopce v oblasti zastavěné rodinnými domy. Docházková vzdálenost je 10 minut do stanice metra Kobylisy a 4 minuty na tramvajovou zastávku.

1.6. Účel stavby

Dům je navrhovaný pro bydlení rodiny s ateliérem. Do budoucna je možné rozdělit dům na tři bytové jednotky. V domě může žít početná rodina až s šesti malými dětmi anebo se čtyřmi dospívajícími dětmi. Po malé přestavbě se dá rozdělit dům na tři bytové jednotky s ateliérem.

1.7. Popis pozemku

Pozemek je orientován na vrcholku kopce, kde 60% se svažuje na jiho-západ, pozemek je napojen z jihu na veřejnou komunikaci. Všechny sítě jsou na pozemku, je vhodný pro pasivní dům z hlediska oslunění.

2. Dosavadní využití území stavby

Pozemek je veden jako stavební parcela

3. Kapacita:

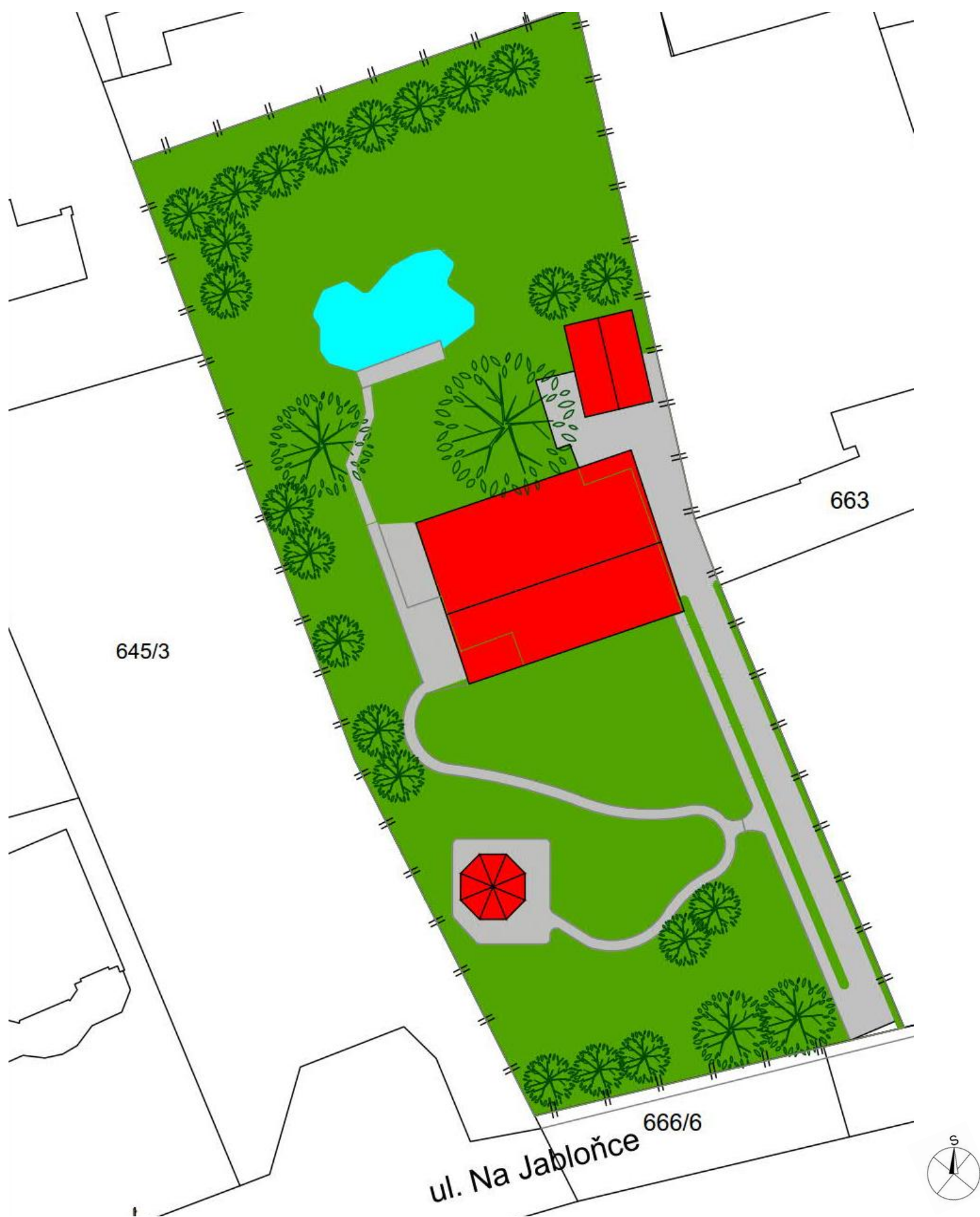
RD o rozsahu 5 + kk s provozovnou. Dům je pro 8. obyvatel, z toho 2 - 4

dospělých a 4 - 6 dětí

4. Užitná plocha 396 m²

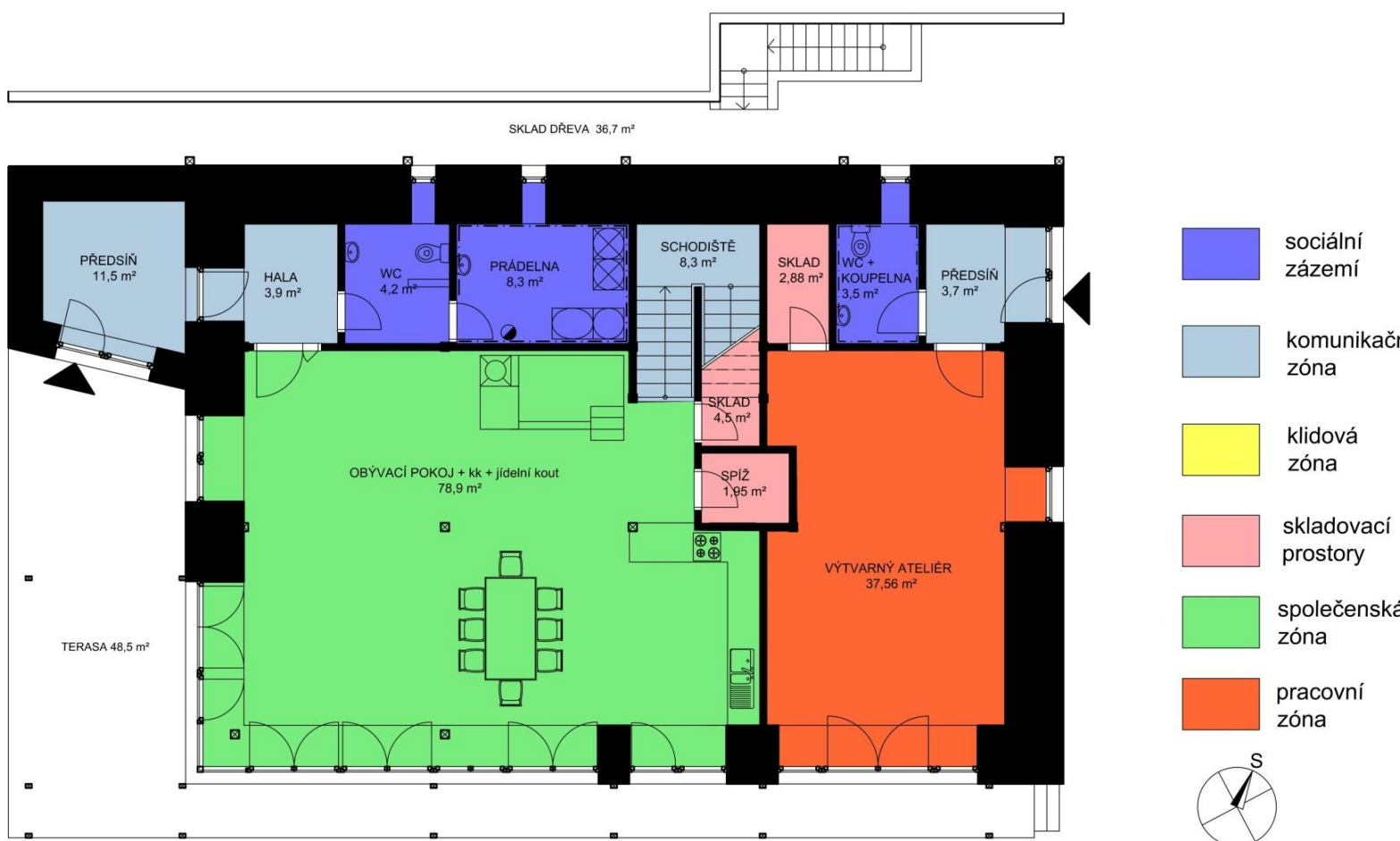
5.1.3. Zastavěná plocha je 855,7 m²

5.1.4. Obestavěný prostor je 1106 m³



Situace objektu na pozemku – vlastní návrh

5.1. Přízemí



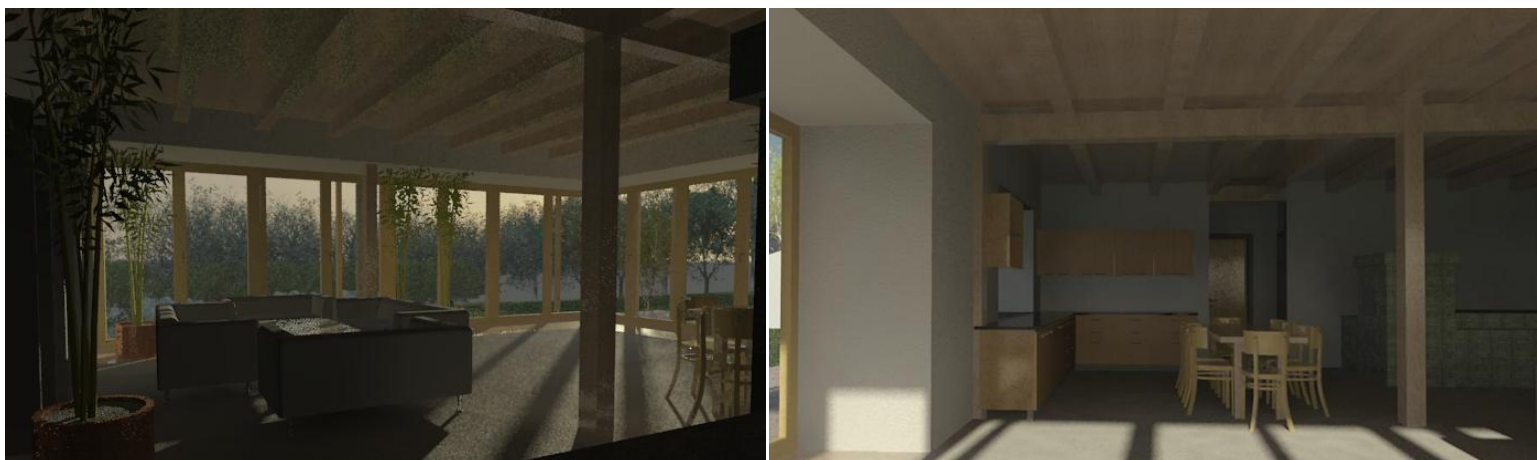
Přízemí je rozděleno na část rodinného domu a část ateliéru. Celému přízemí vévodí obývací pokoj 66m². V obytné části je dominantou **obývací pokoj** s kuchyňským koutem a v provozovně to je samotný ateliér. Orientace místností: obývací pokoj na jih jiho-západ, kuchyňský kout na západ, dále sklad, spíž, technická místnost (prádelna), WC ateliéru jsou orientovány na sever s malými okny, aby nedocházelo k velkým únikům tepla. Středem domu prochází chodba s koupelnou a záchodem, koupelna se hodí, pokud pracujete na zahradě nebo máte malé děti. Z chodby se dá vyjít do patra. Předstín ateliéru je na východ a ateliér na jiho-východ.

Na severní straně domu je krytý sklad dřeva, ve kterém může být až 25m³ dřeva, přitom roční spotřeba bude možná okolo 5-8m³, protože čím déle dřevo vysychá, tím větší má výhřevnost. Na západě je velká terasa přístupná z obývacího pokoje, bude částečně krytá přesahem střechy a částečně balkonem. V létě bude rozšiřovat vnitřní prostor obývacího pokoje. Na jihu budovy je kryté podloubí.

Na východ bude dílna s garáží pro dvě auta.

5.2. Obývací pokoj

Obývací pokoj je největší pokoj v domě, u kterého se nachází kuchyňský kout, jídelna a kachlová kamna, která vytápějí celý dům. Z obývacího pokoje se dá jít na chodbu nebo do spíže, prádelny a skladu na dřevo, také se dá vyjít na zahradu a propojit dům se zahradou.

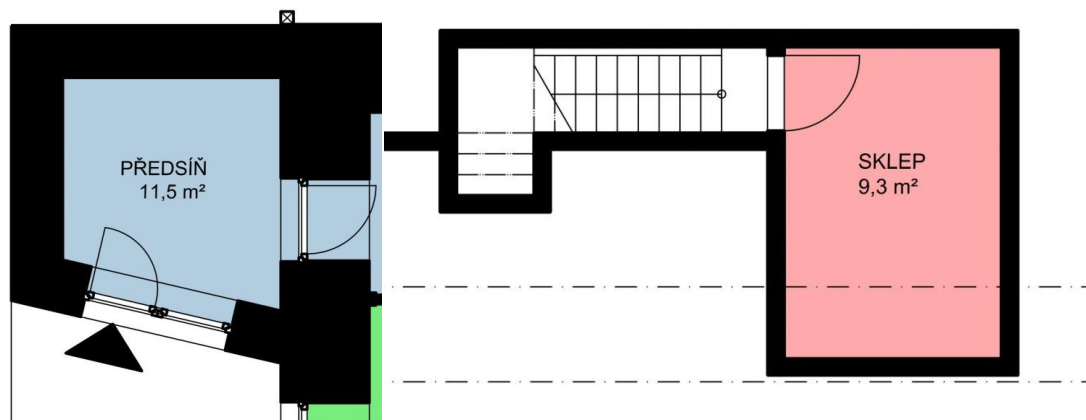


Vizualizace interiéru

5.3. Veranda a sklep

Veranda neboli předsíň je orientovaná na jih, aby byla světlá a dělala dobrý dojem na návštěvy a v zimě se ohřála sluníčkem. V létě se nemůže přehřát, protože je stíněna balkonem.

Sklep je umístěn vedle domu, aby neubíral tloušťku izolace na podlaze.



Veranda

sklep

5.4. Ateliér

Do ateliéru se dá dostat pouze přes zahradu. Poměrně jednoduše se dá předělat na bytovou jednotku.

5.5. 2.NP

Na jižní straně jsou dětské pokoje a pracovna a mají velká prosklená okna. Na jiho-východě je ložnice rodičů. Severní strana má obklad, na této straně jsou dvě koupelny, šatna a schodiště. Strop patra je sklonitý a kopíruje tvar střechy.



5.6. Zahrada

Zahrada bude koncipovaná jako biodynamická, bude rozdělena na užitkovou na severu a část pro hraní, trávení volného času a pěstování okrasných rostlin. Zahrada hraje velkou roli pro pasivní dům, zajišťuje stínění ostrému slunečnímu svitu v létě při západu slunce a oslunění domu v zimě, kdy slunce je nízko nad obzorem. Na severní straně, která je vodorovnější, bude koupací jezírko. Na severní hranici bude malý ovocný sad a na západ od domu bude terasa a možná i domeček pro děti. Za domem bude dílna s garáží. Na pozemku bude osmihranný altán s krbem.





3. Pasivní stavba

3.1. Co to je pasivní dům?

Pasivní dům je objekt, který má spotřebu energie pod 15 kWh/(m²rok)

Základní podmínky pro návrh pasivního domu:

- vhodné situování objektu na pozemek, zohlednit stínění, návětrné strany, umístění pozemku nejlépe jižní svah, atd....
- vhodné je co nejvíce omezit tvar budovy, aby byl co největší objem budovy a co nejméně ochlazovaných ploch
- orientování místností a fasád pro maximální využití sluneční energie hlavně v zimě,...
- správně rozvrhnout umístění vytápěných místností a užitkových místností s nižší teplotou
- optimální navržení obvodových plášťů budovy (stěn, střech, základů,....)
- co nevyšší omezení tepelných mostů
- vhodné umístění oken, aby měly co největší tepelné zisky
- podmínkou pro udělení certifikátu je potřeba vzduchotěsné obálky budovy
- co největší objem zpětně získaného tepla pomocí řízeného větrání a rekuperace
- využívání přírodních zdrojů energie a využití dešťové vody popřípadě odpadní – malá ekologická stopa
-

3.2. Příklady slaměných domů v ČR

V Čechách je dnes už postaveno přes sto slaměných staveb a jejich počet přímo exponenciálně roste.

Nízkoenergetický RD v Ivanovicích na Hané



- Projekt: Dan Grmela, Lukáš Hejný (2009)
- Realizace: Dan Grmela, Jindra Sláma, Lída Temelová

- Užitná plocha: 96 m²
- Celkové náklady na stavbu: 1 mil. Kč
- Měrná potřeba tepla na vytápění: 30 kWh/(m²rok)



Pasivní slaměný rodinný dům - Jablonec nad Nisou / Rýnovice

- Ing. Arch. Jan Márton, Ing. Arch. Petr Klápště
- Podlahová plocha 109 m²
- Měrná potřeba tepla na vytápění 13 kWh/(m²rok)
- Pasivní rodinný dům - dřevostavba two-by-four izolovaná slámou a foukanou celulózou, založená na sloupech z rušeného elektrického vedení. Studie vznikala v letech 2008-2009, stavební povolení 2010, stavba částečně svépomocí 2010-2014.

Dům v kožichu

- Autor: SEA Architekt | Petr Suske
- Realizace: 2003
- Adresa: Michalovice, Mladá Boleslav
- Náklady: 1 500 000 CZK
- Pasivní stavba navržená jako nulová. Balíky ošetřené proti hoření.
- Organická architektura



Mateřská škola - Pitín

- Architekt: Mojmír Hudec - ateliér ELAM
- Realizace: 2009
- Typ stavby: rekonstrukce
- Rekonstrukce mateřské školy v Pitíně do skoro pasivního standardu. Izolace slaměnými balíky obvodových stěn, ale i stropu. Instalovány solární kolektor pro ohřev teplé vody.
- Parametry slaměné izolace: Zateplení obvodových stěn slaměnými balíky o tloušťce 400 mm, upevněnými mezi dřevěné nosníky, uzavření stěny difúzní deskou a obkladem z desek Cembrit.



Slaměný rodinný dům ve Sluneční ulici - Hradčany u Tišnova

- Architekt: akad. arch. Aleš Brotánek
- Realizace: 2007 - 2009

Konstrukce domu je vytvořena z odkorněných kmenů borovice, která je vyplněna slaměnými balíky, na ně je nanášena hliněná omítka. Dům se řadí do kategorie nízkoenergetických domů. Je vytápěn pecí v kombinaci s elektrickými sálavými panely. Veškerá šedá voda je přechištěována v blízké kořenové čistírně.



3.3. Výhody a nevýhody

Výhody pasivní slaměné budovy

- variabilita konstrukce
- při realizaci nosné slámy svépomocí mohou být velké úspory financí
- při porušení omítky je jednoduchá oprava
- dobrá tvarovatelnost hliněných omítek, lze vyrobit hliněné lampy, kamna, sezení, výklenky a velice snadno se předělají
- ekologická stavba
- nízká energetická náročnost jak při stavbě, tak při provozu
- lze dnes získat pojištění, protože sláma spadá do kategorie B – materiály normálně hořlavé
- většinou jsou tyto domy difúzně otevřené, tedy dům dýchá, což zaručuje přirozené a zdravé prospěšné klima v domě
- hliněné omítky regulují rozdíly mezi suchým nebo naopak moc vlhkým vzduchem a přitom je to tak jednoduché a navíc jsou vnitřní hliněné omítky pěkné a příjemné na dotek
- velmi laciný místní materiál
- snadná manipulace, rychlá stavba
- sláma je organický materiál, který lze po dožití stavby snadno zlikvidovat

Nevýhody slaměné pasivní budovy

- oproti použití cihel slaměné balíky zabírají hodně užitého prostoru i zastavěné plochy
- sezónnost tohoto stavebního materiálu – sláma není dostupná celoročně a navíc také ve standardu, který potřebujete
- Je potřeba chránit slaměné balíky během stavby, předtím, než je hotová střecha a omítnutí tak, aby nenavlhly a po celou životnost stavby
- další nevýhoda se týká interiéru slaměného domu - musíme pamatovat na to, že si nemůžeme jen tak pověsit něco těžšího na stěnu. Například pro připevnění polic, kuchyňských linek a podobného nábytku musíme už při stavbě uvažovat o vyztužení stěny
- musí se dělat precizní ochrana proti vodě
- sedání slaměné stěny - změna výšky (ve skeletové konstrukci, tento problém nenastává)
- reálné legislativní a sociální problémy při stavbě

4. Co jsem použil na stavbě a proč

3.4.Sláma ve výstavbě

Životnost slaměného domu - na tuto otázku zatím nelze přesně odpovědět, protože první slaměné domy byly postaveny teprve před 130 - ti lety. V USA je dodnes obydleno asi tucet stoletých slaměných domů, které nenesou známky žádných poruch. Nejstarší slaměný dům v Evropě stojí beze známek poruch už 90let. Předpokládána životnost za podmínky, že sláma bude uchována suchu, je několik set let. Po světě je už postaveno hodně domů a jsou velmi oblíbenou alternativou.

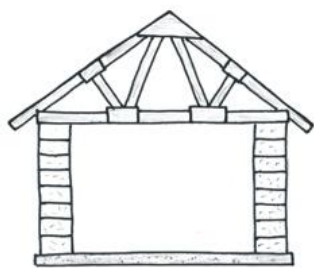
3.5.Konstrukční systémy pasivní dřevostavby

Ze slámy lze stavět v podstatě dvěma základními způsoby: použít ji jako nosnou či jako nenosnou konstrukci.

nosná sláma

-malé balíky

-velké balíky



hybridní systém

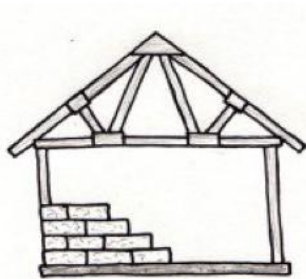
-nosná sláma + lehký skeletový systém



nenosná sláma

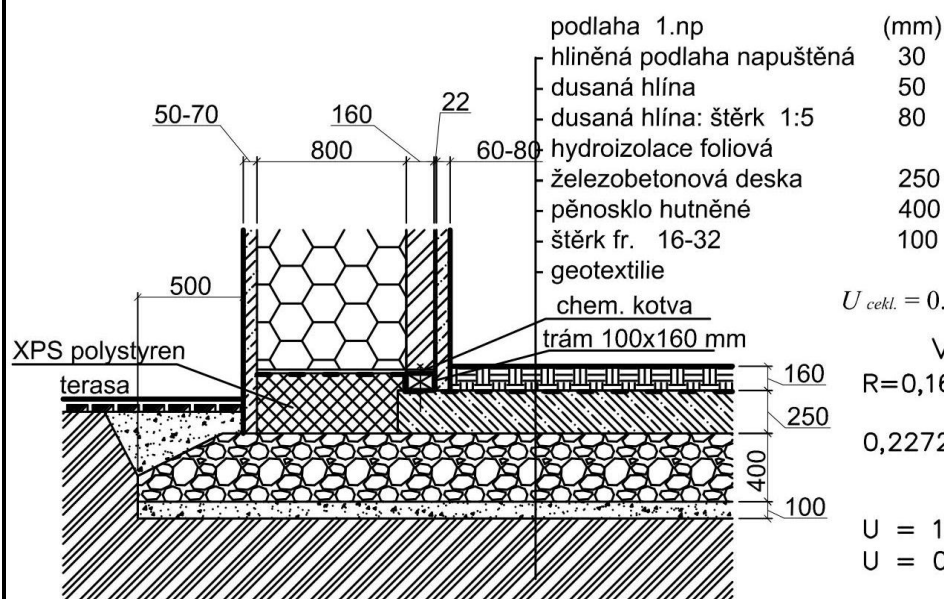
-skeletový systém





-stěnový systém

4.3. Základy



$$U_{\text{cekl.}} = 0,12$$

výpočet odporu základů

$$R = 0,16/0,7 + 0,25/1,43 + 0,4/0,052 + 0,1/2$$

$$0,2272 + 15,3846 = 0,0714$$

$$R = 15,7$$

$$U = 1/R \quad U = 1/15,7$$

$$U = 0,12 \quad U_n = 1/15,7 \text{ VYHOVUJE PRO PASIVNÍ DŮM}$$

Detail základů – vlastní návrh



Postup při realizaci základové plovoucí desky na pěnovém skle

zdroj: www.drevoastavby.cz

Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$ VYHOVUJE doporučené hodnotě pro pasivní domy $U_N = 0,18 \text{ W/m}^2\text{K}$. Stavba je založena na plovoucí desce s podsypem z pěnového skla, jde o nejekologičtější způsob založení a pro pasivní domy s požadavkem na vysoký standart tepelné izolace a dokonalé řešení tepelných mostů

Nehodí se:

- na nepropustné, jílová podloží

Výhody:

- pevné spojení se zemí
- velmi vysoká tepelná stabilita
- běžná výška podlahy nad terénem
- nízká tepelná ztráta podlahou
- v zahraničí osvědčené řešení pro pasivní domy

Nevýhody:

- vyšší cena (cca 2000 - 2700 s deskou Kč/m² zastavěné plochy)
- pro běžnou stavební firmu neobvyklé řešení
- technologicky náročné provedení (vysoká míra hutnění šterku z pěnového skla)

4.4. Podlahy

Hliněné podlahy - v domě bude hliněná podlaha v obývacím pokoji a ateliéru, vybral jsem ji pro její ekologii a líbí se mi její struktura, ekologická nenáročnost, na podlahu potřebujeme jenom přírodní materiály (hlína, sláma, písek a přírodní oleje nebo včelí vosk). Dále se mi líbí její finanční nenáročnost a není potřeba drahých materiálů a mechanizace. Také je možné dát podlaze osobitý vzhled pomocí mnoha přírodních barevných pigmentů. Hliněné podlahy se skládají z dusané spodní vrstvy (hlíny, jílu a šterku) a dále udusané vrchní pohledové nášlapné vrstvy, do které se přidává včelí vosk nebo lněný olej.



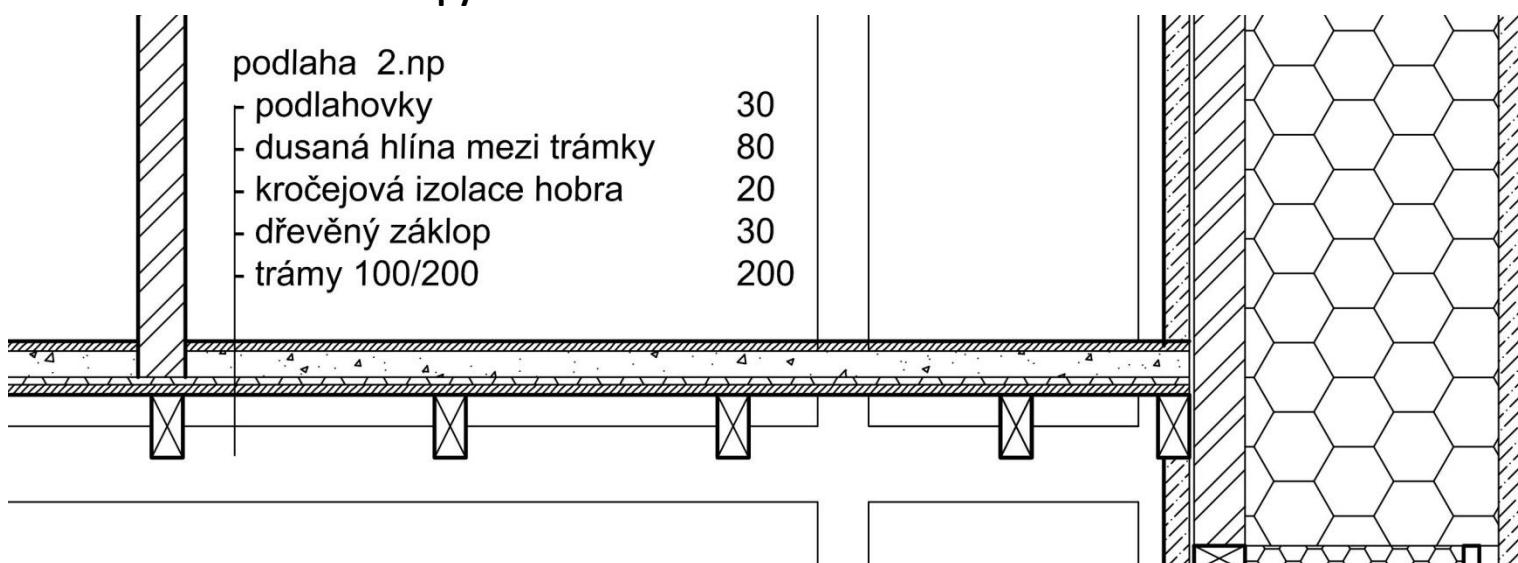
Kamenné a keramické podlahy – kamenné dlažby jsou ve skladech, v předsíních bude použita řezaná břidlice a v koupelnách budou použity keramické obklady a dlažba v přírodním stylu.

Dřevěné podlahy



– dřevěné podlahy jsou navrženy v celém poschodí a budou z modřínového dřeva, hoblovaného a ošetřeného včelím voskem. V dětských pokojích jsou koberce pro pohodlí při hraní na zemi.

4.5. Stropy



Detail stropu – vlastní návrh



Výhody trémového stropu:

- výhodná cena
- nízká vlastní váha
- velká variabilita ve skladbě materiálu
- je možné přizpůsobit různému zatížení

Nevýhody:

- velká konstrukční výška
- omezené rozměry dřevěných hranolů

- delší doba montáže

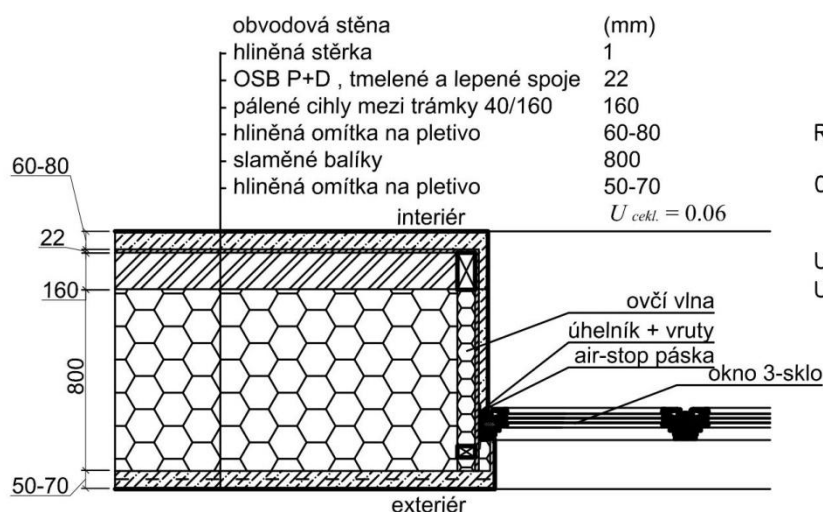
Strop je dřevěný trámový se záklopem, je spalný, příčky jsou uloženy na trámech. Strop je uloženy na obvodovém trámu a v prostoru podepřený průběžnými sloupy. Trámy jsou vzájemně pospojovány vruty s dvojítm závitem.

4.6. Akumulace tepla v dřevostavbě

Nízká akumulace tepla a tedy s tím spojené větší výkyvy teplot uvnitř stavby je velký problém. V akumulaci tepla ve hmotě stavebních materiálů domu mají výhodu zděné stavby. Tuto výhodu lze "přenést" i do dřevostavby! Jednou z možností je provést výplně obvodových zdí/příček pomocí nepálených cihel, či hliněnou omítkou, nebo vyskládanou a hlinou propojenou kulatinou,... vyskládané a pečlivě vyspárované cihly v trámové dřevostavbě mohou být velmi pěknou kombinací (lze použít staré očištěné cihly ze zbouraných staveb).



Stěny



výpočet odporu stěny

$$R = 0,05/0,7 + 0,025/0,11 + 0,15/0,78 + 0,8/0,052 + 0,05/0,7$$

$$0,2272 + 15,3846 = 0,0714$$

$$R = 15,7$$

$$U = 1/R \quad U = 1/15,7$$

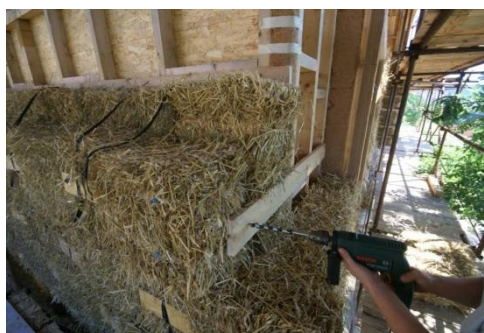
$$U = 0,06 \quad U_n = 1/15,7 \text{ VYHOVUJE PRO PASIVNÍ DŮM}$$

Uložení okna ve stěně – vlastní návrh

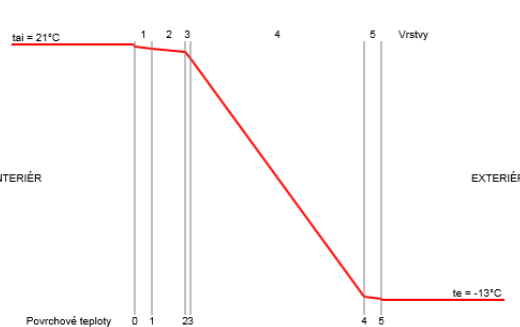
- Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0.06$

Odpor při prostupu tepla konstrukce $RT = 14.26 \text{ m}^2\text{K/W}$

- VYHOVUJE doporučené hodnotě pro pasivní domy $U_n = 0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$ dle ČSN 73 0540-2:2011
- Proč jsou stěny metr široké? Je to hlavně proto, že slaměný balík není úplně sourodý a ve výpočtech pro pasivní dům stačí skoro jeden balík, ale vlivem nerovností malých mezer by mohly vznikat tepelné mosty, proto se navrhuje dvojitá vrstva. Proto také vychází velmi vysoký odpor stěny
- Stěny tvoří lehký skelet zavětrovaný OSB deskami, slaměné balíky jsou použity pouze jako kontaktní zateplovací systém. Na vnitřní straně je cihlová stěna tl.150mm, která slouží jako akumulární vrstva. Dále OSB desky slouží pro vzduchotěsnost stavby (OSB desky se používají jako parobrzdy). Jsou přelepené Air-stop páskami přes spáry. Vnitřní a vnější omítka je hliněná.
- Příčky jsou z celých cihel se dřevěnými zárubněmi často jenom vyspárované.



Provádění rohu budovy



Graf průběhu teplot v konstrukci



Stavba z nosné slámy

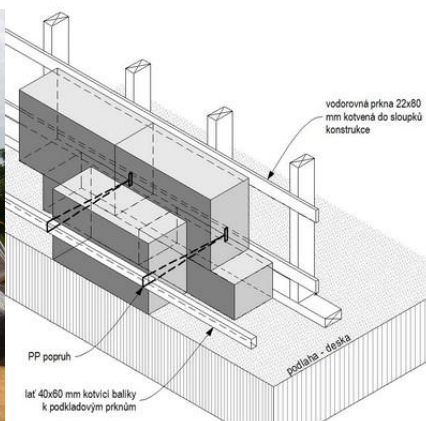


Schéma uchycení balíků ke konstrukci

4.7. Střecha



Součinitel prostupu tepla konstrukce $U = 0.07 \text{ W/m}^2\text{K}$ | VYHOVUJE doporučené hodnotě pro pasivní domy $U_N = 0.18 \text{ W/m}^2\text{K}$ dle ČSN 73 0540-2:2011

Střecha je tvořena vaznicovým krovem s uložením na sloupech.

Zelené střechy:

produkují kyslík a zadržují oxid uhličitý, absorbují škodliviny ze vzduchu, filtrují částice prachu a zabraňují jeho víření, zabraňují přehřívání střech, redukují výkyvy teplot mezi dnem a nocí, fungují jako tepelná a zvuková izolace, snižují spotřebu energie pro vytápění a chlazení,

zmírňují kolísání vlhkosti vzduchu, odlehčuje kanalizaci či zpomalují odtok dešťové vody,

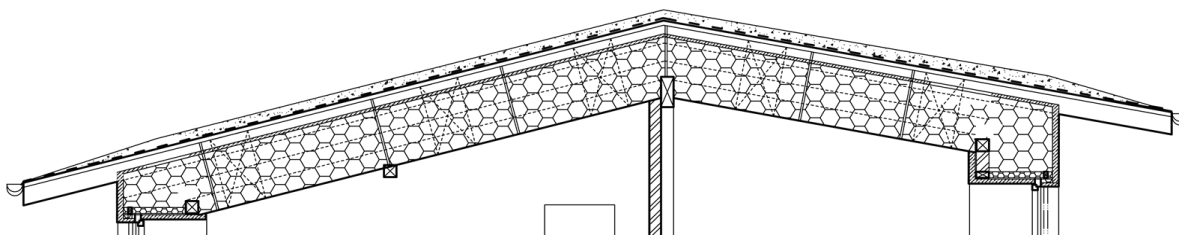


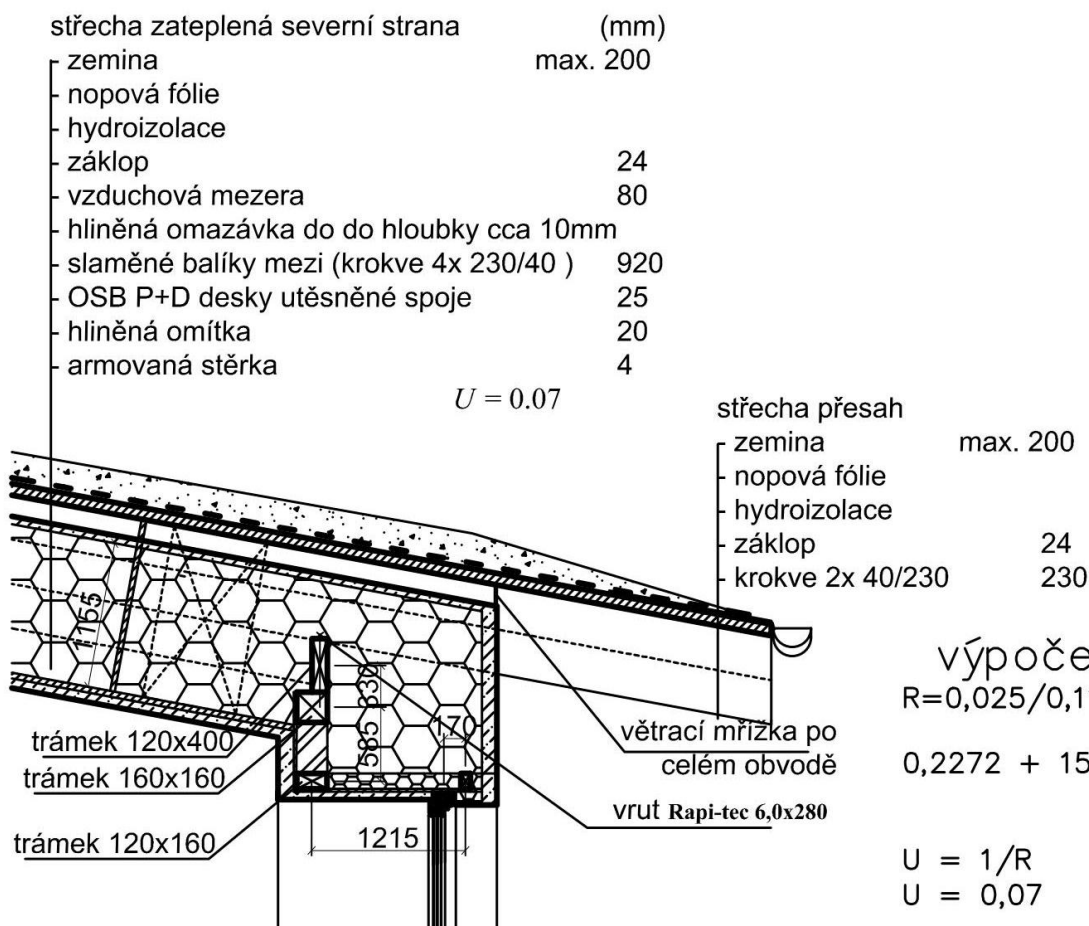
Schéma střechy – vlastní návrh

Výhody zelených střech

- produkují kyslík a zadržují oxid uhličitý
- absorbují škodliviny ze vzduchu, filtrují částice prachu a zabraňují jeho víření zabraňují přehřívání střech
- vytvářejí životní prostor pro hmyz, šíří vůni,
- redukuje výkyvy teplot mezi dnem a nocí
- fungují jako tepelná a zvuková izolace; snižují spotřebu energie pro vytápění a klimatizaci
- pokládají se za nehořlavé
- zmírňují kolísání vlhkosti vzduchu
- mají neomezenou životnost (pokud jsou odborně provedené)
- odlehčují kanalizaci či zpomalují odtok dešťové vody
- působí z hlediska rekreace a odpočinku velmi esteticky
- mohou být koncipovány i jako zahrádky pro pěstování květin a zeleniny

Nevýhody zelených střech

- konstrukčně náročnější - třeba je dokonalé provedení hydroizolační vrstvy
- nutná větší údržba
- je nutné staticky zesílit nosnou konstrukci



výpočet odporu střechy

$$R = 0,025/0,11 + 0,8/0,052 + 0,05/0,7$$

$$0,2272 + 15,3846 = 0,0714$$

$$R = 15,7$$

$$U = 1/R \quad U = 1/15,7$$

$$U = 0,07 \quad U_n = 1/15,7 \text{ VYHOVUJE}$$

Detail uložení střechy – vlastní návrh

4.8. Vytápění a větrání

4.8.1. Kamna

Umístění kamen v projektu

každý dům byt by byl sebelépe zaizolován potřebuje nějaký zdroj tepla, proto jsem navrhl do domu kachlová kamna, budou umístěna před technickou místností, do které budou ústít trubky z tepelného výměníku. Na kachlová kamna použiji vestavěný litinový výměník BURNET 400, který zamezí přehřívání místnosti. Kamna bude také ochlazovat vzduch, kterým poté bude vytápěn celý dům.



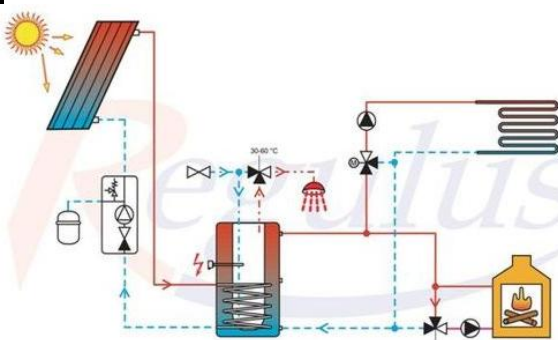
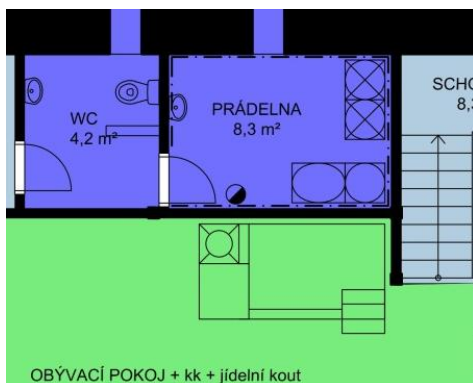
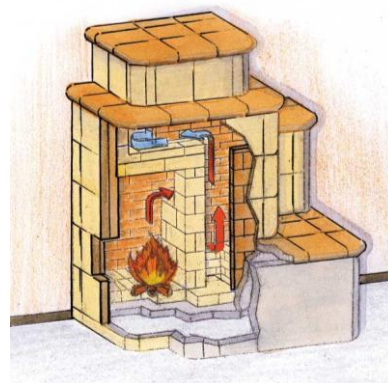


schéma zapojení rekuperace

Vytápění je zajištěno kamny s tepelným výměníkem V zásadě je mi nejbližší vytápění dřevem. Toto teplo je příjemné, zdravé a při správném spalování vznikají emise podobné jako při přirozených lesních požárech, se kterými si Země poradí, protože se zplodiny dostanou zpět do dřeva. Dřevo také patří k nejlevnějším druhům paliv. Mým favoritem jsou proto těžká akumulční kamna - ta předávají většinu tepla nízkoteplotním zářením, bez potřeby častého přikládání (naloží se 1-2x/den), s vysokou účinností, bez víření a přepalování prachu. Pro pasivní dům je vhodné použít tepelný výměník. Tepelný výměník se používá, aby se místnost nepřetopila a využilo se „přebytečné“ teplo po celém domě.



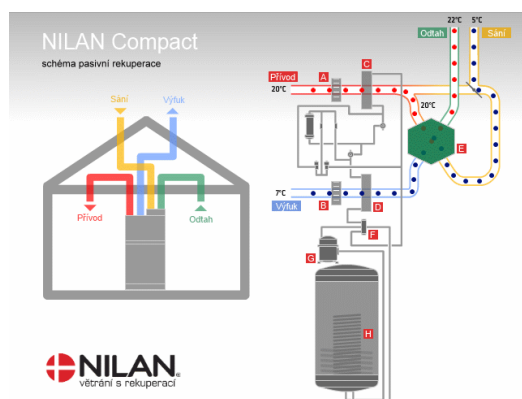
Hnědé uhlí	23 308 Kč / rok
Černé uhlí	26 092 Kč / rok
Koks	32 405 Kč / rok
Dřevo	14 840 Kč / rok
Dřevěné brikety	24 471 Kč / rok
Dřevěné pelety	23 391 Kč / rok
Štěpka	16 250 Kč / rok
Rostlinné pelety	16 476 Kč / rok
Obilí	13 595 Kč / rok
Zemní plyn	38 760 Kč / rok
Propan	44 072 Kč / rok
Lehký topný olej ELTO	48 689 Kč / rok
Elektřina akumulace	48 310 Kč / rok
Elektřina přímotop	55 719 Kč / rok
Tepelné čerpadlo	20 773 Kč / rok
Centrální zásobování teplem	26 531 Kč / rok

Zdroj: www.tzb-info.cz

Orientační srovnání cen za vytápění běžného RD

4.8.2. Rekuperace

Do domu použiji **Větrací jednotku NILAN Compact K**. Jednotka zajišťuje kompletní služby pro rodinné domy: větrání s účinnou rekuperací, levný ohřev teplé vody. V tomto domě bude dovybavena technologiemi pro vytápění. Jednotka bude připojena na tepelný výměník kamen, solární kolektor, který bude zajišťovat TUV v létě, kdy se netopí, dále teplovzdušné vytápění, a zásobník TUV na 300litrů.



4.8.3. Solární energie

Možným zdrojem tepla pro dům je slunce, využitelné:

pasivně v mém domě jsou solární zisky z oken převážně v zimních měsících

aktivně solární kolektory na ohřev TUV solární kolektory budu využívat pouze v létě, když se netopí v kamnech. Bude především využíván na ohřev TUV,

4.8.4. Technická místnost

V mém pasivním domě se má nacházet technická místnost, ve které budou uloženy rekuperace, expanzní nádoby, pračka, boiler. V tomto domě se bude nacházet za kamny, aby bylo možno napojit tepelný výměník a udělat komín (obr. – vlastní návrh)



4.9. Výplně otvorů

Okna a dveře jsou součástí obálky budovy, která slouží pro uchování tepla uvnitř budovy. Z hlediska tepelné izolace budou okna i dveře vždy nejslabším článkem obvodového pláště, kudy uniká nejvíce tepla. Proto je kladen velký důraz na parametry oken a dveří, zejména na jejich tepelně-izolační vlastnosti.

Proto jsem na dům použil okna a dveře od české firmy Slavona, která jsou vhodná pro nízkoenergetické a pasivní domy

Materiál: - smrk napojovaný, vchodové dveře smrk fixní

Kování - SIEGENIA AUBI TITAN AF bezpečnostní, volitelně skryté kování s nosností až 160 kg.

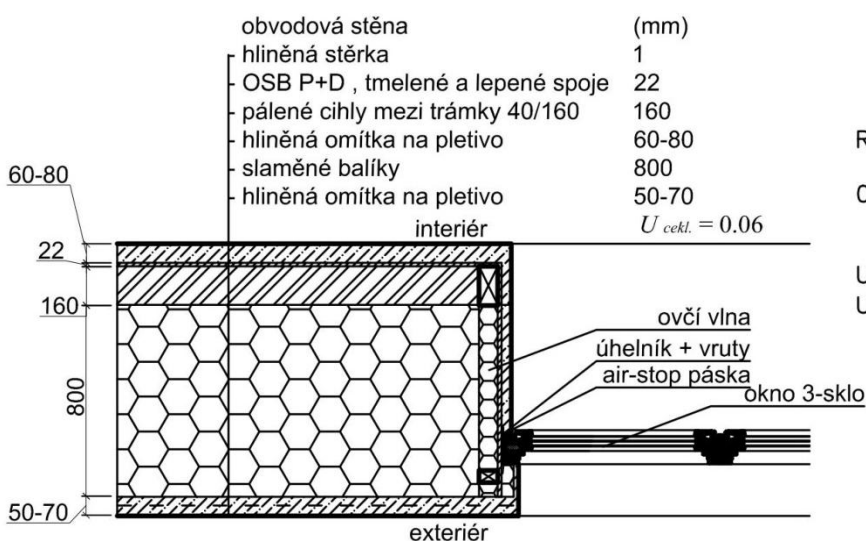
Výplně - izolační trojskla $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2\text{K}$ s teplým rámečkem

Okapnice - rámové a křídlové, eloxovaný hliník

Zasklívací lišta - rozšířená pro zvýšení vnitřní povrchové teploty na 23 mm.

Zdroj: www.slavona.cz.

Posílal jsem na firmu Slavona poptávku, která mi vyšla na 660 000 Kč.



výpočet odporu stěny

$$R = 0,05/0,7 + 0,025/0,11 + 0,15/0,78 + 0,8/0,052 + 0,05/0,7$$

$$0,2272 + 15,3846 = 0,0714$$

$$R = 15,7$$

$$U = 1/R \quad U = 1/15,7$$

$$U = 0,06 \quad U_n = 1/15,7 \text{ VYHOVUJE PRO PASIVNÍ DŮM}$$

detail osazení v slaměném pasivním domě – vlastní návrh + výpočet odporu



4.10. Stínění a oslunění

Pasivní dům potřebuje vhodné stínění v létě, kdy sluníčko nejvíce hřeje. Proto mám okraj střechy 1,44m od stěny, aby v létě, kdy paprsky dopadají pod úhlem 63° , nedopadaly za prosklené plochy. Na západ od domu budou vysazeny stromy, aby letní zapadající slunce nesvítilo do očí. Přízemí je chráněno balkonem, pod kterým je krytá terasa. Balkon má samonosnou konstrukci aby nevznikly tepelné mosty.

Vizualizace projektu



Zimní slunovrat – oslunění fasády



Pohled na balkon a terasu



4.11. Hliněné omítky

Hliněné omítky neobsahují žádné hydraulické pojivo a žádné škodlivé přísady, jejich zpracování je poměrně jednoduché a vyznačuje se takřka neomezenými možnostmi tvarování povrchu.

Omítky z hlíny jsou 100% recyklovatelné a obyčejným rozmícháním ze zatvrdlé omítkové směsi dostáváme znovu použitelnou směs. Mezi nejdůležitější vlastnosti hliněných omítek patří jejich schopnost regulace relativní vlhkosti vzduchu v místnosti. Díky své difuzní otevřenosti a akumulaci schopnosti zvlhčuje vzduch v místnosti nebo naopak odebírá vzdušnou vlhkost z místnosti.

Hliněné omítky výrazně prospívají alergikům, protože mají schopnost pohlcovat škodlivé látky, jako jsou cigaretový kouř, pachy z kuchyně. Dále také konzervují dřevo, jelikož mají schopnost udržovat přirozenou vlhkost a také akumulovat teplo.

Na téměř každé stavbě je na pozemku vhodný jíla na omítky.



4.12. Venkovní obklady stěn

Venkovní obklady jsou na severu a západě z modřínových prken. Kotveny jsou na trámkách. Budou namořeny a ponechány aby zžedly.

4.13. Srovnání cen izolací a materiálů

Materiál izolace při		Cena materiálu
tepelném odporu $R=8,0 \text{ m}^2\text{K/W}$	tloušťka	Kč/m ² s DPH
sláma	50cm	40-140 Kč
polystyren EPS	31cm	450 Kč
polystyren XPS	30cm	520 Kč
Isover TF PROFÍ	30cm	914 Kč
desky z pěnového skla	45cm	3400 Kč

6. Závěr

Pasivní dům jsem dělal, protože mě fascinují nízké náklady a poměrně jednoduché zásady. Upřednostňuji slaměnou stavbu hlavně pro její ekologii a čisté zdroje stavebních materiálů, které se navíc dají kompletně recyklovat nebo kompostovat. Také zanedlouho bude nutné stavět pouze pasivní domy a je dobré se naučit základní pravidla výstavby, abych později tyto poznatky mohl využít pro stavbu pasivních domů a pro rekonstrukce stávajících objektů.

Přínos vidím v informování společnosti, protože vidím jak se společnost staví ke slámě a pasivním stavbám

7. Soupis použité literatury

<http://naturesystems.cz/>

<http://www.slamak.info/>

Časopis: Dřevo&Stavby

<http://www.baobaby.org/>

<http://www.tesar-slama.cz/proc-pouzivat-zrovna-slamu.html>

<http://slamenedomy.cz/clanky>

<http://www.veronica.cz/>

<http://www.drevostavby.cz/cs/drevostavby-archiv>

Josef Kolb – Dřevostavby ISBN 978-80-247-4071-3

Neufred Neff – Dobrý projekt správná stavba ISBN 80-8076-022-5

<http://www.hlinene-omitky.cz/>

<http://www.ekozahrady.cz/>