

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Bytový dům Kyje
Residential building Kyje

Hynek Dřevěný

2023

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: <u>Dřevěný</u>	Jméno: <u>Hynek</u>	Osobní číslo: <u>494094</u>
Zadávací katedra: <u>k124</u>		
Studijní program: <u>Stavební inženýrství</u>		
Studijní obor/specializace: <u>Konstrukce pozemních staveb</u>		

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce: Bytový dům Kyje

Název bakalářské práce anglicky: Residential building Kyje


Pokyny pro vypracování:
Úvodní řešerše k tématu pasivního domu - koncepce návrhu obálky budovy ve vazbě na vzduchotěsnost, rozsah cca 10-15 stran. Na zadání dle studie (umístít v CZ) zpracovat energetické a stavebně-technické řešení obálky objektu (v max. míře blížíci se pasivnímu standardu) v materiálových/konstrukčních variantách s jejich následným vyhodnocením (technologie, vzduchotěsnost, tloušťka konstrukce aj.), zpracovat projektovou dokumentaci pro stavební povolení částí: A, C.3, D.1.1, D.1.2 (předběžný návrh a vybrané výkresy tvaru/skladby), D.1.4 (návrh zdrojů + přípojky, základní trasování ZTI, VYT, koncepce a dimenze VZT), část D.1.1 doplnit o podrobný návrh všech skladeb konstrukcí a vybrané stavební detaily (min. 6).


Seznam doporučené literatury:
- Konstrukční detaily pro pasivní domy - Juraj Hazucha, Jan Bárta
- Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov - Jiří Novák (Grada)
- vyhl. 499/2006 Sb. o dokumentaci staveb
- vyhl. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby, navazující ČSN (ČSN EN)

Jméno vedoucího bakalářské práce: Ing. Ctislav Fiala, Ph.D.

Datum zadání bakalářské práce: 22.2.2023

Termín odevzdání BP v IS KOS: 22.5.2023
Údaj uveďte v souladu s datem v časovém plánu příslušného ak. roku



Podpis vedoucího práce


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“.

22.2.2023
Datum převzetí zadání


Podpis studenta(ky)

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci „Bytový dům Kyje“ vypracoval a napsal samostatně, za přispění odborných konzultací Ing. Ctislava Fialy, Ph.D. a uvedené literatury.

V Praze 22. května 2023

Hynek Dřevěný

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Ctislavu Fialovi, Ph.D. za jeho vstřícné a odborné vedení práce. Za velmi užitečné konzultace a ochotu mi se vším pomoci.

Anotace

Téma bakalářské práce: Bytový dům Kyje

Předmětem této bakalářské práce je návrh a vypracování projektové dokumentace pro bytový dům Kyje. Součástí projektové dokumentace je vypracována řešerše na téma vzduchotěsnost obálky budovy. Projektová dokumentace obsahuje architektonicko-stavební část, stavebně konstrukční část a technika prostředí budov, kde je navrženo základní trasování kanalizace, vodovodu, vytápění a vzduchotechniky. Část vytápění je doplněna o předběžný výpočet ztrát a v části vzduchotechniky je navržena dimenze jednotlivých potrubí.

V první fázi byl navržen konstrukční systém a skladby konstrukcí. Skladby, které jsou v kontaktu s nevytápěným prostorem byly posouzeny na prostup tepla v programu Teplo 2017.

Po úvodní analýze byla vypracována projektová dokumentace pro stavební povolení.

Klíčová slova

Bytový dům, pasivní dům, vzduchotěsnost, rekuperace, vápenopískové zdivo, železobeton

Abstract

Theme of the bachelor thesis: Residential building Kyje

The subject of this bachelor thesis is concept and development of project documentation for the Kyje residential building. The project documentation includes a research on the topic of air tightness of the building shell. The project documentation includes an architectural and structural part, a building construction part and a building environment technology, where the basic routing of sewerage, water supply, heating and ventilation system is projected. The heating part is extended with a preliminary calculation of losses and the ventilation system is extended with pipe dimensions.

In the first phase, the structural system and the construction structures were proposed. Compositions that are in contact with the unheated space were assessed for heat transfer in Teplo 2017.

After the initial analysis, project documentation for the building permit was made.

Keywords

Residential building, passive house, airtightness, heat recuperation, limestone, reinforced concrete

Obsah

1. Rešerše – Vzduchotěsnost	
2. A – Průvodní zpráva	
3. C – Situační výkresy	
• Koordinační situační výkres	1:200
4. D.1.1. – Architektonicko – stavební řešení	
• Technická zpráva	
• Půdorys základů	1:50
• Půdorys 1.PP	1:50
• Půdorys 1.NP	1:50
• Půdorys 2.NP	1:50
• Půdorys střechy	1:70
• Řez-A	1:50
• Řez-B	1:50
• Pohled severní	1:50
• Pohled jižní	1:50
• Pohled západní	1:50
• Pohled východní	1:50
• Detail A	1:5
• Detail B	1:5
• Detail C	1:10
• Detail D	1:5
• Detail E	1:10
• Detail F	1:5
• Skladby konstrukcí 1	1:20
• Skladby konstrukcí 2	1:20
5. D.1.2. – STAVEBNĚ KOSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	
• Technická zpráva	
• Předběžný statický návrh	
• Konstrukční systém 1.PP	1:100
• Konstrukční systém 1.NP	1:100
• Konstrukční systém 2.NP	1:100
• Výkres tvaru nad 1.PP	1:50
6. D.1.4. – TECHNIKA PROSTŘEDÍ STAVEB	
• Technická zpráva	
• Návrh systémů TZB	
• ZTI – Výkres střechy	1:100
• ZTI Vodovod – 1.PP	1:100
• ZTI Vodovod – 1.NP	1:100
• ZTI Vodovod – 2.NP	1:100
• Vytápění – 1.PP	1:100

- Vytápění – 1.NP 1:100
- Vytápění – 2.NP 1:100
- Vzduchotechnika koncept – 1.PP 1:100
- Vzduchotechnika koncept – 1.NP 1:100
- Vzduchotechnika koncept – 2.NP 1:100
- Vzduchotechnika – 1.PP 1:100
- Vzduchotechnika – 1.NP 1:100
- Vzduchotechnika – 2.NP 1:100
- Výpočet tepelných ztrát

7. E – DOKLADOVÁ ČÁST

- Energetický výpočet budovy
- Vyt./Nevyt. prostor 1.PP 1:100
- Vyt./Nevyt. prostor 1.NP 1:100
- Vyt./Nevyt. prostor 2.NP 1:100
- Vyt./Nevyt. prostor Řez - A 1:70
- Vyt./Nevyt. prostor Řez - B 1:100

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STAVEBNÍ

KATEDRA KONSTRUKCÍ POZEMNÍCH STAVEB



REŠERŠE

VZDUCHOTĚSNOST

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Bytový dům Kyje

Residential building Kyje

Hynek Dřevěný

2023



Obsah

1	ÚVOD	1
1.1	Co je pasivní dům?	1
1.2	Co je vzduchotěsnost?	2
2	POŽADAVKY NA VZDUCHOTĚSNOST.....	3
3	MĚŘENÍ VZDUCHOTĚSNOSTI	4
3.1	NETĚSNOSTI V OBÁLCE BUDOVOY	5
3.1.1	Detekce anemometrem	5
3.1.2	Detekce pomocí ultrazvuku	6
3.1.3	Detekce pomocí termovizního snímkování	6
4	HLAVNÍ VZDUCHOTĚSNÁ VRSTVA	7
4.1	Návrh a realizace systému vzduchotěsnících opatření.....	7
4.1.1	Propracovaný návrh.....	7
4.1.2	Pečlivá realizace	7
4.1.3	Kontrola provedení	7
4.1.4	Informovanost všech účastníků návrhu a výstavby.....	8
4.2	Poloha HVV v konstrukci.....	8
4.3	Materiály pro HVV	9
4.4	Způsob spojení HVV	9
4.5	HVV u dřevostaveb	11
4.6	HVV u zděných staveb	12
5	ZÁVĚR.....	13
6	POUŽITÁ LITERATURA	13
7	SEZNAM OBRÁZKŮ	14
8	SEZNAM TABULEK.....	14



1 ÚVOD

1.1 Co je pasivní dům?

Abychom pochopili, jak vzduchotěsnost obálky budovy funguje a proč je dobré řešit vzduchotěsnost, tak je důležité si ujasnit, co znamená pojem pasivní dům. Pasivním domem se rozumí takový objekt, který má velmi nízké náklady na potřebu energie pro vytápění.

Název pasivní dům vychází z principu využívání pasivních tepelných zisků v budově. Jsou to vnější zisky ze slunečního záření procházejícího okny a zisky vnitřní. Teplo vyzařované lidmi a spotřebiči. Díky velmi kvalitní izolaci a dalším prvkům tyto zisky „neutíkají ven“ a po většinu roku postačují k zajištění příjemné teploty v místnostech. Vše dohromady zvyšuje kvalitu bydlení a hodnotu nemovitosti [1].

Aby objekt splnil limity pro pasivní dům, tak je zapotřebí, aby dům zpětně získával teplo (rekuperace). Vzduchotechnické jednotky se v nynější době rozmáhají stále více, protože ceny za energii na vytápění se stále zvyšují. Navíc technologie rekuperace je na vysoké úrovni a dokáže zpětně získávat teplo až při účinnosti nad 90 %. Dále by měl dům využívat energii ze slunečního záření. Používají se solární panely, které se většinou osazují na střechu, dále se mohou umístit na pozemek vedle objektu. Střecha pasivních domů by měla být plochá, či malého sklonu, protože tím snižujeme ochlazovanou plochu.

Nedílnou důležitou vlastností pasivního domu je vzduchotěsnost obálky konstrukce. Pro pasivní dům je maximální dovolená hodnota intenzity výměny vzduchu $0,6 \text{ h}^{-1}$. To znamená, že se za jednu hodinu při tlakovém rozdílu 50 Pa (to je tlak větru o rychlosti cca 9 m/s) nesmí vyměnit více vzduchu než 60 % celkového objemu budovy. Čím je hodnota intenzity výměny vzduchu nižší, tak vzduchotěsnost objektu je kvalitnější.

Pasivní dům má zpravidla kvalitní tepelnou izolaci. Velmi časté provedení obvodového pláště pasivního domu je, že se využije malé tloušťky nosné konstrukce (např. vápenopísek) a větší tloušťky kvalitní tepelné izolace (např. EPS Grey). Běžné rozměry obvodového pláště rodinného domu, při využití vápenopískového zdiva jsou: 175 mm nosná konstrukce a 300 mm zateplovací systém.

domy běžné ve 70.-80. letech	současná novostavba	nízkoenergetický dům	pasivní dům	nulový dům, dům s přebytkem tepla
charakteristika				
zastaralá otopná soustava, zdroj tepla je velkým zdrojem emisí; větrá se pouhým otevřením oken, nezateplené, špatně izolující konstrukce, přetápí se	klasické vytápění pomocí plynového kotle o vysokém výkonu, větrání otevřením okna, konstrukce na úrovni požadavků normy	otopná soustava o nižším výkonu, využití obnovitelných zdrojů, dobře zateplené konstrukce, řízené větrání	řízené větrání s rekuperací tepla, vynikající parametry tepelné izolace, velmi těsné konstrukce	parametry min. na úrovni pasivního domu, velká plocha fotovoltaických panelů
potřeba tepla na vytápění [kWh/(m²a)]				
většinou nad 200	80 - 140	méně než 50	méně než 15	méně než 5

Obrázek 1: Rozdělení objektů do kategorií podle spotřeby energie na vytápění [1]

1.2 Co je vzduchotěsnost?

Vzduchotěsnost se rozumí schopnost určitého prvku (zde obálky budovy nebo jejich dílčích částí) propouštět vzduch. Čím méně vzduchu prvek za určitých podmínek propouští, tím je těsnější. K tomu, aby daný prvek propouštěl vzduch, je zapotřebí splnění dvou základních podmínek:

- Prvek musí obsahovat netěsnosti – tedy místa, kudy může vzduch proudit.
- Prvek musí být vystaven tlakovému rozdílu (rozdílný tlak vzduchu v prostředích, která prvek odděluje). [3]

Nikdy není možné, aby objekt byl dokonale utěsněn, proto musíme problematiku vzduchotěsnosti řešit. Netěsnosti vedou především ke snížení účinnosti větracího systému, zvýšení rizika kondenzace uvnitř konstrukce, urychlení degradačních procesů v okolí netěsností, zhoršení akustických vlastností a ke zvýšení tepelné ztráty budovy, a tedy objekt už nemusí být řazen do kategorie pasivních domů (viz. Obrázek 1). Nejčastěji se u dřevostaveb hlavní vzduchotěsná vrstva vyskytuje na líci konstrukce v interiéru a u zděných konstrukcí se vyskytuje na vnějším líci zdiva před zateplením.

Nutnou podmínkou pro proděnění vzduchu je tlakový rozdíl mezi interiérem a exteriérem. Tlakový rozdíl je způsoben dvěma faktory: účinky působení větru a teplotní rozdíl mezi interiérem a exteriérem. Tlakový rozdíl se stanovuje pomocí empirické rovnice proudění. Objemový tok (\dot{V}) je přímo úměrný součinu součinitele proudění (C)

a tlakovému rozdílu mezi interiérem a exteriérem Δp , který je umocněn exponentem proudění.

$$\dot{V} = C \times \Delta p^n$$

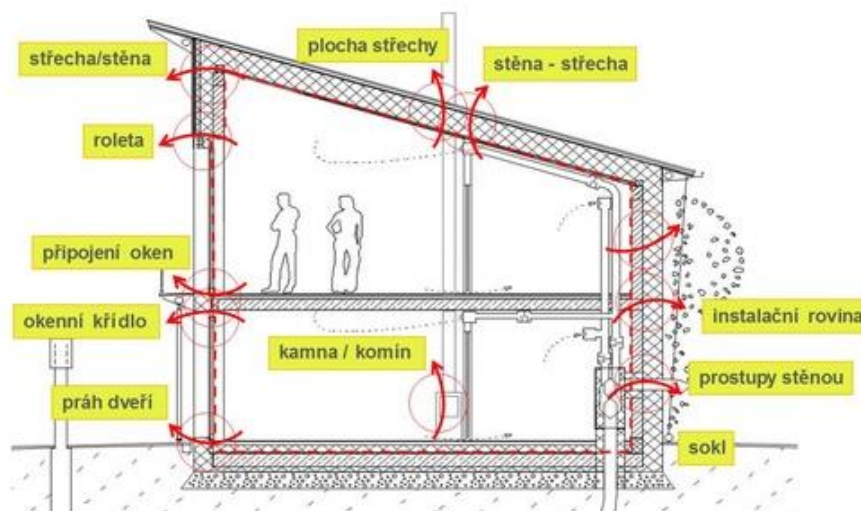
\dot{V} ...Objemový tok vzduchu [m^3/h].

C ...Součinitel proudění [$\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{Pa}^n)$].

Δp ...Tlakový rozdíl [Pa].

n ...Exponent proudění [-].

Netěsná místa vznikají především při nekázni a chybách na stavbě a v rámci návrhu. Většinou se netěsná místa nacházejí ve stycích stavebních materiálů, špatném utěsnění prostupujících prvků nebo špatné utěsnění výplně otvorů.



Obrázek 2-Nejčastější místa vzniku netěsností [2]

2 POŽADAVKY NA VZDUCHOTĚSNOST

Požadavky na vzduchotěsnost se v zemích můžou lišit. V některých zemích je tento požadavek nevýznamný. V zemích, kde je větší zastoupení dřevostaveb nebo nízkoenergetických domů se požadavek na vzduchotěsnost bere velmi vážně. U pasivních domů jsou požadavky na vzduchotěsnost přísné, protože je velmi velký důraz na nízkou spotřebu energie na vytápění objektu.

Požadavky na vzduchotěsnost pro ČR jsou obsaženy v normách:

- ČSN 73 0540–2 Tepelná ochrana budov – Část 2: Požadavky.
- TNI 73 0329–Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy.
- TNI 73 0330–Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Bytové domy.



Pro stanovení celkové vzduchotěsnosti obálky budovy se používá intenzita výměny vzduchu n_{50} [h^{-1}], která musí splnit podmínku intenzity výměny vzduchu stanovenou normou.

$$n_{50} \leq n_{50,N}$$

n_{50} ...Stanovená hodnota výměny vzduchu v objektu při tlakovém rozdílu 50 Pa [h^{-1}].

$n_{50,N}$...Doporučená hodnota výměny vzduchu v objektu při tlakovém rozdílu 50 Pa [h^{-1}].

ZPŮSOB VĚTRÁNÍ V BUDOVĚ	$n_{50,N}[\text{h}^{-1}]$
Přirozené - okny	4,5
Nucené bez zpětného získávání tepla	1,5
Nucené se zpětným získáváním tepla	1,0
Nucené se zpětným získáváním tepla v pasivních domech	0,6

Tabulka 1-Průvzdušnost při různém způsobu větrání [4]

3 MĚŘENÍ VZDUCHOTĚSNOTI

Abychom mohli ověřit, že objekt splňuje požadavky pro vzduchotěsnost budov, tak musíme provést měření. Lze provést výpočtové odhady, ale jelikož netěsnoti budovy vznikají ve značné míře nahodile, tak lze tuto metodu použít pouze jako odhad.

V dnešní době se pro měření vzduchotěsnoti používá test tzv. Blower door test. Princip tohoto testu je stanovit závislost objemového toku vzduchu netěsnotmi v obálce budovy na tlakových rozdílech. Čím větší je tlakový rozdíl, tak tím větší je tok vzduchu netěsnotmi. V principu je zkouška založena na tlakovém spádu.

Zařízení pro měření vzduchotěsnoti se vždy skládá z těchto dílů:

- Teleskopický rám.
- Vzduchotěsná plachta s otvorem pro ventilátor.
- Ventilátor.
- Regulátor otáček.
- Přístroj pro měření tlakového rozdílu a objemového toku vzduchu.

Zařízení se osadí nejčastěji do vstupních dveří a všechny ostatní otvory se zavřou a důkladně utěsní, aby nedocházelo ke zkreslení výsledků. Pomocí ventilátoru, se v budově vytváří tlakový rozdíl (přetlak nebo podtlak) a poté se pomocí čidel měří objemové toky vzduchu. Pro řízení a kontrolování průběhu měření a následné vyhodnocování se stará počítač. Toto měření se opakuje a upravuje se tlakový rozdíl v rozsahu cca 20-60 Pa.



Obrázek 3-Blower door test [5]

Přesnost výsledků je velmi závislá na kvalitě práce obsluhy přístroje. Proto se postup měření standardizoval a v řadě zemích se stal součástí technických norem. V ČR platí norma ČSN EN ISO 9972 – Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti budov – Tlaková metoda.

3.1 NETĚSNOSTI V OBÁLCE BUDOVY

Velmi často se stává, že blower door test vykazuje neuspokojivé výsledky. V této situaci je zapotřebí detekovat netěsná místa. Ve fázi výstavby bývají netěsnosti snadněji odstraňovány. Nejproblematičtější místa bývají napojení různých stavebních konstrukcí, prostupy v konstrukci, inženýrské sítě apod. K detekci těchto míst nám pomůže přístroj tzv. anemometr. Pokud u sebe nemáme anemometr, tak velkou část netěsností lze stanovit pomocí dlaní, které jsou velmi citlivé na pohyb vzduchu. Další alternativní možností je sledování barevného kouře, detekce pomocí ultrazvuku nebo detekce termovizním snímáním. Tento postup opakujeme, dokud blower door test nebude prokazovat příznivé výsledky.

3.1.1 Detekce anemometrem

Nejběžnější metodou pro stanovení netěsnosti je detekce pomocí anemometru. Anemometr funguje na principu proudění vzduchu a je schopen zaznamenat rychlost proudění v desetinách $m \cdot s^{-1}$. Detekce se provádí nejčastěji v interiéru, protože se většinou hlavní vzduchotěsná vrstva vyskytuje na líci interiéru. Uvnitř budovy je vytvořen stálý podtlak pomocí blower door testu. Obsluha anemometru měří netěsnosti zpravidla v kritických místech (prostupy konstrukcí, spoje stavebních materiálů apod.).



Obrázek 5-Měření vzduchotěsnosti zásuvky pomocí anemometru [6]



Obrázek 4-Měření vzduchotěsnosti OSB desky pomocí anemometru [4]

3.1.2 Detekce pomocí ultrazvuku

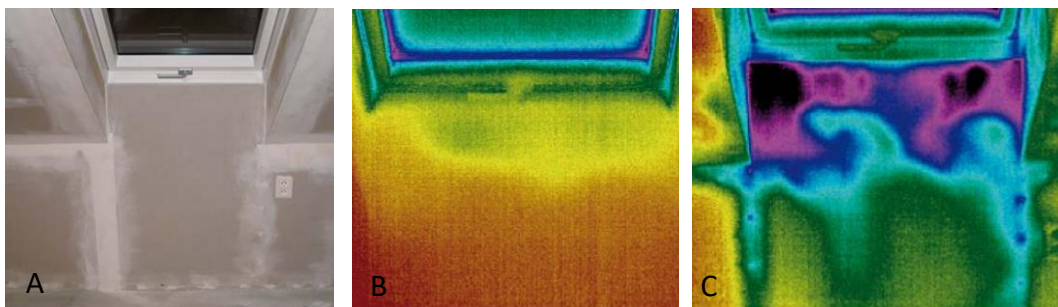
Detekce pomocí ultrazvuku je založena na šíření ultrazvuku ve stavební konstrukci. Zařízení, které je používáno v této metodě je malé a lehké. Skládá se ze dvou částí: zdroj zvuku s vysokou frekvencí a detektor. Na jednu stranu konstrukce se umístí vysílač, který vysílá ultrazvukové vlny a na opačné straně konstrukce je umístěn detektor. Zvukové vlny se mohou šířit v konstrukci pouze netěsnostmi a na základě toho detektor přijímá zvukový signál, který vyvolává vysílač.

Hlavní výhodou této metody je, že při měření není potřeba tlakový spád a je tedy nezávislá na měření vzduchotěsnosti. Je velmi rychlá a snadno realizovatelná. I přes její výhody se tato metoda doposud příliš nerozšířila.

3.1.3 Detekce pomocí termovizního snímkování

Detekce pomocí termovizního snímkování se provádí zejména v interiéru. Měření probíhá ve dvou krocích. V prvním kroku se pořídí snímky stávajícího zkoumaného detailu v klasickém prostředí. V druhém kroku se vytvoří podtlak, aby studený vzduch z exteriéru proudil netěsnostmi do interiéru. Při průběhu tohoto kroku se pořizují termovizní snímky, na kterých je vidět proudění studeného vzduchu.

Tato metoda má nevýhodu, že musí být vyšší teplotní rozdíl mezi exteriérem a interiérem. Je vhodná především pro využití v zimních měsících.



Obrázek 6-Detekce netěsností pomocí termovizního snímkování[7]

A-Okno v podkroví.

B-Termovizní snímek při přirozeném tlakovém rozdílu.

C-Termovizní snímek při podtlaku v interiéru.

4 HLAVNÍ VZDUCHOTĚSNÁ VRSTVA

4.1 Návrh a realizace systému vzduchotěsnicích opatření

Cílem je, abychom dosáhli co nejnižší úrovně neprůvzdušnosti. Dosáhnout nízkých hodnot můžeme, pokud přizpůsobíme projekční přípravu a realizaci. Aby byly splněny co nejpřísnější požadavky (pasivní domy), tak se musíme držet následujících podmínek:

- Pečlivý návrh.
- Pečlivá realizace.
- Kontrola provedení.
- Informovanost účastníků návrhu a výstavby.

4.1.1 Propracovaný návrh

Kritéria pro pasivní domy jsou velmi přísná, proto je potřeba pečlivě navrhnout hlavní vzduchotěsní vrstvu. Snaha je, aby byl objekt co nejméně členěn a výskyt problematických detailů byl, pokud možno co nejmenší. Koncepce by měla být konzultována s návrhem ostatních systémů (vodovod, kanalizace, elektřina). Výstupem by měla být podrobně zpracovaná projektová dokumentace. Důležité je proškolení a poskytnutí instrukcí realizátorům na stavbě.

4.1.2 Pečlivá realizace

Při návrhu se předpokládá, že realizace objektu bude vždy stoprocentní. Bohužel provedení vzduchotěsné vrstvy na stavbě bývá velmi často nekvalitní. Nejběžnější chybou při provádění stavby je špatná kvalita řemeslné práce (např. lepení spojů fóliové parozábrany, utěsnění prostupů apod.). Tyto nedokonalosti se dají řešit důkladným zaškolením pracovníků odborně způsobilou osobou a pravidelné kontroly na stavbě ověřenou osobou.

4.1.3 Kontrola provedení

Kontrola se provádí většinou na velkých plochách, zpravidla na všechny obvodové konstrukce a zahrnuje komplikované detaily. Každý defekt, dokonce i nejmenší může

zhoršit vzduchotěsníci vlastnosti objektu. Provádějí se především průběžné kontroly a konečná kontrola před zakrytím ostatními vrstvami je nezbytná.

4.1.4 Informovanost všech účastníků návrhu a výstavby

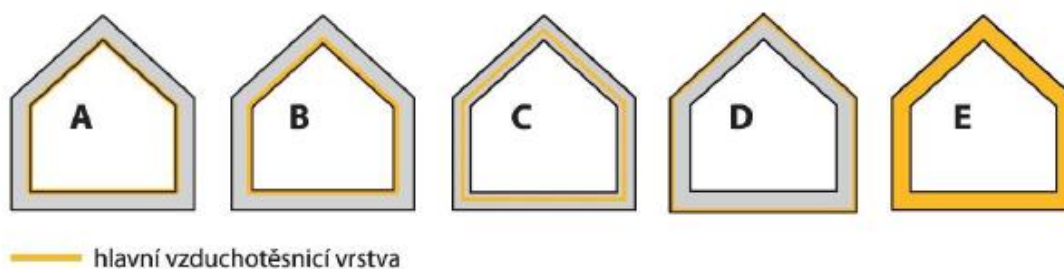
Všichni účastníci musí být přesvědčeni a informováni o smysluplnosti vzduchotěsné vrstvy, jinak snaha o dosažení dobré vzduchotěsnosti může přijít nazmar. Účastníci by měli být poučeni o významu HVV a negativním důsledku netěsností v obálce budovy.

4.2 Poloha HVV v konstrukci

Důležitý faktor pro správnou funkčnost hlavní vzduchotěsné vrstvy je její poloha. Poloha HVV může být prakticky v libovolné vrstvě konstrukce. Doporučuje se HVV umístit nejblíže k vnitřnímu líci konstrukce, protože zamezuje vniku vlhkého vnitřního vzduchu do konstrukce a tím zamezuje vznik kondenzace a degradačních procesů. Zároveň by měla být umístěna tak, aby bylo v nejvyšší možné míře možno zamezit poškození v průběhu užívání budovy.

Je potřeba, aby v konstrukci byl, pokud možno co nejmenší počet prostupů instalací skrz HVV. Docílit se to dá pomocí instalačních předstěn či šachet. HVV by měla být nainstalována předtím, než se předstěna vyzdí. Zároveň instalační předstěny chrání HVV před možným poškozením při využívání objektu. Umístění HVV a parozábrany do hlubší polohy (viz. Obrázek 7) by mohlo výrazně ovlivnit difúzní vlastnosti a tepelně vlhkostní chování konstrukce. Proto musí být řešení vždy ověřeno pomocí výpočtu na rizika kondenzace vodní páry.

Odborníky je prokázáno, že pokud chceme lepší úroveň vzduchotěsnosti, tak bychom měli vždy volit masivní konstrukci (např. zděná, železobetonová). U masivních konstrukcí je jednodušší HVV vytvořit a výskyt složitých detailů je nižší než u lehkých skládaných konstrukcí (dřevěná konstrukce).



Obrázek 7-Poloha HVV v objektu [3]

A-Vzduchotěsný vnitřní obklad (omítka, obklad).

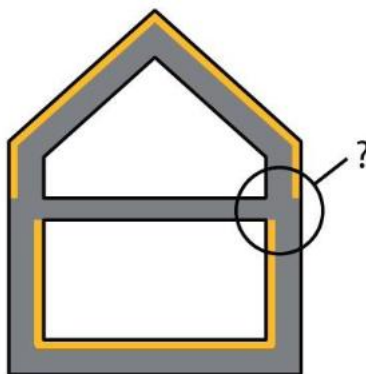
B-Vzduchotěsná parozábrana pod vnitřním obkladem (fólie).

C-Vzduchotěsná parozábrana uvnitř konstrukce.

D-Vzduchotěsná „větrová zábrana“ (chrání tepelnou izolaci proti náporu větru).

E-homogenní vzduchotěsná konstrukce.

Volba polohy HVV by měla být dodržena v celém projektu, pokud by část měla HVV například na líci exteriéru a druhá na líci interiéru, tak by docházelo ke vzniku kritických detailů (viz. Obrázek 8)


Obrázek 8-Špatná poloha HVV [3]

4.3 Materiály pro HVV

Volba materiálu je závislá na mnoha faktorech. Materiál musí mít nízkou vzduchovou propustnost a zároveň pokud tvoří i funkci parozábrany, tak musí mít vysoký difúzní odpor. Jako dostatečně vzduchotěsný materiál lze považovat materiál, který při talkovém rozdílu 50 Pa splňuje vzduchovou propustnost $q_{50} < 0,10 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

Za vzduchotěsnicí vrstvu nelze považovat neomítnuté zdivo. Zdivem prochází vzduch skrz spáry mezi cihlami. Zdivo je vždy nutné omítnout vzduchotěsnou vrstvou (např. lepidlo se sklokeramickou síťovinou).

Materiál	Vzduchová propustnost při tlak. rozdílu 50 Pa q_{50} [$\text{m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$]
Zdivo z kusového staviva	0,001–0,05
Pórobeton, lehčený beton	0,06–0,35
Dřevotřískové desky – měkké, MDF	0,05–0,22
Dřevovláknité desky	2–3,5
Minerální vlna	13–150
Vápenocementová omítka	0,002–0,05
Sádrokartonová deska	0,002–0,03
Překližka	0,004–0,02
Dřevotřískové desky - tvrdé	0,001–0,003
Polyetylenová fólie tl. 0,1 mm	0,0015
Asfaltová lepenka	0,008–0,02
Stavební lepenka	0,01–3 (vhodné jsou pouze některé typy!)

Tabulka 2-Vzduchová propustnost jednotlivých materiálů. Hodnoty platí pro ideální výsek materiálu. [3]

4.4 Způsob spojení HVV

Způsob napojení HVV je nejvíce řešený problém, jelikož právě spoje jsou největším zdrojem netěsností v konstrukci. Správné napojení je technologicky nejsložitější činností při realizaci HVV na stavbě. Spojování HVV dělíme do těchto skupin:

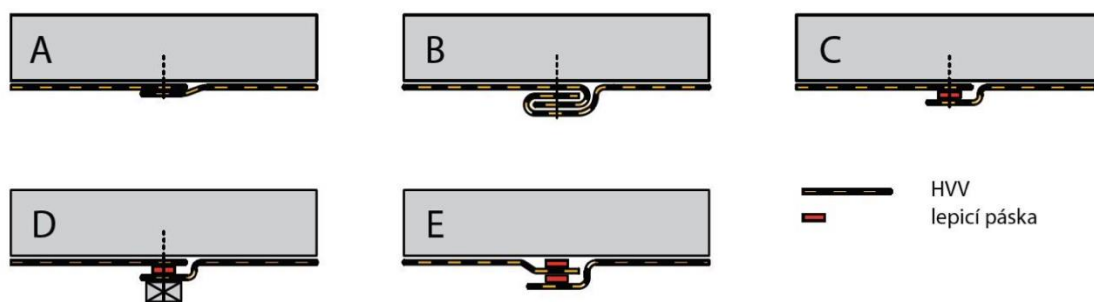
- Monolitické vrstvy (např. omítky, vrstvy dokonale zhutněného betonu apod.).
- Vrstvy složené z tuhých desek (např. bednění z OSB desek a jiných, dostatečně těsných desek na bázi dřeva, vrstvy z profilovaného plechu apod.).
- Vrstvy z fóliových a jiných tenkých a poddajných materiálů (PE a jiné plastové fólie, asfaltová lepenka apod.). [3]

Při nesprávném napojení dochází ke vzniku netěsností a dále může docházet ke snížení difúzního odporu vrstvy. Z tohoto důvodů je důležité si promyslet, jestli vrstva tvoří i difúzní ochranu a na základě toho zvolit správný materiál.

U monolitických vrstev plní nejčastěji funkci omítky, který nesmí mít praskliny a musí být provedena spojitě na všech obvodových stěnách. Netěsnosti, které vznikly např. technologickou přestávkou nebo dilatačními spárami je vhodné vzájemně spojit vzduchotěsným prvkem nebo použít vhodný tmel. Monolitické HVV se musí chránit před popraskáním, nejčastěji se využívá plastických materiálů.

Nejčastějším zástupcem tuhých desek jsou OSB desky. Kritickým místem jsou napojení na tupo a na pero a drážku. Tyto místo je vždy důležité utěsnit proti vniku vzduchu. Nejčastějšími výrobky pro utěsnění spoje jsou vhodné tmely nebo přelepení lepicí páskou. Tuhé desky (plechy, OSB ...) se mechanicky kotví k nosným konstrukcím. Pokud je spoj vytvořen pomocí přišroubování, nýtování, přibití hřebíky, tak je důležité spoj následně utěsnit tmelem nebo přelepením páskou. U spojů OSB desek, které se většinou připojují k nosné konstrukci vruty, není potřeba utěšňovat, protože o utěsnění se zde stará zdeformované dřevo.

Vrstvy z fóliových a jiných tenkých materiálů se dají spojovat několika způsoby (viz. obrázek 9). Velmi často dochází při spojování HVV také ke kotvení vrstvy k nosné konstrukci. Nejjednodušším a nejčastějším spojením materiálů je pomocí oboustranné či jednostranné pásky. Fólie je k nosné konstrukci nejčastěji kotvená bodově pomocí sponek.



Obrázek 9-Způsoby kotvení HVV k nosné konstrukci [3]

A-Spojení přesahem a přikotvení k podkladu.

B-Přesah dílů se skladem a přikotvení k podkladu.

C-Slepení dílů a přikotvení k podkladu.

D-Slepení dílů a přikotvení k podkladu přes přitlačnou lištu.

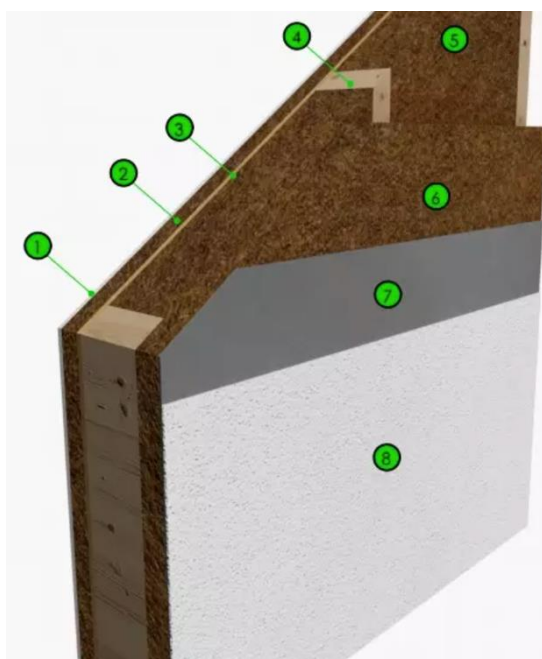
E-Slepení dílů a přikotvení k podkladu.

4.5 HVV u dřevostaveb

Dřevostavby se dělí na dvě kategorie: difúzně otevřená a difúzně uzavřená. Je důležité, abychom věděli před návrhem, do jaké kategorie bude objekt spadat, protože na základě toho volíme typ materiálu.

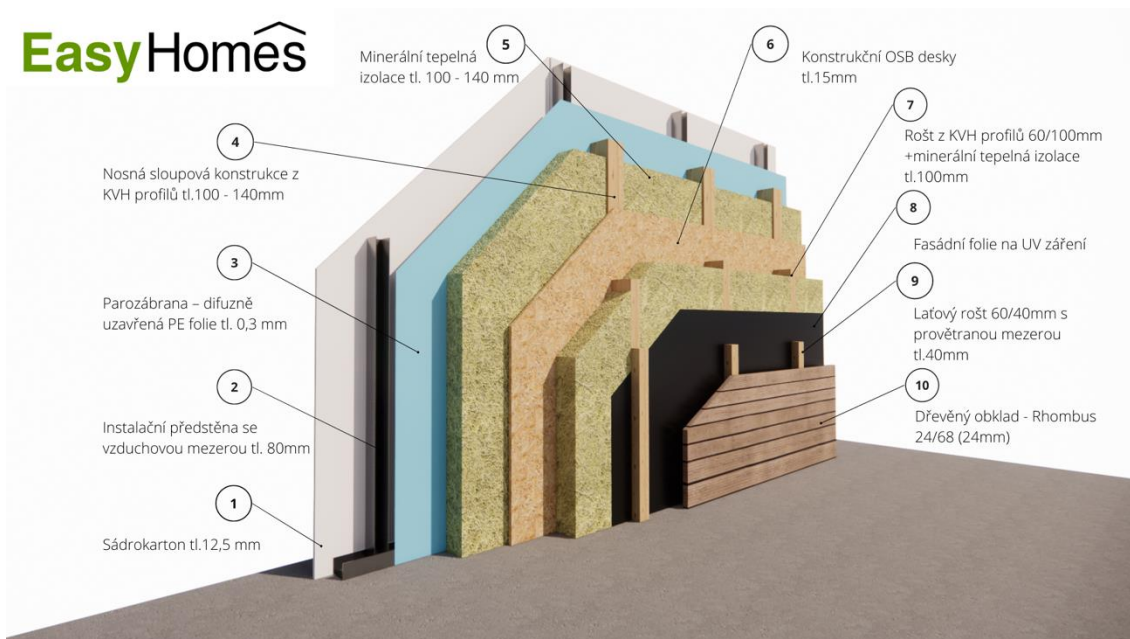
Pro difúzně otevřené stavby se velmi často využívají OSB desky, které mají výborné vlastnosti na vzduchotěsnost, ale faktor difúzního odporu je nízký. U desek si musíme dát pozor na spoje a kotvení k nosné konstrukci viz. 4.4 Způsob spojení HVV.

Difúzně uzavřené konstrukce jsou historicky starší a levnější variantou. O vzduchotěsnost a parozábranu se zde stará tenká polyethylenová vrstva. Instalace vrstvy je náročná na její provedení a je nutné, aby byla instalována odborníky. Při nesprávném provedení může dojít k protržení, které způsobí vnik vlhkosti do konstrukce. Velmi důležité je provedení spoje viz. 4.4 Způsob spojení HVV.



- 1.Sádrokarton 12,5 mm
- 2.Instalační předstěna vyplněná tep. iz. Steico Flex 40 mm
- 3.OSB Egger 15 mm
- 4.Konstrukce z KVH 140 mm
- 5.Tepelná izolace Steico Flex 140 mm
- 6.Dřevovláknité izolační desky Steico Protect 60 mm
- 7.Omítková stěrka 5 mm
- 8.Tenkovrstvá fasádní omítka (dif. otevřená) 1,5 mm

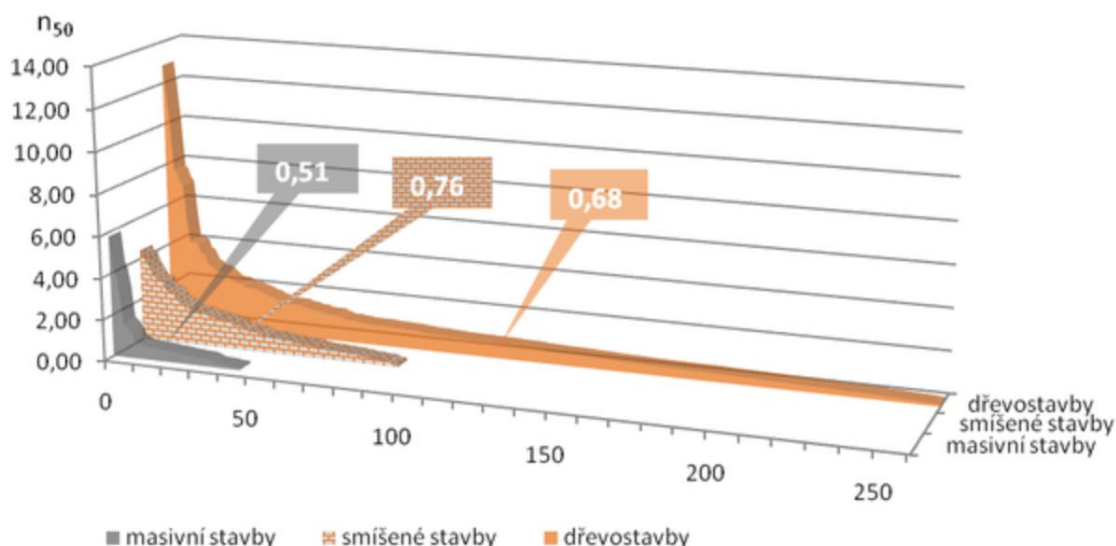
Obrázek 10-Difúzně otevřená skladba stěny dřevostavby [9]



Obrázek 11-Difúzně uzavřená skladba stěny dřevostavby [10]

4.6 HVV u zděných staveb

U zděných staveb není řešení HVV tolik náročné, jako u dřevostaveb. Většinou se vzduchotěsnost řeší vhodnou omítkou. Problematická místa jsou instalace inženýrských sítí (zásuvky, kanalizace vodovod). Z tohoto důvodů se doporučuje rozvody ZTI vést v předstěnách a před vyzdění předstěny např. z YTONG tvárnic je vhodné omítnout všechny plochy stěn. Tím zabráníme narušení obálky vzduchotěsnosti.



Obrázek 12-Porovnání intenzity výměny vzduchu podle typu konstrukce [11]



5 ZÁVĚR

Pro dosažení pasivního standardu je důležité zajistit vzduchotěsnost obálky budovy. Požadavky na vzduchotěsnost jsou přísné a při vyhodnocení testu je nutné splnit doporučenou hodnotu intenzity výměny vzduchu $0,6 \text{ h}^{-1}$. Po realizaci vzduchotěsné vrstvy se provádí tzv. Blower door test, který vytváří přetlak nebo podtlak kolem 50 Pa. Netěsná místa se hledají pomocí anemometru, ultrazvuku nebo pomocí dlaně. Při návrhu je důležité si stanovit polohu HVV a měla by být v celém objektu stejná, aby nevznikaly kritické detaily. Spoje HVV jsou nejkritičtější místa pro vznik netěsností. Dřevostavby se dělí na dvě kategorie: difúzně uzavřená a difúzně otevřená konstrukce. Na základě tohoto stanovení se vybere vhodný materiál pro HVV. Nejlepší výsledky testů vzduchotěsnosti má masivní stavba, protože se zde nevyskytuje velký počet kritických míst oproti např. dřevostavbě.

6 POUŽITÁ LITERATURA

[1] *Co je pasivní dům?* [online]. [cit. 2023-05-13]. Dostupné z:

<https://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivni-dum/t2>

[2] *Vzduchotěsnost pasivního domu* [online]. [cit. 2023-05-13]. Dostupné z:

<https://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/13994-vzduchotesnost-pasivniho-domu>

[3] NOVÁK, Jiří. *Vzduchotěsnost obvodových plášťů budov*. Praha: Grada Publishing, 2008.

[4] *Test neprůvzdušnosti* [online]. [cit. 2023-05-13]. Dostupné z:

<https://publi.cz/books/92/06.html>

[5] *Single-Point vs. Multi-point Blower Door Testing* [online]. [cit. 2023-05-13].

Dostupné z: https://www.jlconline.com/how-to/insulation/single-point-vs-multi-point-blower-door-testing_o

[6] *Vzduchotěsnost – zvláštní úskalí při rekonstrukci* [online]. [cit. 2023-05-13].

Dostupné z: <https://www.pro-clima.cz/vzduchotesnost-zvlastni-uskali-pri-rekonstrukci/>

[7] *Termovize - vzduchotěsnost* [online]. [cit. 2023-05-13]. Dostupné z: https://atelier-dek.cz/docs/atelier_dek_cz/sluzby/technicke-listy/diagnostika-2013-10.pdf

[8] *Hlavní vzduchotěsná vrstva v domě* [online]. [cit. 2023-05-13]. Dostupné z:

<https://www.izolace-info.cz/technicke-informace/zatepovani-obecne-informace/10355-hlavni-vzduchotesna-vrstva-v-dome-serial-vzduchotesnost-3-dil-a.html#.ZGEARXZByUk>

[9] *Difúzně otevřená konstrukce dřevostavby* [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z:

<https://easyhomes.cz/difuzne-otevrena-konstrukce>

[10] *Difúzně uzavřená konstrukce stěn* [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z:

<https://easyhomes.cz/home/difuzne-uzavrena-konstrukce-drevostavby/#Difuzn%C4%9B-uzav%C5%99en%C3%A1-konstrukce-st%C4%9Bn>



[11] *Zkušenosti a techniky dosahování vzduchotěsnosti pláště budov v ČR* [online]. [cit. 2023-05-15]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/obalove-konstrukce-nizkoenergetickych-staveb/8469-zkusenosti-a-techniky-dosahovani-vzduchotesnosti-plaste-budov-v-cr>

7 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: Rozdělení objektů do kategorií podle spotřeby energie na vytápění [1]	2
Obrázek 2-Nejčastější místa vzniku netěsností [2]	3
Obrázek 3-Blower door test [5]	5
Obrázek 4-Měření vzduchotěsnosti OSB desky pomocí anemometru[4]	6
Obrázek 5-Měření vzduchotěsnosti zásuvky pomocí anemometru [6]	6
Obrázek 6-Detekce netěsností pomocí termovizního snímkování[7]	7
Obrázek 7-Poloha HVV v objektu [3]	8
Obrázek 8-Špatná poloha HVV [3]	9
Obrázek 9-Způsoby kotvení HVV k nosné konstrukci [3]	10
Obrázek 10-Difúzně otevřená skladba stěny dřevostavby [9]	11
Obrázek 11-Difúzně uzavřená skladba stěny dřevostavby [10]	12
Obrázek 12-Porovnání intenzity výměny vzduchu podle typu konstrukce [11]	12

8 SEZNAM TABULEK

Tabulka 1-Průvzdušnost při různém způsobu větrání [4]	4
Tabulka 2-Vzduchová propustnost jednotlivých materiálů. Hodnoty platí pro ideální výsek materiálu. [3]	9