



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

## ÚSTAV POZEMNÍHO STAVITELSTVÍ

INSTITUTE OF BUILDING STRUCTURES

# ANALÝZA VLASTNOSTÍ VÝPLNÍ OTVORŮ VZHLEDEM K INFILTRACI VE STAVBÁCH

ANALYSIS OF PROPERTIES OF OPENINGS WITH RESPECT TO INFILTRATION  
IN BUILDINGS

## DISERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. Miroslav Zapletal

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. RNDr. Ing. STANISLAV ŠŤASTNÍK, CSc., Ph.D.

BRNO 2019

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Ing. Miroslav Zapletal *Analýza vlastností výplní otvorů vzhledem k infiltraci ve stavbách*. Brno, 2019. 123 s., 17 s. příl. Disertační práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemního stavitelství. Vedoucí práce prof. RNDr. Ing. Stanislav Šťastník, CSc., Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem disertační práci s názvem *Analýza vlastností výplní otvorů vzhledem k infiltraci ve stavbách* zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 27. 12. 2019

---

Ing. Miroslav Zapletal  
autor práce

## **Abstrakt**

Disertační práce je zaměřena na analýzu vlastností výplní otvorových konstrukcí vzhledem k infiltraci vzduchu ve stavbách, konkrétně ve vztahu k průvzdušnosti otvorových výplní. Hlavním cílem práce bylo vymezit, jak může být ovlivněna celková průvzdušnost stavby v návaznosti na použitých otvorových konstrukcích a jejich vlastnostech, týkající se konkrétně průvzdušnosti při nastaveném stupni dotažení použitého celoobvodového kování. V návaznosti na celkovou průvzdušnost stavby byl proveden výpočet tepelné stability konkrétní stavby podle zjištěných výsledků průvzdušnosti stavby při definovaném stupni dotažení celoobvodového kování v úrovních 0%, 50% a 100%. Zjištěné výsledky měření byly promítnuty do konkrétního výpočtu energetické bilance posuzované stavby formou numerické simulace.

Klíčová slova: otvorové výplně, infiltrace, celoobvodové kování, energetická bilance.

## **Abstract**

The dissertation thesis is focused on the analysis of properties of fillings of orifices with respect to air infiltration in constructions, specifically related to the permeability of openings. The main aim of the work was to define how the overall air permeability of the building can be influenced in relation to the used orifice constructions and their properties, specifically related to the air permeability at the set tightening degree of the used all-peripheral fittings. In relation to the overall air permeability of the building, the thermal stability of a particular building was calculated according to the determined results of the air permeability of the building at a defined degree of tightening of all-round fittings at the levels of 0%, 50% and 100%. The results of the measurements were reflected in a concrete calculation of the energy balance of the assessed building in the form of numerical simulation.

Key words: openings, infiltration, all-round fittings, energy balance.

# Obsah

Obsah.....	2
Teoretická část.....	8
1 Současný stav otvorových výplní.....	8
1.1 Vliv konstrukce a použitých materiálů.....	8
1.1.1 Dřevěné otvorové výplně .....	8
1.1.2 Plastové otvorové výplně .....	10
1.1.3 Hliníkové otvorové výplně.....	10
1.2 Fyzikální vlastnosti otvorových výplní .....	11
1.2.1 Základní fyzikální vlastnosti .....	11
1.2.2 Průvzdušnost .....	11
1.2.3 Vodotěsnost.....	12
1.2.4 Odolnost proti zatížení větrem .....	13
1.3 Tepelně technické vlastnosti .....	15
1.3.1 Tepelná vodivost .....	15
1.3.2 Prostup tepla oknem .....	16
1.3.3 Prostup tepla zasklením.....	16
1.3.4 Prostup tepla rámy okna .....	16
1.3.5 Teploty na povrchu okna.....	16
1.4 Akustické vlastnosti otvorových výplní.....	16
2 Problematika větrání, infiltrace a netěsnosti staveb .....	17
2.1 Kvalita vzduchu v místnosti.....	17
2.1.1 Zatížení škodlivými látkami.....	18
2.1.2 Výměna vzduchu a obsah vodní páry .....	18
2.2 Větrání.....	19
2.2.1 Požadavky na větrání .....	20
2.2.2 Druhy větrání.....	20
2.2.3 Volné (přirozené) větrání .....	22
2.2.4 Větrání okny.....	24
2.2.5 Infiltrace .....	25
2.2.6 Mechanické větrání .....	25
2.3 Veličiny pro popis kvality větrání budov .....	26

2.3.1	Těsnost obálky budovy.....	26
2.3.2	Stanovení průvzdušnosti staveb – Blower Door test.....	27
2.3.3	Měřicí zařízení.....	29
2.3.4	Postup.....	29
2.3.5	Detekce netěsností.....	29
2.3.6	Součinitel spárové průvzdušnosti $i_{LV}$ .....	30
2.4	Doba provětrání.....	30
3	Nízkoenergetická výstavba.....	34
3.1	Historický vývoj.....	35
3.2	Rozdělení staveb.....	37
3.2.1	Rozdělení dle energetické náročnosti.....	37
3.2.2	Nízkoenergetické budovy.....	38
3.2.3	Pasivní budovy.....	39
3.2.4	Budovy s téměř nulovou spotřebou energie.....	42
3.2.5	Aktivní budova.....	43
4	Problematika šíření tepla v konstrukcích.....	44
4.1	Šíření tepla vedením.....	44
4.2	Šíření tepla prouděním.....	45
4.2.1	Součinitel přestupu tepla $h_k$ při přirozeném proudění vzduchu.....	46
4.3	Šíření tepla sáláním.....	47
4.3.1	Kirchhoffův a Stefan-Boltzmannův zákon.....	49
4.3.2	Součinitel vzájemného sálání.....	50
4.4	Tepelně technické vlastnosti některých stavebních materiálů.....	51
4.4.1	Součinitel tepelné vodivosti materiálu $\lambda$ .....	51
4.4.2	Tepelný odpor konstrukce a součinitel prostupu tepla.....	52
	Praktická část.....	53
5	Cíle disertační práce.....	53
6	Měření průvzdušnosti oken.....	54
6.1	Dřevěné okno jednoduché, typ EURO IV-68 – vzorek č. 1.....	56
6.2	Dřevěné okno jednoduché, typ EURO IV-78 – vzorek č. 2.....	58
6.3	Plastové okno jednoduché, typ GEALAN – vzorek č. 3.....	60
6.4	Plastové okno jednoduché, typ DIMEX – vzorek č. 4.....	62
6.5	Plastové okno jednoduché, typ DIMEX – vzorek č. 5.....	64

6.6	Zjištěné poznatky z laboratorního měření průvzdušnosti oken.....	66
7	Měření průvzdušnosti konkrétní stavby .....	66
7.1	Základní údaje k měřené stavbě .....	66
7.2	Popis a označení místností v 1NP měřeného objektu .....	67
7.3	Popis a označení místností v 2NP měřeného objektu .....	68
7.4	Popis použitých dřevěných otvorových výplní v měřené stavbě .....	69
7.4.1	Dřevěné okno jednoduché, typ SOLID COMFORT SC92.....	69
7.4.2	Dřevěné vnější dveře, typ SC92 - KLASIK .....	71
7.5	Měření průvzdušnosti budovy .....	73
7.5.1	Podstata metody .....	73
7.5.2	Zkušební zařízení .....	73
7.5.3	Postup měření .....	74
7.5.4	Vzhled objektu a fotodokumentace z průběhu zkoušky průvzdušnosti .....	81
7.5.5	Výsledky zkoušky průvzdušnosti stavby při nastavení kování na 0%.....	83
7.5.6	Výsledky zkoušky průvzdušnosti stavby při nastavení kování na 50%.....	86
7.5.7	Výsledky zkoušky průvzdušnosti stavby při nastavení kování na 100%.....	89
7.5.8	Závěr z provedeného měření .....	92
7.6	Popis posuzované budovy jako tepelného systému.....	93
7.6.1	Obecný popis modelu budovy pro výpočty.....	95
7.6.2	Tepelné zisky v budově.....	95
7.6.3	Vliv slunečního záření.....	95
7.6.4	Vliv interpolace polohy Slunce .....	96
7.6.5	Úhly dopadu slunečního záření .....	96
7.6.6	Okrajové podmínky .....	97
7.7	Výpočtový program SIM_Stabil .....	98
7.8	Výpočty vlivu spárové průvzdušnosti .....	99
7.9	Poznatky z výpočtového modelování tepelné náročnosti budovy a nejvyššího denního vzestupu teploty v místnosti .....	109
8	Dosažené poznatky, přínos práce pro praxi .....	110
9	Závěr.....	112
11	Seznam použité literatury .....	114
	Přehled použitých zkratk, značení a symbolů .....	121
	Příloha A.....	124

Popis měřeného objektu dřevěné stavby .....	124
Příloha B.....	137
Opis vstupních dat popisného souboru posuzované budovy .....	137



## Úvod

Změny tvaru a konstrukčního uspořádání oken v průběhu jejich používání byly stále pod vlivem zvyšujících se nároků a požadavků na jejich tepelně technické i funkční vlastnosti. Z hlediska základních nároků na zabezpečení osvětlení obytných prostor a vizuálního kontaktu s okolím docházelo k zavádění dalších nových funkcí oken. Mezi základní požadavek oken patří spojení a zároveň oddělení vnitřního prostředí obydlí člověka a venkovního prostoru.

V současné době je potřeba udržování vnitřní teplotní pohody interiéru velmi silným impulsem pro vylepšování konstrukcí a systémů otvorových výplní, které jsou charakteristické tím, že se většinou uvažují jako nejslabší články v obvodové konstrukci z hlediska možnosti úniku tepla. Zajištění dostatečného množství čerstvého vzduchu do interiéru staveb je základním požadavkem pro zabezpečení kvality ovzduší v obytných prostorech. Základním předpokladem pro zdraví a vnitřní pohodu prostředí je stálý přísun čerstvého vzduchu do interiéru. Nejnovější výzkumy ukazují, že v dnešní době vyžadovaná obnova vzduchu z hygienických důvodů nebývá někdy dostatečně zabezpečena.

Při použití současných konstrukcí oken s jedno nebo víceúrovňovým těsněním je přirozená výměna vzduchu téměř prakticky znemožněna. Dostatečnou výměnu vzduchu je v těchto případech možné zabezpečit pouze účelným větráním uživatelů nebo použitím automatických systémů. Tento způsob je ale i v dnešní době poměrně finančně náročný. Z tohoto důvodu se snaží výrobci celoobvodového kování o jistý kompromis, kdy se sice na jedné straně, díky současné konstrukci oken dosahuje toho, že okna jsou téměř hermeticky uzavřena, na druhé straně systém tzv. mikroventilace pomocí celoobvodového kování by měl zabezpečit alespoň minimální výměnu vzduchu v interiéru místnosti. K tomu, aby bylo dosaženo této výměny, však musí nastat určitý rozdíl tlakových a teplotních parametrů mezi vnitřním a vnějším prostředím.

Z doposud provedených laboratorních měření průvzdušnosti na různých typech otvorových výplní vyplývá, že nejčastěji dosahovaná třída průvzdušnosti zkoušená metodikou podle normy ČSN EN 1026 a klasifikovaná podle klasifikační normy ČSN EN 12207 je třída 4. To jen prokazuje, že v současnosti vyráběné jednoduché typy oken dřevěných, plastových, hliníkových nebo kombinovaných oken, jsou velmi těsná a bez nuceného větrání, ať již formou použití speciální funkce celoobvodového kování mikroventilace nebo pravidelným větráním, případně použitím rekuperačních a větracích jednotek, nikdy nebudou splněny základní hygienické požadavky na výměnu vzduchu v místnostech.

Při provedených zkouškách průvzdušnosti na dřevěných a plastových oknech opatřených celoobvodovým kování s funkcí mikroventilace lze dojít k poznání, že pokud ve venkovním

prostředí nastává proudění vzduchu o minimální rychlosti alespoň 1 m/s a teplotním rozdílu vnitřního a vnějšího prostředí, může docházet k výměně vzduchu z venkovního prostředí do vnitřního prostředí v závislosti na druhu okenní konstrukce a použitém druhu celoobvodového kování. Se zvyšující se rychlostí proudění vzduchu ve venkovním prostředí se zvyšuje úroveň výměny vzduchu. Otázkou ale je, zda systém oken s celoobvodovým kovááním s funkcí mikroventilace je vhodný z hlediska úspory energie na vytápění. Vhodnějším způsobem se jeví řízená výměna vzduchu v závislosti podle změny vnějších klimatických podmínek.

V současné době se začínají pomalu využívat systémy oken s celoobvodovým kovááním, které mají zabudovaný řídicí systém, který je schopen reagovat a řídit otevírání oken pro větrání v závislosti na změně vnějších a vnitřních klimatických podmínek (změně teploty, tlaku nebo vlhkosti vzduchu). Jedná se o systémy, který jsou sice finančně nákladnější, ale ve srovnání s cenami klimatizačních a rekuperačních větracích jednotek se jeví příznivěji.

Z hlediska technologie výroby u oken s řízeným systémem větrání by s největší pravděpodobností nedošlo k žádným výrazným změnám, pouze by se při kompletaci oken použila navíc příslušná řídicí jednotka s pohonným systémem, která ovládá okenní křídlo.

## Teoretická část

### 1 Současný stav otvorových výplní

Pokud se věnujeme výběru oken nebo vchodových dveří (dřevěných, plastových, hliníkových atd.), je snahou vybrat takové výrobky, které nabízí co možná nejlepší užitné vlastnosti za přijatelnou cenu. Každý výrobce z komerčního hlediska tvrdí, že právě jeho výrobky jsou ty nejlepší a nejkvalitnější, ovšem jakým způsobem lze objektivně selektovat kvalitní okna či dveře. Jednou z možností je posouzení oken a dveří podle klasifikace dosažených vlastností. Znalost klasifikace oken je tak velmi důležitá pro architekty a projektanty z hlediska návrhu optimálních použitých otvorových výplní na konkrétní stavbě.

#### 1.1 Vliv konstrukce a použitých materiálů

Samotná konstrukce otvorových výplní má rozhodující vliv na celkové vlastnosti otvorové výplně. Z důvodu rostoucích požadavků na tepelně technické vlastnosti jsou vyvíjeny stále dokonalejší konstrukce, s použitím většího počtu těsnících prvků a také s použitím kombinací různých izolačních materiálů, navyšováním počtu izolačních prvků, například počtu komor u plastového profilu oken nebo šířky profilu u dřevěných oken. Velmi zásadní vliv má zasklení okna, které u oken tvoří největší plochu z celé otvorové výplně.

Při výběru otvorových výplní je důležité zvolit správný použitý materiál pro výrobu. Z hlediska volby materiálu je nutné zvážit, jaké jsou kladeny základní požadavky na výplň otvorů. Jde především o typ budovy, pro který jsou otvorové výplně určeny, je důležité také uvážit, jaká bude frekvence jejich užívání, jaké jsou požadavky na velikost, stabilitu, ale také na údržbu. Neméně důležitá je i pořizovací cena.

Z pohledu praxe není možné označit jeden typ materiálu jako nejlepší, protože každý materiál má své určité přednosti, může být použit pro jiný typ budov a má jiné požadavky na údržbu. Jako výhodné se jeví kombinace různých materiálů, kdy skloubením jejich jednotlivých vlastností vznikne produkt nejlépe splňující zadané požadavky. [1]

##### 1.1.1 Dřevěné otvorové výplně

Dřevo je považováno za velmi dobrý tepelně-izolační materiál, proto většinou postačuje pro zlepšení vlastností rámu zvětšit tloušťku profilů. V opačném případě, kdy zvyšování tloušťky není zrovna žádoucí, mohou být použity dřevěné profily se vzduchovými dutinami, například dřevěný hranol AIROTHERM, nebo dřevěné profily doplněné izolačním materiálem.

Součinitel prostupu tepla rámovým a křídlovým profilem okna nebo dveří je možné stanovit několika způsoby:

Provedením zkoušek dle zkušební normy ČSN EN 12412-2 - Tepelné chování oken, dveří a okenic - Stanovení součinitele prostupu tepla metodou teplé skříně - Část 2: Rámy. Touto metodikou zjištění součinitele prostupu tepla rámovým a křídlovým profilem otvorové výplně stanoví s vysokou přesností hodnotu  $U_f$  konkrétního zkoušeného vzorku okna či dveří. Jelikož je dřevo anizotropním materiálem, je obtížné přesně určit, jaký bude rozptyl zjištěné hodnoty pro použití u dalších vyráběných oken a dveří.

Použitím tabulkových hodnot a nomogramů. Jedná se o zjednodušený způsob stanovení  $U_f$  na základě vyhodnocení, které se opírá o velké množství hodnot zjištěných přímým měřením. Tyto hodnoty navíc obsahují tzv. bezpečnostní přírážku, která zajistí, že se zjištěná hodnota  $U_f$  pohybuje na horní hranici rozptylu.

Výpočtem dvojrozměrných teplotních polí. Správným zadáním vstupních údajů lze dosáhnout poměrně velmi přesných výsledných hodnot.

Rozdílné způsoby zjištění prostupu tepla rámovým a křídlovým profilem okna nebo dveří ale mohou v praxi způsobit, že jsou používány různé, zdánlivě velmi odlišné, hodnoty.

Běžně vyráběné typy dřevěných jednoduchých oken a vnějších dveří ze smrkového řeziva a jejich hodnoty součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v tabulce 1.

Tab. 1: Běžně vyráběné rozměry dřevěných okenních profilů a jejich součinitele prostupu tepla

Tloušťka profilu [mm]	Průměrná hodnota $U_f$ [W/m <sup>2</sup> K] zjištěná na základě provedených zkoušek ČSN EN 12412-2	Hodnota $U_f$ [W/m <sup>2</sup> K] udávaná na základě výpočtové normy ČSN EN ISO 10077-1
68	1,10	1,78
78	0,94	1,67
92	0,78	1,54

Hlavní předností přírodního dřeva, jako materiálu pro výrobu otvorových výplní, je především relativně dlouhá životnost, která může při správné údržbě dosáhnout více jak 70 let. Z pohledu konečného uživatele je také velmi žádaný přírodní vzhled dřeva.

Jednou z nevýhod je údržba. Jde především o ochranné nátěry, které je nutné jednou za určitou dobu zrenovovat. Nicméně na druhou stranu je však možné při volbě kvalitní vodou ředitelné nátěrové hmoty provádět renovaci nátěru jednou za 10 až 12 let.

### 1.1.2 Plastové otvorové výplně

U plastových konstrukcí jsou hlavně z hlediska tepelně-izolačních vlastností důležitým prvkem počty komor, kde každá komora tvoří oddělenou vzduchovou izolační mezeru, údaje uvádí tabulka 2. Obecně lze prokázat, že čím vyšší je počet komor, tím lepší má plastový profil tepelně-izolační vlastnosti. Praxe ovšem ukázala, že zvyšování počtu komor nad 7 již nepřináší další výrazné zlepšení. Pro další zlepšení tepelně technických vlastností je možná částečné vyplnění komor profilů izolačními materiály.

Tab. 2: Vliv počtu komor na součinitel prostupu tepla

Počet komor	$U_f$ [W/m <sup>2</sup> K]
3	1,5
4	1,4
5	1,3
6	1,1
7	1,0

Z hlediska životního prostředí je výroba plastových otvorových výplní, jejich používání i konečná likvidace poměrně náročná a spojená s řadou rizik, a to jak z pohledu ekologie, tak i hlediska možného projevu na lidské zdraví. Poměrně velkým rizikem je zde především velký obsah chlóru, který je v plastových profilech obsažen **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

Výhoda plastových otvorových výplní je především v jejich snadnější údržbě a absenci renovace povrchové úpravy. Na druhou stranu je ale nutné počítat se skutečností, že plastové výrobky jsou citlivější na rozdílné teploty kvůli jejich teplotní roztažnosti.

Po uplynutí funkční životnosti plastových otvorových výplní je možné plastové profily na bázi polyvinylchloridu recyklovat a použít znovu pro výrobu okenních konstrukcí. V současné době však u nás zatím nejsou vybudovány dostatečné kapacity pro recyklaci. Není také vytvořen systém, který by zaručil, že většina vyrobených oken bude recyklována.

### 1.1.3 Hliníkové otvorové výplně

Hliníkové otvorové výplně jsou považovány z hlediska odolnosti proti povětrnostním vlivům za velmi odolné a nedochází u nich k tvarovým deformacím vlivem změny vlhkosti (dřevo) a teploty (plast). Okenní a dveřní křídla tudíž dosedají přesně do rámců a poskytují téměř dokonalé utěsnění. Problém těchto konstrukcí je především vnímán z pohledu tepelně izolačních vlastností, což se může projevovat promrzáním hlavně v zimním období. Tuto negativní vlastnost se podařilo poměrně úspěšně eliminovat přerušením vnitřního tepelného mostu, kdy

je do hliníkového profilu vsazen nebo vložen pruh z nekovového materiálu, většinou z polyamidu vyztuženého sklolaminátovými vlákny, který významným způsobem snižuje tepelnou vodivost a tím zlepšuje tepelně izolační vlastnosti hliníkového profilu.

Hliníkové otvorové výplně s povrchovou úpravou komaxitováním se vyznačují vysokou odolností a nenáročnou údržbou. Vysoký stupeň izolace je zaručen přesnou výrobou a zajištěním vysoké těsnosti konstrukce při doléhání okenního křídla na rám.

Z materiálového hlediska je hliník považován za velmi odolný, má poměrně nízkou hmotnost a také reprezentativní vzhled, který může oživit vzhled budovy. Mezi jeho nedostatky patří vyšší délková roztažnost a vysoká tepelná vodivost, ale také cena. Údržba je snadná a nenáročná. [4]

Na druhou stranu je třeba také zmínit, že investiční energetická náročnost výroby na specifickou jednotku ze slitiny hliníku je přibližně o 30% vyšší než v případě výroby plastových oken a dveří a zhruba o 90% vyšší než při výrobě dřevěných otvorových výplní.

## **1.2 Fyzikální vlastnosti otvorových výplní**

### **1.2.1 Základní fyzikální vlastnosti**

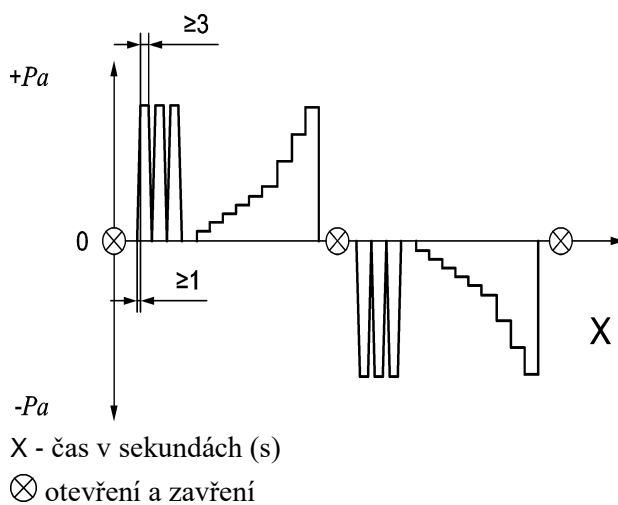
Jedná se o normové mandátové vlastnosti (charakteristiky), které jsou u otvorových výplní požadovány v rámci posuzování výrobků podle požadavků harmonizované normy ČSN EN 14351-1+A2. Mezi tyto základní fyzikální vlastnosti řadíme průvzdušnost, vodotěsnost a odolnost proti zatížení větrem.

### **1.2.2 Průvzdušnost**

Průvzdušnost je vlastnost, která udává celkovou „těsnost“ okna. Vyjadřuje se ve vztahu na celkovou plochu nebo na délku funkční spáry zkušební vzorku otvorové výplně. Podle dosažených výsledků měření jsou okna a vchodové dveře hodnoceny třídou 1 až 4, kdy jako nejlepší a nejtěsnější jsou otvorové výplně zařazeny do třídy 4. Při klasifikaci jednotlivých tříd se vychází z referenční průvzdušnosti při zkušebním tlaku 100 Pa. Zkušební vzorek je zařazen do uvedené třídy, jestliže měřená průvzdušnost není větší než horní mezní hodnota dané třídy ani u jednoho z aplikovaných zkušebních tlaků.

Z hlediska průvzdušnosti současně vyráběných oken a dveří je možné uvést, že výrobky při zkouškách dosahují velmi nízkých hodnot průvzdušnosti a výjimečně se dosahuje horší třídy než 4, což je ale na druhou stranu ve většině případů v rozporu se základním požadavkem na hygienickou výměnu vzduchu v místnostech z hlediska přirozeného větrání, infiltrace a

požadavku na provoz v místnostech s umístěným plynovým zařízením. Nižší tuhost použitých materiálů při výrobě rámu a křídel otvorových výplní, ale také vliv větších vzdáleností uzavíracích bodů použitého celoobvodového kování může zapříčinit v mnoha případech ztrátu těsnosti při vyšších zkušebních tlacích, nicméně při tlacích nižších dosahují okna pořád poměrně vysoké těsnosti. Z tohoto pohledu je třeba také uvažovat nad zabezpečením výměny vzduchu v místnostech manuálním způsobem (otevírání oken) nebo způsobem automatizovaným (větrací klapky nebo jiné větrací systémy). Naopak vysoká těsnost otvorových výplní snižuje úniky tepelné energie funkčními spárami, což má zase na druhou stranu pozitivní vliv na energetické úspory.



Obr. 1: Časové schéma zkušebního diagramu průvzdušnosti podle ČSN EN 1026 [6]



Obr. 2: Okno při zkoušení průvzdušnosti s použitím detekčního plynu **Chyba! Nenašel jsem zdroj odkazů.**

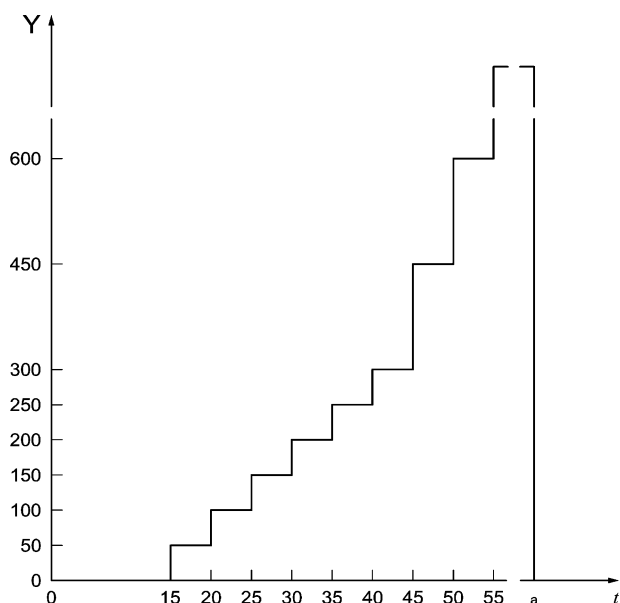
### 1.2.3 Vodotěsnost

Účelem zkoušky vodotěsnosti, jako další mandátové vlastnosti, je zjistit, jak dané okno či vchodové dveře odolávají působení deště a větru. Při zkoušce vodotěsnosti je okno vystaveno působení předepsaného množství vody a současně na něj působí tlak vzduchu. Posuzuje se jeho vodotěsnost, jako odolnost proti vniknutí vody do vnitřního prostoru přes okenní nebo dveřní křídlo.

Zkušebním předpisem je norma ČSN EN 1027 – Okna a dveře – Vodotěsnost – Zkušební metoda, klasifikace se provádí podle normy ČSN EN 12208 – Okna a dveře – Vodotěsnost – Klasifikace.

Podle výsledku zkoušky, jakému zkušebnímu tlaku vzduchu otvorová výplň odolá bez průniku vody do vnitřní části konstrukce, se okno nebo dveře zařadí do třídy vodotěsnosti. Tyto třídy

jsou 1A – 9A (1B – 7B), lepší výsledky se pak hodnotí přímo hodnotou tlakového zatížení, které konstrukce odolá bez průniku vody např. při tlaku 750 Pa (klasifikace E750), nebo např. bez průniku vody při 1050 Pa (klasifikace E1050).



Y zkušební tlak v Pa  
 T čas v min  
 a dodatečné zkušební tlakové stupně

Obr. 3: Zkušební diagram zkoušky vodotěsnosti podle ČSN EN 1027 [7]



Obr. 4: Okno zabudované do zkušební skříně při zkoušení vodotěsnosti **Chyba! Nenašel jsem zdroj odkazů.**

#### 1.2.4 Odolnost proti zatížení větrem

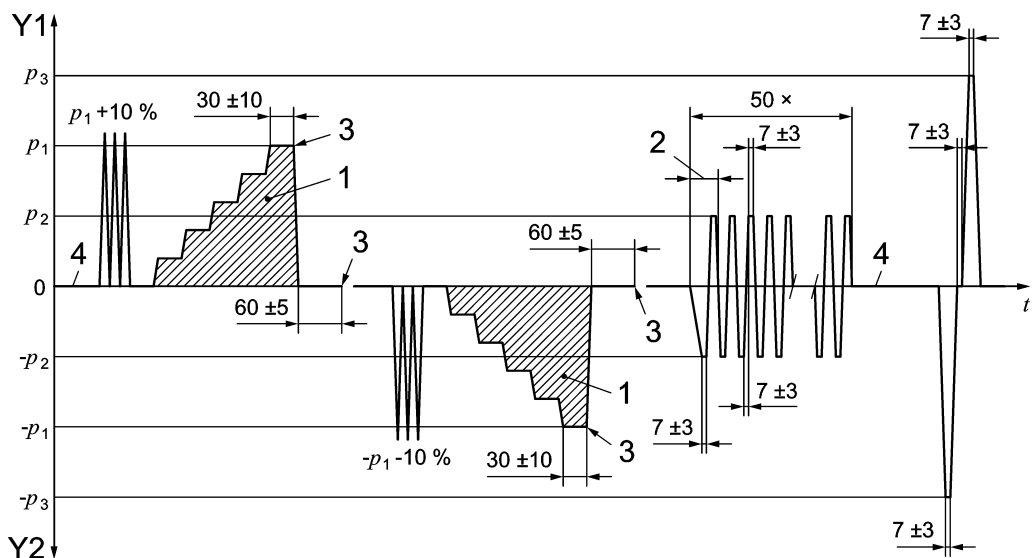
Tato mandátová vlastnost posuzuje stabilitu konstrukce otvorové výplně vzhledem k působení tlaku větru. Při zkoušce se měří deformace rámových a křídlových profilů oken a vchodových dveří při působení předepsaného nebo stanoveného tlaku větru.

Zkouška je prováděna podle zkušební normy ČSN EN 12211 – Okna a dveře – Odolnost proti zatížení větrem – Zkušební metoda.

Klasifikace je následně prováděna podle normy ČSN EN 12210 – Okna a dveře – Odolnost proti zatížení větrem – Klasifikace.

Výsledkem zkoušky je třída odolnosti proti zatížení větrem v závislosti na hodnotě působícího tlaku a změřených deformacích rámu křídla otvorové výplně, např. třída C4 – nejčastěji dosahovaná třída při laboratorních zkouškách oken a vnějších dveří.





- 1 - postupný nebo plynulý nárůst rychlostí nepřekračující 100 Pa/s
  - 2 - cyklus, kladný a záporný tlak
  - 3 - čelní změna polohy nebo trvalý čelní průhyb
  - 4 - zkouška průvzdušnosti
- |    |                     |
|----|---------------------|
| Y1 | kladný tlak         |
| Y2 | záporný tlak        |
| t  | čas v sekundách (s) |

Obr. 5: Zkušební diagram pro zkoušku odolnosti proti zatížení větrem podle ČSN EN 12 211

[8]



Obr. 6: Vzorek okna při zkoušení odolnosti proti zatížení větrem **Chyba! Nenalezen zdroj odkazů.**

### 1.3 Tepelně technické vlastnosti

Z tepelně-technického hlediska představuje výplň otvoru složenou konstrukci, jejíž vlastnosti jsou určeny parametry a vlastnostmi jednotlivých materiálů, ze kterých je tato otvorová výplň vyrobena. Zpravidla se jedná o průhledné plochy izolačního skla nebo izolační výplně oken a neprůhledné plochy vlysů křídel a ráků v závislosti na konstrukčním provedení těsnění a kování.

#### 1.3.1 Tepelná vodivost

Představuje tepelný tok, kterým se teplo šíří z jedné zahřáté části látky do chladnějších částí. Tepelná vodivost látky je charakterizována součinitelem tepelné vodivosti.

V případě otvorových výplní je tato vlastnost velmi důležitá, proto je nutné zabránit vzniku tepelných mostů. Ty hrozí především u materiálů s vysokým součinitelem tepelné vodivosti, zejména u kovů oceli, hliníku aj. Proto jsou tyto části řešeny konstrukčně tak, že vnější část je oddělena od vnitřní vhodným materiálem s nízkou tepelnou vodivostí, případně vhodnou tepelnou izolací.

Tato vlastnost způsobuje, že některé materiály jsou na dotek studené (hliník) a jiné naopak teplé (dřevo). Způsobeno je to větším odvodem tepla dále z povrchu a tedy i pomalejším ohříváním u tepelně více vodivého materiálu. Přehled vybraných součinitelů tepelné vodivosti uvádí tabulka 3.

Tab. 3: Přehled hodnot součinitele tepelné vodivosti materiálů pro výrobu otvorových výplní [10]

Materiál	Součinitel tepelné vodivosti $\lambda$ (W/m·K)
Dřevo	0,12 - 0,45
Plast (PVC)	0,16
Ocel	58
Hliník	204
Sklo	1,05
Vzduch	0,024

Z tepelně technického hlediska jsou důležitými veličinami součinitel prostupu tepla a nejnižší vnitřní povrchová teplota. Součinitel prostupu tepla celou konstrukcí je dán prostupem tepla rámovou částí a zasklením. Nejnižší vnitřní povrchová teplota má rozhodující vliv na kondenzaci vodních par na povrchu konstrukce.

### 1.3.2 Prostup tepla oknem

Hodnota prostupu tepla celým oknem  $U_w$  udává, kolik tepelné energie uniká oknem velikosti  $1\text{m}^2$  při teplotním rozdílu  $1\text{K}$ . Čím nižší je tato hodnota, tím lépe okno tepelně izoluje. Tento parametr je jediný porovnatelný a nabízí technické srovnání oken v oblasti tepelné izolace. Současný standard a doporučená hodnota je  $U_w \leq 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

### 1.3.3 Prostup tepla zasklením

Hodnota součinitele prostupu tepla zasklením  $U_g$  charakterizuje prostup tepla částí zasklení, tj. bez vlivu okrajů, a definuje hustotu tepelného toku v ustáleném stavu vztaženou k rozdílu teplot okolního prostředí na každé straně. Stanovení součinitele prostupu tepla se provádí za podmínek, které odpovídají průměrnému stavu zasklení v praxi.

### 1.3.4 Prostup tepla rámy okna

Hodnota prostupu tepla rámy okna  $U_f$  udává, kolik tepelné energie uniká rámy a křídly oken při ploše rámů  $1\text{m}^2$  při teplotním rozdílu  $1\text{K}$ . Současný standard činí  $U_f = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , doporučenou hodnotou je  $U_f \leq 1,3 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ .

### 1.3.5 Teploty na povrchu okna

Teploty na povrchu konstrukcí otvorových výplní slouží k posouzení, zda za normových podmínek dojde ke kondenzaci vodní páry na povrchu či nikoli. Stanovení teploty se provádí buď výpočtem 2rozměrného teplotního pole nebo přímým měřením teplot ve zkušebně.

Konstrukce a jejich styky v prostorech s návrhovou relativní vlhkostí vnitřního vzduchu  $\varphi_i \leq 60 \%$  musí v zimním období za normových podmínek vykazovat v každém místě takovou vnitřní povrchovou teplotu, aby odpovídající teplotní faktor vnitřního vzduchu  $f_{Rsi}$  splňoval podmínku:

$$f_{Rsi} \geq f_{Rsi,N} \quad (1.1)$$

## 1.4 Akustické vlastnosti otvorových výplní

Neprůzvučností stavebních konstrukcí se rozumí schopnost konstrukce přenášet zvukovou energii v zeslabené míře.

Akustické vlastnosti oken a dveří se nejčastěji vyjadřují pomocí následujících stupňů:

- Stupeň vzduchové neprůzvučnosti  $R_w$  – laboratorní neprůzvučnost, kdy měření je prováděno za ideálních podmínek dle platných norem;

- Stupeň stavební vzduchové neprůzvučnosti  $R'_w$  – stavební neprůzvučnost, kdy je stanovení této vlastnosti provedeno přímo v budově.

Neprůzvučnost okna závisí na typu okenní konstrukce, kdy zásadní vliv na akustické vlastnosti okna mají zejména následující parametry:

- Druh zasklení – má rozhodující vliv na neprůzvučnost celého okna. U jednoduchého zasklení záleží především na plošné hmotnosti. Dvojnásobné zasklení využívá k dosažení zvýšení neprůzvučnosti tloušťky vzduchové mezery. Při použití trojnásobného zasklení (trojsklo nebo dvojsklo s přidavným sklem) se zmenší tloušťka vzduchové vrstvy a při stejné plošné hmotnosti skel je neprůzvučnost dvojskel a trojskel přibližně stejná. Pro zvýšení neprůzvučnosti oken se používají i systémy s rozdílnou tloušťkou skel nebo s vrstveným sklem.
- Okenní rám – záleží na druhu materiálu, ze kterého jsou rámy vyrobené. Pokud mají rámy oken vyšší index zvukové neprůzvučnosti než zasklení, zlepší se celkový index vzduchové neprůzvučnosti  $R_w$  o 1 až 2 dB. V opačném případě ovšem může dojít ke snížení až o 6 dB, hlavně při vyšších třídách zvukové izolace oken.

Spárová neprůzvučnost – zvuková energie se šíří i netěsnostmi spár mezi ostěním a rámem okna, funkčními spárami mezi rámem okna a křídlem, a také spárami v detailu zasklení. Pokud jsou použity přidavné větrací klapky, jsou tyto častými příčinami snížení zvukové izolace okna. Největší pokles neprůzvučnosti vzniká hlavně mezi rámem okna a křídlem okna.

## **2 Problematika větrání, infiltrace a netěsnosti staveb**

V každé budově dochází k trvalé výměně vzduchu mezi venkovním a vnitřním prostředím. I při uzavření oken a dveří se případnými netěsnostmi vyměňuje vzduch. Tato vlastnost otvorových výplní propouští vzduch při určitém tlakovém rozdílu se obecně nazývá průvzdušnost.

### **2.1 Kvalita vzduchu v místnosti**

Větráním místnosti nebo budovy má zajistit požadovanou kvalitu vzduchu v místnostech. Přitom je třeba zohlednit následující faktory, které ji ovlivňují:

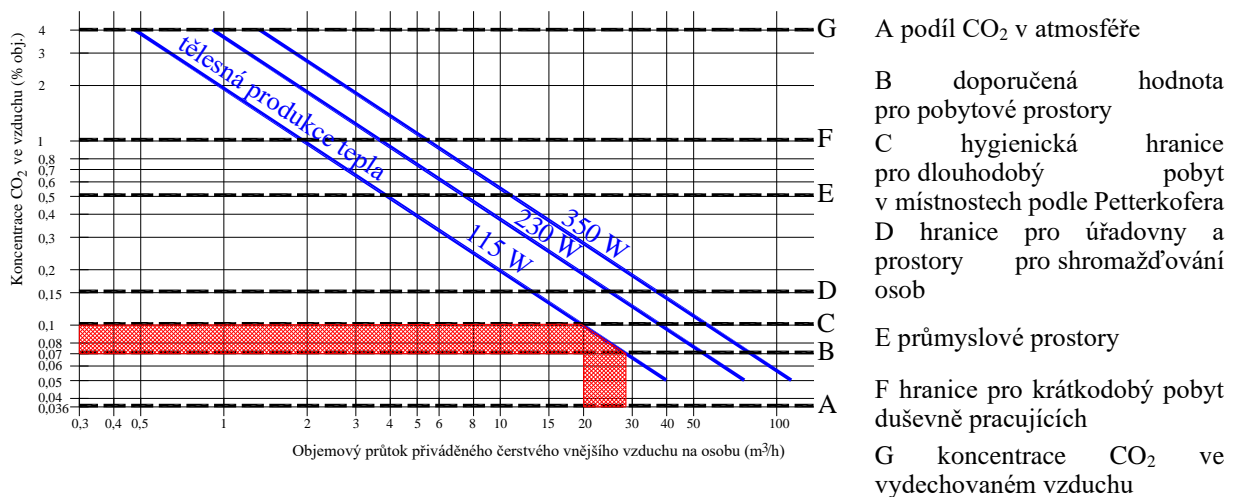
- zatížení škodlivými látkami,
- obsah vodní páry,

- teplota vzduchu,
- rychlost proudění vzduchu v místnosti.

### 2.1.1 Zatížení škodlivými látkami

Zatížení škodlivými látkami se podle Pettenkofera určuje koncentrací CO<sub>2</sub> [12]. Tzv. těžký vzduchu nemá příčinu v nedostatku kyslíku, jak se často uvádí, nýbrž ve vysoké koncentraci CO<sub>2</sub>. Obsah CO<sub>2</sub> se nachází ve vnějším vzduchu v koncentraci průměrně 0,036 % objemových, po přepočtu 360 ppm vol.

Uvnitř uzavřených místnosti by neměla koncentrace CO<sub>2</sub> překročit 1000 ppm. Vyšší koncentrace vede bezprostředně ke zdravotním potížím, hlavně způsobuje ospalost či bolení hlavy. Východiskem, jaké množství větracího vzduchu je nezbytné pro zajištění minimálního hygienického standardu ve vztahu k obsahu CO<sub>2</sub>, může být následující obrázek.



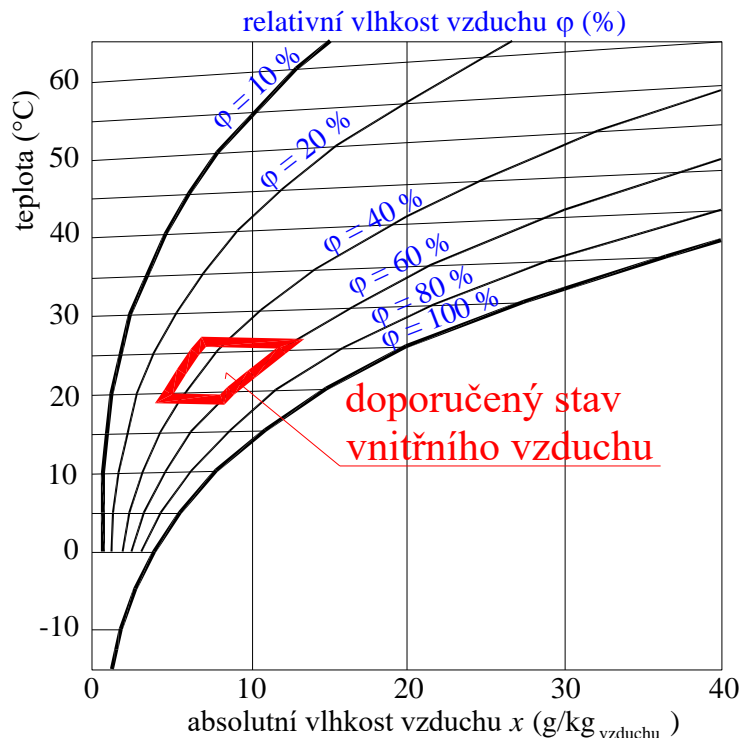
Obr. 7: Doporučená prostorová výměna vzduchu v místnostech podle tělesné produkce tepla a přípustné koncentrace CO<sub>2</sub>

### 2.1.2 Výměna vzduchu a obsah vodní páry

Výměna vzduchu asi 30 m<sup>3</sup>/h na jednoho člověka při produkci tělesného tepelného výkonu asi 115 W zcela postačuje k udržení koncentrace CO<sub>2</sub> v místnosti v rámci hygienicky přípustného limitu. Tuto hodnotu změny cyklu lze odvodit z jednoduchého výpočtu. Počínaje pokojem s jakýmkoli objemem  $V_R$  a obsazením osobou, jejíž dechový objem v klidu je v průměru 7 l / min., a který při každém výdechu uvolňuje 5,6 obj.% CO<sub>2</sub>, získá jeden potřebný průtok přiváděného vzduchu asi 37 m<sup>3</sup> / h, aby se nepřekročil limit 1 000 ppm obsahu CO<sub>2</sub> ve vzduchu v místnosti [13].

Kromě CO<sub>2</sub> jde také o další plyny jako CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, O<sub>3</sub>, radon, formaldehyd, uhlovodíky a aerosoly, mezi něž patří také anorganické a organické prachy, tělesné pachy,

zápach z živočišné nebo z rostlinné výroby, zkrátka tzv. neživé nečistoty. Kromě toho existují také živé nečistoty, jako viry, bakterie, roztoče nebo plísňové spory.



Obr. 8: Doporučený stav vnitřního vzduchu ve vztahu k teplotě, absolutní a relativní vlhkosti vzduchu

## 2.2 Větrání

Větrání bytových prostor by obecně mělo zajistit odvedení vydýchaného a znečištěného vzduchu, škodlivin, vlhkosti a pachů, a tím zajistit příjemné vnitřní klima v místnosti. Důležitými faktory jsou relativní vlhkost vzduchu, teplota, rychlost prodění vzduchu a povrchová teplota stěn.

Dostatečné větrání je také velmi důležité i pro samotnou stavbu. Vysoká relativní vlhkost vzduchu může na problematických chladných místech budovy, nazývaných tepelnými mosty, způsobit kondenzaci vodních par, čímž může zapříčinit i výskyt plísní. Z tohoto pohledu jsou jako kritické místnosti uvažovány také koupelny a toalety. Minimální množství vyměněného vzduchu nebo minimální množství čerstvého vzduchu je dáno hygienickými předpisy uvedenými v tabulce 4.

Tab. 4: Přehled hodnot intenzit výměny vzduchu pro bytové místnosti [17]

Prostor	Minimální průměrná výměna vzduchu nebo min. množství čerstvého vzduchu	Minimální množství odváděného vzduchu	Doplňující požadavky
Celý byt	0,5 h <sup>-1</sup>	-	-
Ložnice	0,5 h <sup>-1</sup> a ne méně než 15 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	-	musí být přímé větrání otevíravým oknem nebo větracím otvorem
Obytný pokoj	0,5 h <sup>-1</sup>	-	musí být přímé větrání otevíravým oknem nebo větracím otvorem
Kuchyně	-	40 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	musí být přímé větrání otevíravým oknem nebo větracím otvorem; odsavač par nad sporákem s výkonem 80 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>
Koupelna	-	min. 40 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	podtlakové větrání
WC	-	min. 40 m <sup>3</sup> h <sup>-1</sup>	podtlakové větrání

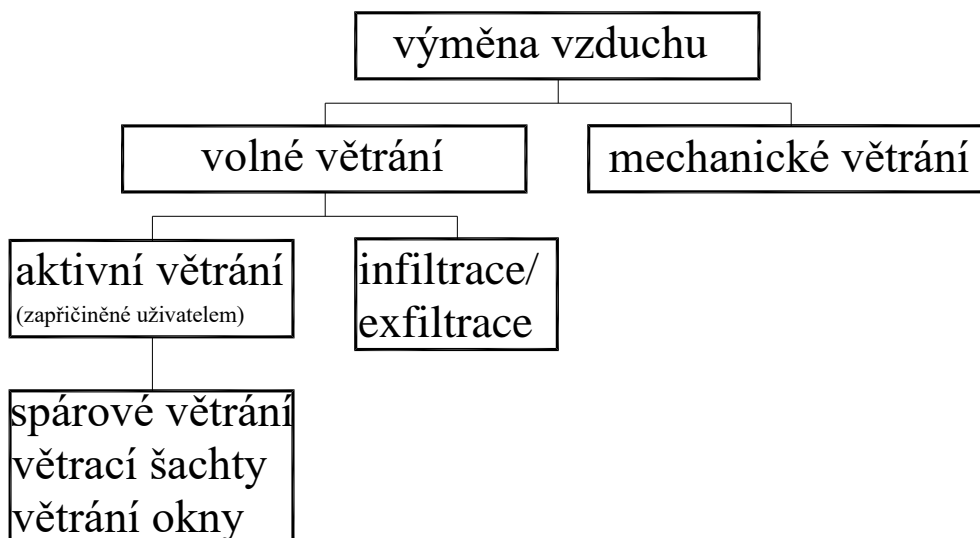
### 2.2.1 Požadavky na větrání

Větrání lze zajistit různými systémy řízeného větrání nebo zařízeními umístěnými přímo do oken a dveří, tzv. větracími klapkami.

Větrací zařízení musí zajistit přívod venkovního, relativně zdravotně nezávadného vzduchu do prostoru bytu a odvod znehodnoceného vzduchu. Přívod venkovního vzduchu musí být proveden tak, aby se zabránilo vzniku průvanu, víření prachu a přenosu hluku z venkovního prostředí. Venkovní vzduch musí být nasáván z čistého a zdravotně nezávadného prostředí, nejlépe ze stinné severní strany budovy.

### 2.2.2 Druhy větrání

V této kapitole jsou uváděny různé druhy výměny vzduchu větráním. Rozlišuje se *volné proudění vzduchu* a mechanické větrání. Při volném větrání nastává proudění vzduchu netěsnostmi v obálce budovy, které vytváří infiltraci, resp. exfiltraci vzduchu.



Obr. 9: Rozdělení druhů výměny vzduchu v místnosti nebo v budově při volném a mechanickém větrání.

Z hlediska způsobů větrání se můžeme také setkat s následujícími pojmy:

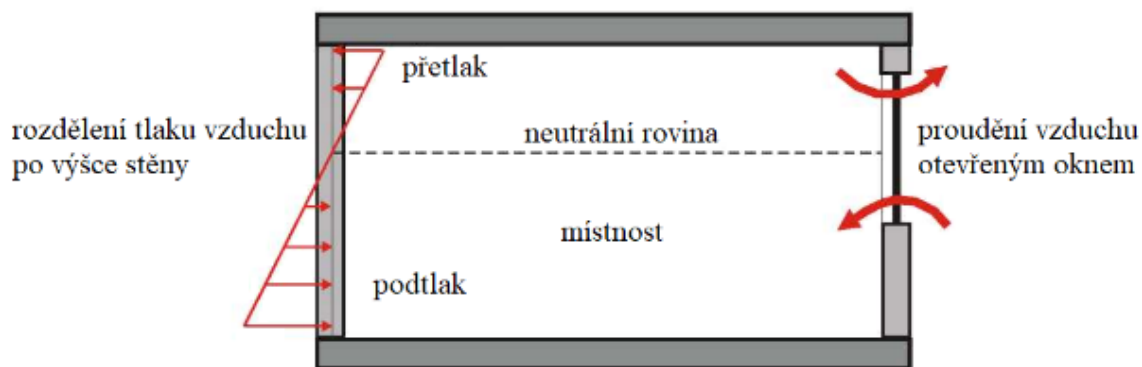
- Místní - tímto větráním se provětrá vždy jen část místnosti. Zajistí se tím pohoda pouze v daném větraném místě. Jsou to například odsávání, vzduchová sprcha nebo vzduchová clona.
- Celkové - zajišťuje výměnu vzduchu rovnoměrně v celé místnosti nebo prostoru a současně zabraňuje zvýšení koncentrací škodlivin nad maximální přípustnou hodnotu.
- Oblastní – je kombinace předešlých dvou způsobů.
- Intenzivní - při intenzivním větrání dojde k jednorázové výměně vzduchu v místnosti během několika minut, přičemž dojde k poklesu pokojové teploty. Pro obnovení tepelné pohody je důležitá doba větrání (několik málo minut) a také akumulční schopnosti stavebních dílů obklopujících místnost. Například v cihlových stavbách během intenzivního větrání dojde k rychlému poklesu teploty vzduchu v místnosti, stěny si však svoji teplotu uchovají. Snížená teplota vzduchu v místnosti tak nemá na tepelnou pohodu člověka významnější vliv.
- Trvalé - při větrání trvalém je zajištěna stálá a rovnoměrná výměna vzduchu, přičemž nedochází k poklesům pokojových teplot. Při využití trvalé výměny vzduchu je třeba dbát, aby rychlost proudícího vzduchu nepřesáhla 0,2 m/s. Vyšší rychlosti proudění vnímá člověk jako nepříjemné. Trvalé větrání je zvláště výhodné u prostor se stále vysokou vlhkostí. Při trvalém větrání a tím vlastně i trvalém ochlazování se zvyšují náklady na vytápění.



Je prokázáno, že větrání ovlivňuje nejen hygienické podmínky, ale také náklady na vytápění, a proto v této součinnosti je citelnější finanční náročnost při stálém růstu cen za energii.

### 2.2.3 Volné (přirozené) větrání

Pod pojmem volné nebo přirozené větrání se rozumí výměna vzduchu v důsledku tlakového rozdílu na obálce budovy způsobené teplotním rozdílem nebo účinkem větru. V následujícím obrázku jsou vyobrazeny tlakové rozdíly a odsud vyplývající proudění vzduchu otevřeným oknem ve vytápěné místnosti v zimě, kdy vnitřní teplota je vyšší než teplota vnějšího vzduchu.



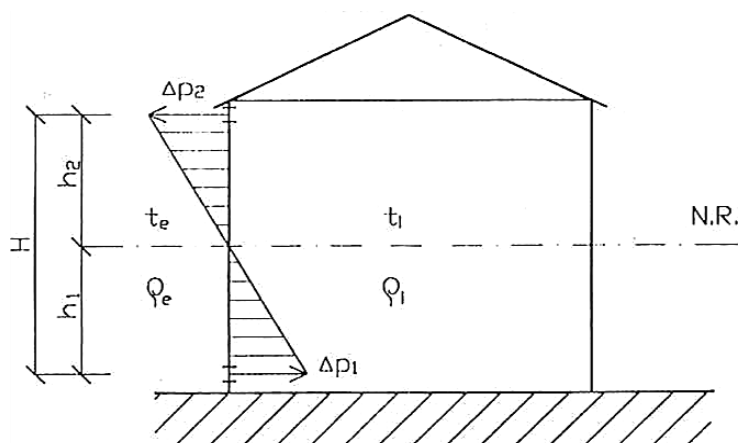
Obr. 10: Znázornění tlakových poměrů ve vytápěné místnosti v zimě a související tlakové rozdíly a proudění vzduchu oknem.

Proudění vzduchu je patrné vpravo na obrázku 10. Teplý vzduch v místnosti stoupá k hornímu líci místnosti a vychází ven, zatímco studený vzduch proudí do místnosti ve spodní části. Ve výšce místnosti, v níž se nepředpokládá žádný tlakový rozdíl, se nazývá neutrální rovina ( $\Delta p = 0$ ) nacházející se přibližně ve středu výšky okna. Lze ji určit výpočtově, ale většinou se bod neutrální výšky nachází o něco níže středu, což závisí hlavně na poměru hustot vzduchu mezi vnějším a vnitřním prostředím.

Princip přirozeného gravitačního způsobu větrání je tedy založen na nerovnosti měrné hmotnosti venkovního a vnitřního vzduchu v důsledku jejich rozdílné teploty. Teplý vzduch s menší hmotností má v důsledku gravitace tendenci stoupat a chladnější vzduch má tendenci klesat. V místnosti se zdrojem tepla tak dochází k vertikálnímu rozdělení teplot a vzduch u stropu, který má menší hmotnost, je teplejší jako ten u podlahy.

V případě, že je teplota venkovního vzduchu rozdílná v porovnání s teplotou vnitřního vzduchu, jsou rozdílné i jejich měrné hmotnosti. Pokud bychom v tomto případě vytvořili na obvodové stěně budovy dva otvory vertikálně posunuté o výšku  $H$ , vznikne tlakový rozdíl, viz schéma na obrázku 11, vyjádří se tlakové rozdíly, které lze vyjádřit vztahy:

$$\Delta p_1 = h_1 (\rho_e - \rho_i) g \quad \Delta p_2 = h_2 (\rho_i - \rho_e) g \quad (2.1)$$



Obr. 11: Schéma rozdělení tlaků vyvolaných gravitací [11]

N.R. – neutrální rovina

Jedním z otvorů bude venkovní vzduch do místnosti přicházet a druhým z místnosti odcházet. Musí být ale splněna podmínka  $\rho_1 \neq \rho_2$ , respektive pokud venkovní a vnitřní teploty vzduchu nebudou shodné.

Rozlišují se tři druhy přirozeného větrání:

- spárové větrání způsobující infiltraci, resp. exfiltraci,
- šachtové větrání,
- větrání okny.

Spárové větrání nastává netěsnostmi v oblasti oken, všeobecněji obálkou budovy. Ve stavbách se projevují škodlivě, pokud proudí teplý vnitřní vzduch ven a ochlazením ve zdivu vytváří kondenzát. Podíl spárového větrání na celkové výměně vzduch budovy má být pokud možno nepatrný. Všeobecně platí, že podíl výměny vzduch na celkové výměně vzduchu by neměl překročit hodnotu  $0,1 \text{ h}^{-1}$ . U netěsných obálek budov může tato hodnota v ročním průměru nabývat hodnoty  $0,8 \text{ h}^{-1}$  nebo i vyšších.

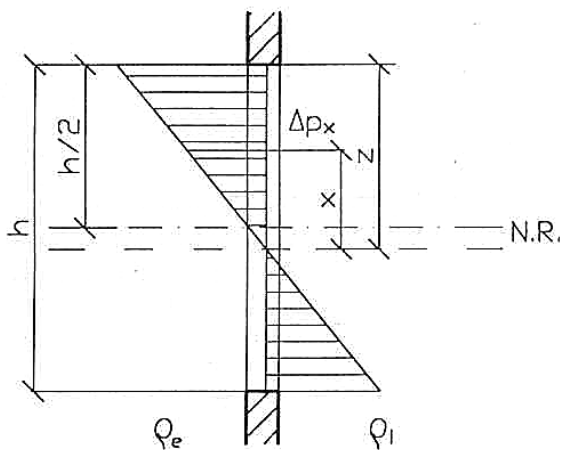
Šachtové větrání nastává většinou tehdy, kdy místnost nemá přímo vnější stěnu, a tak se nevětrá okny. Vytváří se jev, kdy stoupající teplý vzduch v místnosti je tlakovým účinkem úměrný výšce šachty. Ovšem v letních měsících může být tento druh větrání problematický, neboť při teplotách vnějšího vzduchu nad teplotou vnitřního vzduchu se tlačí vzduch přes větrací šachty do místností a sousedních prostor.

Větrání okny je docela výhodný způsob přirozeného větrání místností, protože lze větrání nastavit relativně velkým průřezem okna na požadovanou výměnu vzduchu. Často ovšem nastává nežádoucí vysoká výměna vzduchu a tím také nežádoucí tepelné ztráty. Výměna vzduchu je silně závislá na nastavení okna.

## 2.2.4 Větrání okny

K takzvanému přirozenému větrání využíváme proud čerstvého vzduchu z venkovního prostředí, který vzniká rozdílem tlaku nebo teploty, a to nejen mezi vnějším a vnitřním prostředím, ale také mezi podlahou a stropem. Chladný přiváděný čerstvý vzduch díky své vyšší hustotě padá k podlaze.

Pokud ho zahříváme, snižuje se jeho hustota a stoupá směrem ke stropu, odkud je odváděn větracími otvory ven z místnosti. Za předpokladu, že hmotnostní průtok přiváděného a odváděného vzduchu je stejný, tak vlivem rozdílu hustoty přiváděného a odváděného vzduchu se neutrální rovina, která tvoří rozhraní mezi vzduchem proudícím dovnitř, posune ze střední polohy, jak je znázorněno na obrázku 12.



Obr. 12: Rozložení tlaků vzduchu v okenním otvoru vyvolaný gravitací [11]

N.R. – Neutrální rovina

Orientační hodnoty výměny vzduchu při větrání okny jsou uvedeny v tabulce 5.

Tab. 5: Orientační hodnoty výměny vzduchu v místnosti  $n_h$  podle nastavení okna [14] .

Nastavení okna	Výměna vzduchu v místnosti $n_h$ [ $\text{h}^{-1}$ ]
Vyklopené okno s žaluziemi	0,3 - 1,5
Vyklopené okno bez žaluzií	0,8 - 4,0
Okno otevře napolovic	5 - 10
Zcela otevřené okno	9 - 15

Tepelné ztráty větráním lze zmenšit pomocí nárazového větrání, tj. krátkého intenzivního větrání, které mohou být ve srovnání s dlouhodobým větráním vyklopením okna nižší. Tento způsob se však příliš nehodí pro noční větrání ložnic.

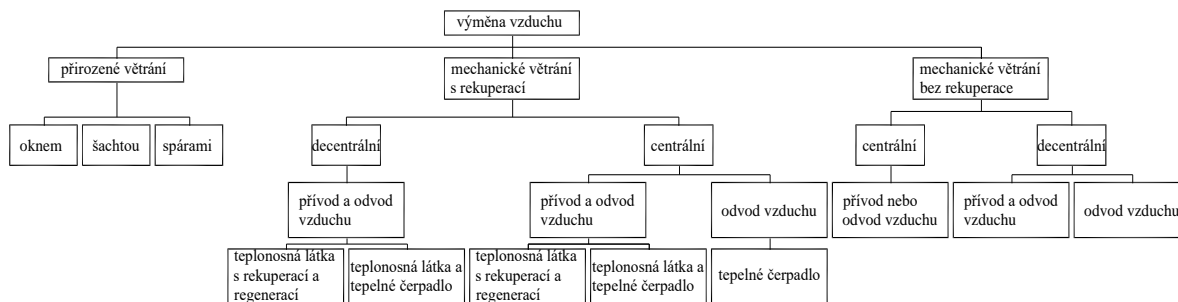
### 2.2.5 Infiltrace

Z důvodu tlakového rozdílu vyvolaného gravitační tíhou a působením větru proniká vzduch do budovy a z ní ven netěsnostmi v konstrukci obálky budovy nebo skrz póry použitých stavebních materiálů. Uvedené proudění vzduchu může mít v mnoha případech negativní důsledky, a to nejen z pohledu ztráty tepla jako nepřetržitý přívod studeného vzduchu, ale i vzhledem k umělému větrání. Nárazovým regulovatelným přirozeným větráním je možno dosáhnout téměř až 10 % energetických úspor, a to v porovnání s neregulovatelným průběžným větráním.

Nežádoucí nadměrná infiltrace vzduchu oknem v zimním období tak nepříznivě ovlivňuje teplotní a vlhkostní režim otvorových výplní tím, že posouvá teplotní pole konstrukce směrem k nižším teplotám a zároveň nepříznivě ovlivňuje tepelné ztráty interiéru.

### 2.2.6 Mechanické větrání

Vedle přirozeného větrání, které je vytvářeno a udržováno přirozeně náhodným tlakovým rozdílem, a tím obtížně odhadnutelné, existuje také možnost mechanického větrání. Velkou výhodou oproti přirozenému větrání je to, že systém může být provozován podle potřeby a míra výměny vzduchu je regulovatelná. Požadovaný tlakový rozdíl se vytváří automaticky ventilátorem. Mechanické větrací jednotky se používají v různých konfiguracích. Mohou být provozovány tak, že v místnosti, která má být ventilována pouze jedním ventilátorem, je vytvářen podtlak a proudící vzduch z okolních oblastí nebo z vnějšku může pronikat netěsnostmi nebo ventilačními otvory pro tento účel. Na druhé straně mohou být jak přívodní, tak i odpadní vzduchové otvory opatřeny ventilátory, ale je tomu tak zřídka. Existují také rozdíly mezi centralizovanými jednotkami pro kompletní bytové jednotky a decentralizovanými ventilačními jednotkami pro jednotlivé místnosti. Vzdálená zařízení jsou většinou instalována v problémových oblastech, zejména v místnostech s intenzivními zdroji znečišťujících látek nebo s vysokým obsahem vlhkosti. Větrací jednotky v místnosti zajišťují konstantní výměnu vzduchu na úrovni hygienické podmínky. Za účelem udržení co nejnižších tepelných ztrát ventilace, zejména v zimě, byla vyvinuta zařízení, která využívají teplo odpadního vzduchu k předehřívání chladnějšího přiváděného vzduchu. Za tímto účelem jsou dva objemové proudy vedeny ve výměníku tepla proti sobě. Zařízení tohoto typu využívají větrací jednotky s rekuperací tepla.



Obr. 13: Znázornění různých systémů větrání bytů [15] .

Čím nižší jsou tepelné ztráty budovy přes jeho plášť, tím vyšší musí být účinnost rekuperační jednotky, a tím více se vyplatí pořízení takového zařízení. V nízkoenergetickém domě lze ušetřit pomocí větrací jednotky s rekuperací tepla velkou část potřeby tepla na vytápění.

Aby bylo možné takový systém efektivně provozovat, musí být zajištěna co možno nejvyšší možná míra vzduchotěsnost budovy. Pouze tak lze zabránit nekontrolovaným ztrátám tepla větráním bez možnosti zpětného získání tepla. To bude v budoucnu povinné pro nové budovy [16] . Při renovaci starých budov jsou konstrukční opatření omezená, snahou je však vylepšení detailů.

## 2.3 Veličiny pro popis kvality větrání budov

### 2.3.1 Těsnost obálky budovy

Pro těsnost budovy se používá veličina míra výměny vzduchu  $n$  s jednotkou  $\text{h}^{-1}$ . Ta udává objem přiváděného proudu vzduchu, který se vymění v zadaném vnitřním prostoru za 1 hodinu. Přitom se musí zohlednit to, že infiltrační objem vzduchu je způsoben pouze netěsnostmi v obálce budovy a nikoliv větracími otvory.

$$n = \frac{\dot{V}}{V} \quad (2.2).$$

Vztah (2.1) udává, nakoľik větrací objemový proud ovlivňuje objemový průtok způsobený infiltrací větracím zařízením a jaký podíl zaujímá podíl netěsnosti na celkovém objemovém průtoku, který však snižuje účinnost tepelné rekuperace.

Místnost o objemu  $V_R$  je provětrávána přes vzduchotechnické zařízení objemovým tokem  $V_{WRG}$  a infiltrací o objemovém průtoku  $V_{inf}$ . Míra výměny vzduchu vyvolaná oběma průtoky vzduchu platí:

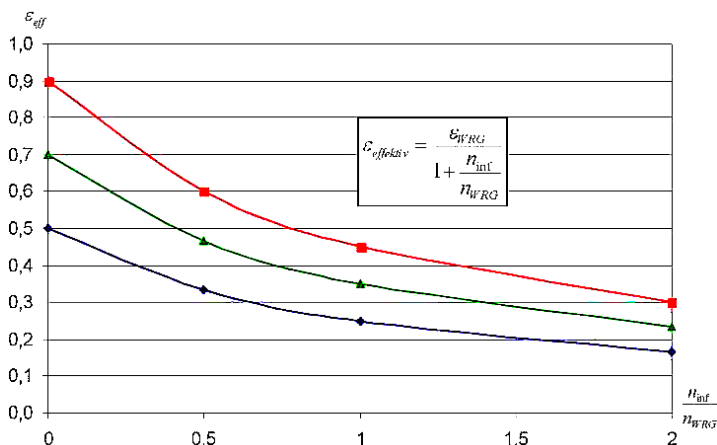
$$\varepsilon_{eff} = \frac{\varepsilon_{WRG}}{1 + \frac{n_{inf}}{n_{WRG}}} \quad (2.3),$$

kde:  $\varepsilon_{eff}$  efektivita zpětného získávání tepla,

$\varepsilon_{WRG}$  nominální hodnota zpětného získávání tepla větracího zařízení,

$n_{inf}$  infiltrační způsobená hodnota zpětného získávání tepla v  $\text{h}^{-1}$ ,

$n_{WRG}$  hodnota zpětného získávání tepla způsobená větracím zařízením v  $\text{h}^{-1}$ .



Obr. 14: Znárodnění závislosti účinnosti zpětného získávání tepla na míře infiltrace [49]

- červená křivka pro  $\varepsilon_{WRG} = 0,9$ ,
- zelená křivka pro  $\varepsilon_{WRG} = 0,7$ ,
- modrá křivka pro  $\varepsilon_{WRG} = 0,5$ .

Z obrázku 14 je patrné, že se míra zpětného získávání tepla v důsledku infiltrace výrazně zmenšuje.

Jednou z metod lokalizace netěsností budovy je metoda Blower Door, která se používá již řadu let. U této metody měření se pomocí ventilátoru vytváří mezi vnitřkem budovy a okolím definovaný nastavitelný tlakový rozdíl. Objemový průtok, který je nezbytný pro udržení tohoto tlakového rozdílu, je stejný jako objemový průtok netěsnostmi pronikající vzduch, a tak je mírou intenzity výměny vzduchu s odpovídajícím tlakovým rozdílem.

Mělo by být provedeno jak přetlakové, tak i podtlakové měření, protože toky unikajícího objemu mohou být také závislé na směru proudění vzduchu. Rychlost výměny vzduchu  $n_{50}$  se vypočítá z objemového průtoku vzduchu proudícího ventilátorem při tlakovém rozdílu 50 Pa a objemu vnitřního vzduchu uzavřeného obálkou budovy:

$$n_{50} = \frac{\dot{V}_{50}}{V} \quad (2.4).$$

### 2.3.2 Stanovení průvzdušnosti staveb – Blower Door test

Každá konstrukce budovy by měla obsahovat ve své skladbě vzduchotěsnicí vrstvu a napojení stavebních otvorových výplní ke konstrukci budovy by mělo být provedeno vzduchotěsně. Tato vzduchotěsnicí vrstva musí probíhat od spodních kontaktních konstrukcí, např. hydroizolace,

přes obvodové stěny, např. souvislou vrstvou omítky, po střešní konstrukci v celé její ploše, např. parotěsnou folií a tyto zóny musí být vzájemně vzduchotěsně napojeny. Tento fakt ale na druhou stranu nemění nic na možnosti provádět obvodové konstrukce, a to včetně střešního pláště jako difuzně otevřenou skladbu materiálů dovolující vodním parám procházet konstrukcí bez kondenzace. Je také nutno uvažovat s rozdílem mezi parotěsností a vzduchotěsností. Parotěsnost je schopnost materiálové vrstvy zabránit pronikání vodní páry. Vzduchotěsnost je charakterizována mírou proudění vzduchu netěsnostmi.

Průvzdušnost obálky budovy se vyjadřuje intenzitou výměny vzduchu  $n_{50}$  [ $\text{h}^{-1}$ ].

Pro stanovení hodnoty  $n_{50}$  je potřeba znát vnitřní objem měřené budovy či měřené části budovy. Jedná se tedy o průtok vzduchu netěsnostmi při kladném a záporném tlakovém rozdílu 50 Pa mezi vnějším a vnitřním prostředím na jednotku objemu budovy.

Tab. 6: Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu  $n_{50,N}$  [37]

Větrání v budově	Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ [ $\text{h}^{-1}$ ]	
	Úroveň 1	Úroveň 2
Přirozené nebo kombinované	4,5	3,0
Nucené	1,5	1,2
Nucené se zpětným získáváním tepla	1,0	0,8
Nucené se zpětným získáváním tepla v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění (pasivní budovy)	0,6	0,4

Doporučuje se splnění podmínky  $n_{50} \leq n_{50,N}$

Hodnoty na úrovni 1 se doporučuje splnit vždy, hodnoty na úrovni 2 se doporučuje splnit přednostně.

V TNI 73 0329:2010 se v klasifikačním schématu uvádí označení „Pasivní rodinný dům“ a „Nízkoenergetický rodinný dům“ na základě plnění požadavků různých veličin. Mimo jiné definuje i následující veličiny ve vztahu k průvzdušnosti budov po dokončení stavby uvedené v tabulce 7.

Tab. 7: Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu  $n_{50,N}$  a měrné spotřeby tepla [37]

	Neprůvzdušnost obálky budovy $n_{50}$ [h <sup>-1</sup> ]	Měrná roční potřeba tepla na vytápění [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]
Pasivní rodinný dům	0,6	≤ 20
Nízkoenergetický rodinný dům	1,5 (doporučuje se)	≤ 50

### 2.3.3 Měřicí zařízení

Pro měření průvzdušnosti stavby nebo obálky budovy se užívá Blower Door test. Zařízení sestává z velkopřůměrového ventilátoru s proměnným průměrem ústí, proměnným výkonem řízeným buď ručně nebo automaticky v závislosti na tlakových poměrech v budově, vně budovy a na průchodu ventilátoru. Ventilátorem osazeným v rámu s plachtou ve dveřích popř. okně v obvodové stěně se vytváří postupně tlakový rozdíl 20 - 100 Pa a z tlaku na ventilátoru se stanoví průtok vzduchu k jednotlivým tlakovým krokům pro kalibrovanou geometrii ústí ventilátoru.

### 2.3.4 Postup

Metodický postup a technické parametry zařízení stanoví norma ČSN EN ISO 9972:2017 – Tepelné chování budov - Stanovení průvzdušnosti budov - Tlaková metoda [44] . Tato norma popisuje dvě metody měření průvzdušnosti. v závislosti na účelu. Oba způsoby měření vyžadují jinou přípravu budovy.

Metoda A (test užívané budovy): Stav obálky budovy odpovídá stavu během sezóny, kdy je používáno topení, nebo chladicí klimatizační systém.

Metoda B (test obálky budovy): Každý záměrně vytvořený otvor v obálce domu je uzavřen, nebo utěsněn

Zařízením Blower Door test se vytvoří v měřeném domě přetlak a podtlak ±50 Pa a při použití diagnostických přístrojů a zařízení se zjistí netěsnosti a defekty v konstrukci objektu, na technologických zařízeních, případně na otvorových výplních.

### 2.3.5 Detekce netěsností

Pro detekci netěsností je možno použít několik možností. První je použití mikroanemometru se žhavicím vláknem o účinném měřeném průřezu do několika mm<sup>2</sup>. Touto metodou lze také stanovit za pomoci definovaného profilu, např. v dělicích dveřích apod., poměrně přesně průtok vzduchu z jednotlivých částí budovy nebo místností.



Další možností pro identifikaci nežádoucího průniku vzduchu, zvláště v případech, kdy tyto nejsou zřejmé, je možno použít vyvíječ inertního dýmu nebo speciální kouřové tyčinky. Tento způsob má ale svá omezení a není v praxi příliš používán, nicméně tento způsob detekce může být použit také pro vizualizaci úniku vzduchu a tepla.

Jako nejužitečnější a velmi operativní se jeví třetí možnost, a to je použití termografické techniky. Jediné omezení tohoto způsobu detekce je nutný teplotní rozdíl mezi exteriérem a interiérem. Zobrazení větší plochy povrchu obálky a její pozorování v čase za ustavení tlakového rozdílu dovoluje identifikaci, částečnou kvantifikaci defektů a to i v místech, kam se operátor dostane jen stěží. Plošná kontrola výrazně snižuje možnost pominutí některých detailů. Termokamery diagnostikují také pohyb chladného vzduchu podél netěsností a jsou schopny lokalizovat ochlazující se plochy konstrukcí.

Postupným odstraňováním diagnostikovaných netěsností a defektů (těsné provedení napojovací spáry oken a dveří, těsné rámy s okny, těsnost zárubní s dveřmi, netěsná parozábrana, apod.) se zvyšuje vzduchotěsnost obálky budovy. Současně se tak na minimum omezuje únik tepla a pronikání vlhkosti do konstrukce domu.

### 2.3.6 Součinitel spárové průvzdušnosti $i_{LV}$

Další možností vyjádření výsledků průvzdušnosti otvorových výplní je pomocí součinitele spárové průvzdušnosti  $i_{LV}$  ( $\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{Pa}^{-0,67}$ ). Přestože jsou výsledky spárové průvzdušnosti vyjadřovány na základě klasifikační normy ČSN EN 12207 v  $\text{m}^3$  na celkovou plochu okna nebo na délku funkční spáry při různých tlakových stupních, je vyjádření součinitele spárové průvzdušnosti vhodné především při výpočtech tepelných ztrát budov. Norma ČSN EN 12114 Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti stavebních dílců a prvků – Laboratorní zkušební metoda, příloha B udává postup zpracování výsledku při výpočtu parametrů rovnice netěsnosti. [45]

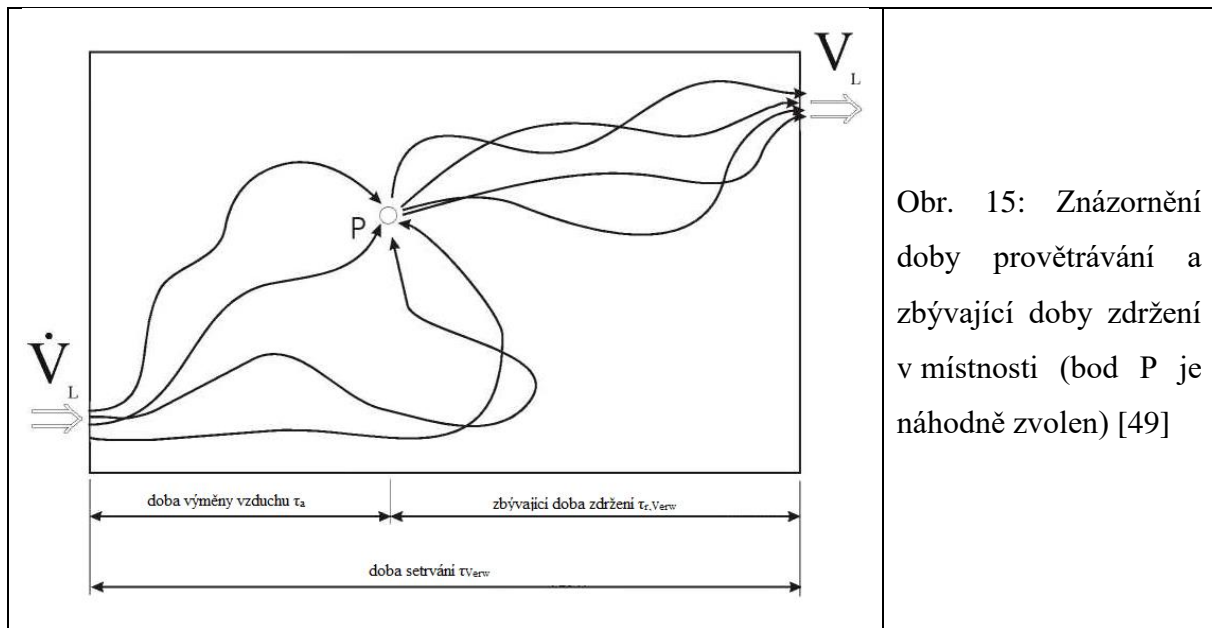
## 2.4 Doba provětrání

Samotná rychlost výměny vzduchu je nedostatečným měřítkem pro stanovení účinnosti ventilačního procesu i kvality vzduchu v místnosti, protože tato hodnota neposkytuje výpověď o míře ‚vyvětrání‘ místnosti. Navzdory vysokému počtu výměn vzduchu existuje možnost, že osoby na určitých místech v místnosti jsou zatíženy převážně použitým vzduchem.

Místní doba výměny vzduchu  $\tau_a$  v kterémkoliv místě P je definována jako průměrný čas, který molekuly vzduchu od vstupu do místnosti přiváděné vstupním otvorem dorazí do místa P. Přímým odkazem na body ve vesmíru je tedy  $\tau_a$  mnohem lepší než obecná míra změny vzduchu

k posouzení účinnosti ventilace.

Protože jednotlivé molekuly vzduchu cestují kvůli turbulenci různými cestami, je uveden průměr časů, kdy všechny molekuly vzduchu procházejí bodem P. Čas  $\tau_{r,Verw}$ , který tyto molekuly vzduchu potřebují v průměru od bodu P do výdechového otvoru, se označuje jako zbývající doba zdržení. Čas od vstupu do místnosti přes bod P do výdechového otvoru je tedy součet  $\tau_a$  a  $\tau_{r,Verw}$ , doba setrvání  $\tau_{Verw}$  znázorněná na obrázku 15.



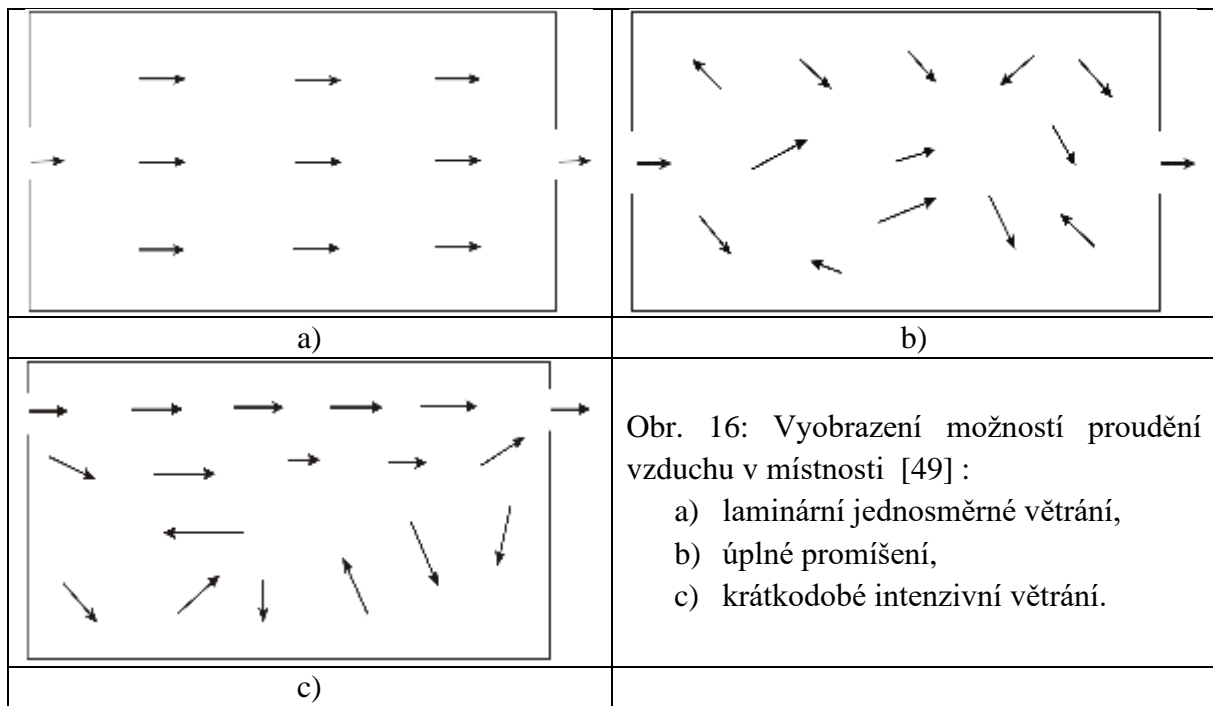
Obr. 15: Znázornění doby provětrávání a zbývající doby zdržení v místnosti (bod P je náhodně zvolen) [49]

Nejkratší možná doba výměny vzduchu je rovná nominální hodnotě časové konstanty. Tu lze vyjádřit převrácenou hodnotou z počtu hodinových výměn vzduchu celého vnitřního objemu:

$$\tau_{nom} = n^{-1} \quad (2.5)$$

Podle způsobu proudění je skutečná průměrná doba výměny vzduchu pak její nominální časové konstanty. Na obrázcích 16 a) až c) jsou vyobrazeny zvláštní případy proudění vzduchu:

- laminární jednosměrné proudění,
- úplné promíšení,
- krátkodobé intenzivní větrání.



Laminární jednosměrné větrání je nejefektivnější způsob provětrávání. Znamená to efektivní a úplné vyvětrání místnosti v nejkratší možné době. Skutečná průměrná doba vyvětrání je v tomto případě rovná nominální časové konstantě.

$$\tau_{verw} = \tau_{nom} \quad (2.6)$$

Odvození času provětrání  $\tau_{verw}$  molekul vzduchu pro případ laminární jednosměrné větrání:

Při laminárním jednosměrném větrání dosahují molekuly vzduchu stejnou dobu vyvětrání  $\tau_{verw}$ .

To je definováno jako poměr z rozdílu přírodního a výstupního otvoru  $L_{ges}$  a pro všechny molekuly vzduchu konstantní rychlosti

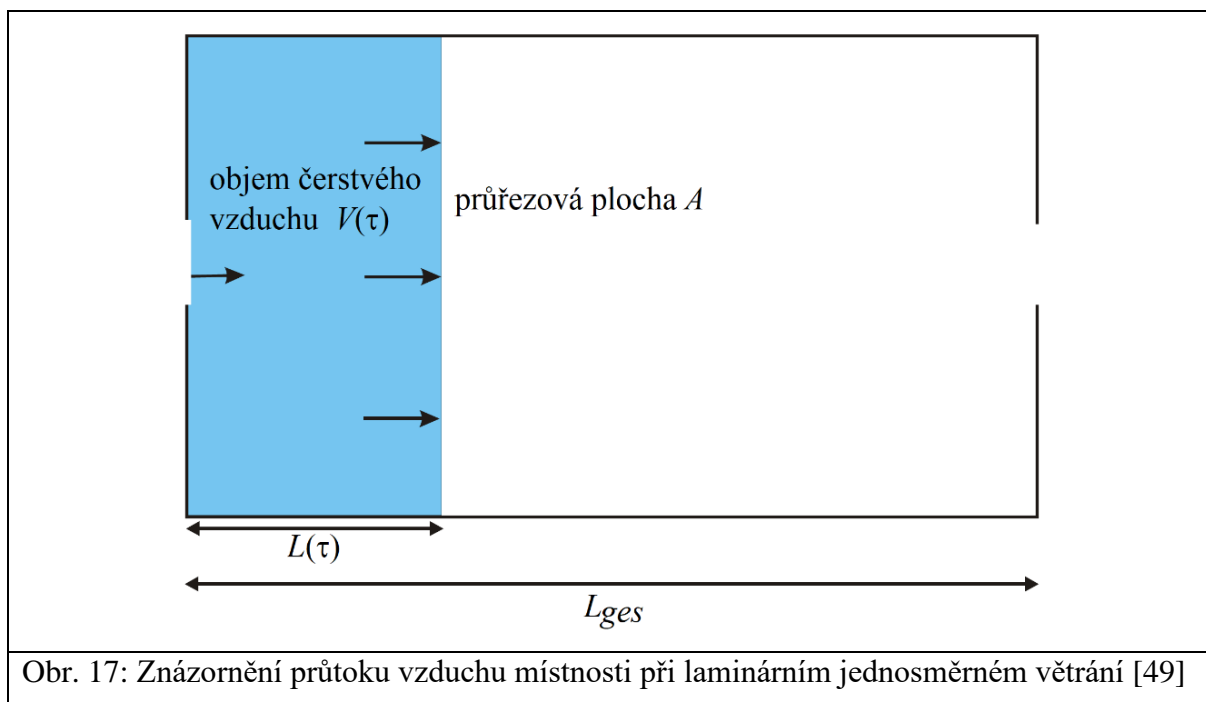
$$v = \frac{dL(\tau)}{d\tau} \quad (2.7),$$

kde:  $\tau_{verw}$  doba vyvětrání v s,

$L_{ges}$  délka místnosti v m,

$v$  rychlost pohybu molekul vzduchu v m/s.

$$\tau_{verw} = \frac{L_{ges}}{v} \quad (2.8)$$



Při laminárním jednosměrném větrání odpovídá objem čerstvého vzduchu kvádru, jehož objem se mění podle proměnné  $L(\tau)$ . Pokud se nahradí v celém objemu upotřebený vzduch čerstvým vzduchem, pak  $L(\tau) = L_{ges}$ . Objem čerstvého vzduchu  $V(\tau)$  se vyjádří z průřezové plochy  $A$  a vzdálenosti  $L(\tau)$ :

$$V(\tau) = A \cdot L(\tau) \quad (2.9)$$

kde:  $V(\tau)$  objem čerstvého vzduchu v  $\text{m}^3$ ,  
 $A$  průřezová plocha  $\text{m}^2$ ,  
 $L(\tau)$  délka v m,  
 $\tau$  doba v s.

Z toho vyplývá pro objemový průtok vzduchu  $\dot{V}(\tau)$

$$\dot{V}(\tau) = A \cdot \frac{dL(\tau)}{d\tau} \quad (2.10)$$

kde:  $\dot{V}(\tau)$  průtok vzduchu v  $\text{m}^3/\text{h}$ .

Pro nominální časovou konstantu  $\tau_{nom}$  se využívá vztahu (2.10):

$$\tau_{nom} = \frac{V}{\dot{V}(\tau)} \quad (2.11),$$

kde:  $\tau_{nom}$  nominální časová konstanta v s.

Pro případ laminárním jednosměrném větrání je tak nominální časová konstanta rovna době vyvětrání.

### 3 Nízkoenergetická výstavba

V současné době je patrný měnící se pohled lidí na životní prostředí a přitom nejde jen o vyspělé země. Nejvíce patrný je trend v průmyslu, v elektronice i ve stavebnictví aj. Také v České republice se požadavky na energetickou náročnost budov postupně dostávají do závazných legislativních požadavků i širšího povědomí lidí, a stává se důležitým kritériem při výběru bydlení.

Všeobecně se budovy charakterizují podle energetické náročnosti do kategorií jako nízkoenergetické budovy, pasivní budovy, dům s téměř nulovou spotřebou energie či tzv. aktivní dům. Jednotlivé kategorie domů jsou popsány souvisejícími technickými parametry, zejména jde o spotřebu energie vztaženou na čtvereční metr půdorysné plochy za rok, hodnotou součinitele prostupu tepla konstrukcemi, způsobem vytápění a větrání a také vzduchovou průvzdušností stavby.

Spolu s rozvíjející se technologií výstavby budov se stává důležitou i diagnostika kvality samotného provedení. Stavby s nosnou konstrukcí ze dřeva či materiálů na jejich bázi jsou oproti klasickým zděným stavbám citlivé hlavně na preciznost montáže, a proto stavby samotné by tak měly být pod větší kontrolou provádění. Tepelně izolační vlastnost stavebních konstrukcí je přitom rozhodujícím parametrem.

Stavebně fyzikální problematika zahrnuje diagnostiku tří samostatných fyzikálních veličin - jedná se o vzduchovou průvzdušnost, kontrolu vlastností stavebních konstrukcí z hlediska akustických a vlhkostních parametrů. Jednotlivé parametry spolu úzce souvisí a podmiňují tepelně izolační schopnost konstrukcí (v rámci jednotlivých způsoby šíření tepla stavebními konstrukcemi).

Hodnocení kvality provedení staveb metodou Blower-Door testu bylo realizováno u vybraných obytných budov postavených na území zejména Moravy po roce 2010 jako měření průvzdušnosti stavby nebo její části. Touto metodou se kontroluje úroveň vzduchotěsnosti stavby při přetlaku a při podtlaku 50 Pa a tak lze zjistit netěsná místa ve stavbě, kde může nastávat kondenzace vlhkosti doprovázející degradaci dřevěných prvků i izolačních materiálů. Opravou netěsných míst ve stavbě lze mnohonásobně prodloužit životnost stavebních konstrukcí a snížit spotřebu tepelné energie. Správně provedené konstrukce stavby vedou k dlouhodobému a bezproblémovému užívání stavby.

Se vzduchotěsností stavby souvisí jednotlivé vlastnosti, které se mohou podílet na výsledné hodnotě vzduchové průvzdušnosti:

- Skladebné uspořádání svíslé obvodové konstrukce,
- Způsob výstavby,
- Způsob větrání vnitřního vzduchu v objektu,
- Vliv kvality provedení / těsnosti výplňových konstrukcí,
- Způsob jejich montáže do stavby,
- Poměr výsledků měření při přetlaku a podtlaku,
- Nalezení netěsností v konstrukci z hlediska vzduchotěsnosti obálky budovy.

### **3.1 Historický vývoj**

V 70. letech po první ropné krizi v USA byl zaznamenán značný vzestup nízkoenergetické a solární výstavby. V té době si společnost uvědomuje značnou závislost na energiích a také na ropě. To byl hlavní důvod k tomu, aby se zvýšily tlaky na snižování energetické náročnosti ve všech odvětvích průmyslu. Stavebnictví patří k nejméně diskutovaným oblastem, neboť se ve stavebnictví spotřebovává asi 40 % veškeré vyrobené energie.

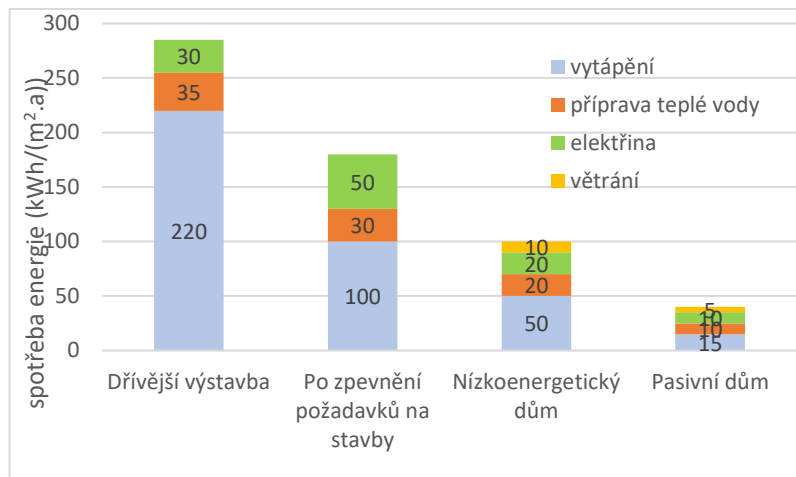
V té době lze datovat výstavbu experimentálních energeticky šetrných budov, kde hlavní energetickým zdrojem je solární energie. Budovy postavené v 70. letech mají jako hlavní zdroj energie velké sluneční kolektory, solární skleníky a prosklené stěny nebo se energie z těchto solárních zdrojů ukládá do vodních akumulčních zásobníků. Tyto budovy se označují jako první generace nízkoenergetických domů. Typickým znakem těchto staveb je velký zdroj obnovitelné energie, ale stavební úpravy, zejména izolační schopnosti a vzduchotěsnost staveb, byly do značné míry podceňovány. Postupně se od tohoto typu staveb upustilo kvůli jejich ekonomické náročnosti. Ale i tak se do běžné výstavby dostala řada příznivých zlepšení.

Mnoho těchto budov však mělo řadu stále se opakujících nedostatků, které byly způsobeny nedostatečnou vzduchotěsností zejména otvorovými konstrukcemi s nízkou těsností. Netěsnostmi se sice na jednu stranu zajišťovalo samovolné větrání a odvod vlhkosti, ale na straně druhé byly příčinou značných energetických ztrát bez možnosti jejich regulace. Hlavní nedostatkem těchto budov byla poruchovost experimentální techniky, kterou byly osazeny [15].

Další vývoj probíhal spíše v Evropě. Evropské stavebnictví je založeno na jiných principech než americké. Větší důraz je kladen na použití tradičních materiálů, provedení stavebních detailů a dosažení podstatně vyšší životnosti staveb [18].

Postupně byly vylepšovány jednotlivé části budov, jako např. byla zvýšena tepelná izolace stěn, použity těsné otvorové výplně, a také byla věnována větší pozornost vzduchotěsnosti celé obálky budovy [30]. Postupem času došlo i na klasifikaci členění tepelné zóny uvnitř objektů.

Všechny tyto zásahy vedly k tomu, že se nové domy začaly označovat jako nízkoenergetické domy druhé generace. Další aktivní technologie, které se začaly používat a které dnes považujeme za běžné, jsou např. tepelná čerpadla, rekuperace, ohřev teplé vody ze slunečních kolektorů a další [12].



Obr. 18: Porovnání spotřeby energie na provoz domu dřívější výstavby, po normové úpravě požadavků, ND a PD [26]

Koncepce pasivního domu byla nastíněna již v roce 1988 během vědeckého pobytu Dr. Wolfganga Feista na univerzitě v Lundu ve Švédsku. Získané zkušenosti využil v dalším vývoji.



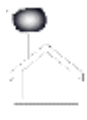

Skutečný návrh a realizaci čtyř řadových domů vytvořili pro soukromé klienty architekti Bott, Ridder a Westemeyer. Stavby byly realizovány v Darmstadtu v roce 1990, výstavba pokračovala v roce 1993 v oblasti Stuttgartu, pak v roce 1997 v Hessenu, Naumburgu a Wiesbadenu [14].

Po ověření funkčnosti konceptu pasivního domu byla v roce 1996 založena nadace Passivhaus-Institut pro certifikaci a kontrolu výrobků pro pasivní domy. Dále byla založena pracovní skupina pro projektování pasivních staveb a vývoj souvisejících technologií (především oken a větracích systémů) [14].

Během 80. let pak v Německu vznikl i projekt domu s téměř nulovou spotřebou energie, který se ale vzhledem k vysokým energetickým nárokům na fungování systémů příliš neosvědčil. Budova v Dorpe nedaleko Hannoveru je dodnes využívána a funguje pouze v nízkoenergetickém standardu. Na vývoji konstrukcí se podílela řada výzkumníků, kteří později pracovali i na dalších německých pasivních domech, a stala se zdrojem mnohých cenných poznatků [15].

V České republice bylo roku 2005 založeno v Brně J. Bártou Centrum pasivního domu, které se zabývá problematikou pasivní výstavby. Motivací pro výstavbu pasivních rodinných domů v České republice se stal dotační program Zelená úsporám.

Tab. 8: Přehled o potřebě energie na vytápění a energetických parametřů obvodového pláště stavby [27]

Potřeba energie na vytápění $H$ [kWh/(m <sup>2</sup> .a)] - (typický RD na jednu rodinu)	300-250	150-100	50-40	≤ 15
Druh stavby	Chybějící tepelná izolace vysoká cena za vytápění, staré budovy	nedostatečná izolace typická občanská výstavba 50.-70. let	nízkoenergetické stavby	pasivní stavby u pasivních staveb nutné splnění parametrů
KONSTRUKCE	Typické hodnoty $U$ a tloušťky tepelné izolace $d$			
Obvodová stěna $U_f$ [W/(m <sup>2</sup> .K)] (masivní stavba, tl. 25 cm) tloušťka izolace $d$ [cm]	1,30 0	0,40 6	0,20 16	0,13 30
Střecha $U_d$ [W/(m <sup>2</sup> .K)] tloušťka izolace $d$ [cm]	0,90 4	0,22 22	0,15 30	0,10 40
Podlaha na terénu $U_g$ [W/(m <sup>2</sup> .K)] tloušťka izolace $d$ [cm]	1,00 0	0,40 6	0,25 10	0,15 26
Okna $U_w$ [W/(m <sup>2</sup> .K)]	5,10 jednoduché zasklení	2,80 izolační dvojsklo (vyplněné vzduchem)	1,10 tepelně izolační dvojsklo	0,80 tepelně izolační trojsklo, speciální rám
Větrání	netěsné okenní spáry	otevření okna	jednotka nuceného větrání s rekuperací	komfortní ventilační systém s rekuperací tepla
Emise CO <sub>2</sub> [kg/(m <sup>2</sup> .a)]	60 	30 	10 	2 
Roční spotřeba energie (litrů topného oleje/m <sup>2</sup> .a)	30-25 dm <sup>3</sup>	10-15 dm <sup>3</sup>	4-5 dm <sup>3</sup>	1,5 dm <sup>3</sup>

## 3.2 Rozdělení staveb

### 3.2.1 Rozdělení dle energetické náročnosti

Vliv staveb na životní prostředí je nepřehlédnutelný, evropský průměr na vytápění budov činí 174,3 kWh/m<sup>2</sup>. Nejvyšší spotřeba na vytápění se uvádí u polských budov, a to o 63% nad evropským průměrem [31]. V České republice tvoří spotřeba na vytápění asi 60% veškeré spotřebované energie v domácnosti. Je zřejmé, že investice do snižování spotřeby energie na vytápění je v dlouhodobém výhledu výhodná s přínosem značné finanční úspory [16].



Základní rozdělení staveb dle energetické náročnosti dle normy ČSN 73 0540-2 zobrazuje tabulka 1. Každou kategorii charakterizuje měrná roční spotřeba tepla vztažená na 1 m<sup>2</sup> vytápěné plochy za rok a součinitel prostupu tepla obvodové stěny  $U$ . Tyto hodnoty jsou pouze orientační, ale lze dle nich a skladby stěny předpokládat, jaké energetické náročnosti budova dosáhne [18].

Tab. 9: Základní rozdělení budov podle energetické náročnosti [19].

kategorie	Roční měrná spotřeba tepla na vytápění EPa [kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	Hodnota součinitele prostupu tepla $U$ [W/(m <sup>2</sup> K)] obvodové stěny lehké do 100 kg/m <sup>2</sup> těžké nad 100 kg/m <sup>2</sup>
Starší budovy postavené před rokem 1990	150 - 300	(nerozdělovalo se na lehkou a těžkou) 0,40-0,80
Obvyklá novostavba podle aktuálních normovaných požadavků	80 - 140 (podle členitosti budovy)	lehká - 0,30 těžká - 0,38
Energeticky úsporný dům	50 - 70	lehká - 0,18 - 0,22 těžká - 0,22 - 0,26
Nízkoenergetický dům	< 50	lehká - 0,13 - 0,19 těžká - 0,15 - 0,21
Pasivní dům	< 15	0,09 - 0,15
Dům s téměř nulovou spotřebou energie	0 - 5	0,08 - 0,12
Dům s energetickým přebytkem	< 0	0,06 – 0,10

Rozdělení dle plošné konstrukce se neprovádí u domů s téměř nulovou spotřebou energie a pasivních budov, a to z důvodu, že plošná hmotnost obvodových konstrukcí obvykle přesahuje 100 kg/m<sup>2</sup> [18].

„U budov s téměř nulovou spotřebou energie a budov s energetickým přebytkem je uvedených hodnot dosahováno především díky vlastní výrobě energie (nejčastěji pomocí fotovoltaických solárních kolektorů), energetické přebytky jsou nejčastěji vráceny zpět do rozvodné sítě“ [19].

### 3.2.2 Nízkoenergetické budovy

Nízkoenergetické domy jsou charakterizovány sníženou potřebou tepla na vytápění. Toho se dosahuje racionálním stavebním řešením obálky budovy. Za nízkoenergetickou budovu se dle normy ČSN 73 0540-2:2011 se považuje budova, u které průměrný součinitel prostupu tepla nepřekračuje doporučenou hodnotu podle tabulky 2, a současně měrná potřeba tepla na vytápění je stanovena v souladu s ČSN EN ISO 13790, TNI 730329 a TNI 730330, nepřekračuje 50 kWh/(m<sup>2</sup>.a) (v Rakousku méně než 40 kWh/(m<sup>2</sup>.a) [33]. Pro budovy

s převažující návrhovou teplotou mimo interval  $18^{\circ}\text{C} - 20^{\circ}\text{C}$  se toto hodnocení neprovádí [9]. Nízkoenergetické domy lze rozdělit dle způsobu větrání, jak uvádí tabulka 3, konkrétní hodnota je závislá na způsobu větrání. Podle TNI 73 0329 je požadovaná hodnota pro nízkoenergetický dům  $n_{50} < 1,5 \text{ h}^{-1}$  [9].

Tab. 10: Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou teplotou  $18^{\circ}\text{C}$  až  $22^{\circ}\text{C}$  [9]

	Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla $U_{em,N,20}$ [ $\text{W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$ ]
Nové obytné budovy	Výsledek výpočtu podle čl. 5.3.4*, nejvýše však 0,50
Ostatní budovy	Výsledek výpočtu podle čl. 5.3.4*, nejvýše však hodnota: Pro objemový faktor tvaru: $A/V < 0,2 \rightarrow U_{em,N,20} = 1,05$ $A/V > 1,0 \rightarrow U_{em,N,20} = 0,45$ Pro ostatní hodnoty $A/V \rightarrow U_{em,N,20} = 0,30 + 0,15/(A/V)$ .

\*v čl. 5.3.4. normy ČSN 73 0540-2 se uvádí výpočet.

### 3.2.3 Pasivní budovy

Název pasivní budova vychází z principu využívání pasivních tepelných zisků v budově. Jsou to zisky ze slunečního záření procházejícího okny a zisky vnitřní - teplo vydávané lidmi a spotřebiči. Použitím kvalitních izolačních vrstev v obálce budovy a dalších úprav tyto tepelné zisky „neutíkají ven“ a po většinu roku postačují k dosažení pohodové vnitřní teploty v místnostech, což poskytuje příznivé vnitřní mikroklima [20].

Pasivní budovy charakterizuje nízká potřeba energie na zajištění požadovaného stavu vnitřního prostředí a minimální potřeba primární energie z neobnovitelných zdrojů na jejich provoz. Takové racionální stavební řešení, případně použití dalších souvisejících technologií, však zvyšují náklady na realizaci stavby [9] [32].

Technická kritéria pasivních domů jsou (hodnoty platí pro středoevropské klimatické podmínky):

- spotřeba tepla na vytápění  $< 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\cdot\text{a})$  [33].
- maximální topný výkon  $10 \text{ W}/\text{m}^2$ ;
- součinitel prostupu tepla u všech plných obvodových konstrukcí s  $U < 0,15 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$ ;
- okna s hodnotou  $U_w < 0,8 \text{ W}/\text{m}^2\cdot\text{K}$  a se sklem o hodnotě  $g > 50\%$ ;
- součinitel vzduchové neprůvzdušnosti  $n_{50} < 0,6 \text{ h}^{-1}$ ;
- vzduchotechnická jednotka s rekuperací s účinností vyšší než 75%;

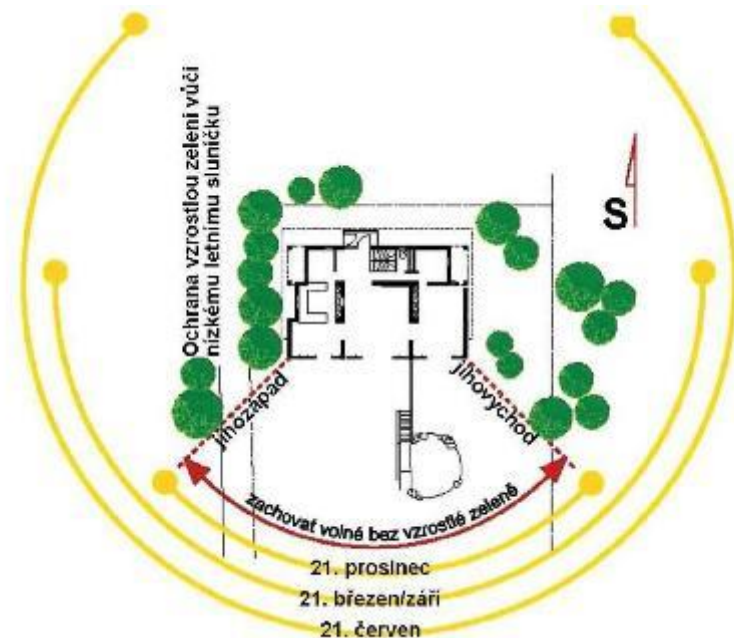
- celková roční spotřeba primární energie (na topení, větrání a elektrické spotřebiče) nesmí překročit 120 kWh/m<sup>2</sup> [21] [34] .

Tab. 11: Přehled doporučených hodnot intenzity výměny vzduchu  $n_{50,N}$  [9] .

Větrání v budově	Doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ [ $\text{h}^{-1}$ ]	
	Úroveň I	Úroveň II
Přírozené nebo kombinované	4,5	3,0
Nucené	1,5	1,2
Nucené se zpětným získáváním tepla	1,0	0,8
Nucené se zpětným získáváním tepla v budovách se zvláště nízkou potřebou tepla na vytápění (pasivní domy)	0,6	0,4

Pro splnění základní podmínky na roční měrnou spotřebu tepla na vytápění  $15 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{a})$ , je zapotřebí dodržet níže uvedené zásady:

- Orientace a umístění budovy.
- Kompaktní energeticky příznivý tvar budovy.
- Vynikající tepelná izolace všech částí konstrukce.
- Vzduchotěsnost obvodového pláště.
- Kvalitní izolační okna.
- Řízené větrání s účinným zpětným získáváním tepla [12] .



Obr. 19: Příklad ideálního umístění domu s účinným osluněním jižní fasády [28]

### 3.2.4 Budovy s téměř nulovou spotřebou energie

Koncepce domu s téměř nulovou spotřebou energie vychází z poznatků o pasivním domě, avšak jeho energetická spotřeba se v maximální míře využívá z obnovitelných zdrojů energií [22] .

Podle požadavku na postupné snižování spotřeby energie musí všechny nové stavby splňovat požadavky na spotřebu energie; od 1.1 2013 požadavek vyhlášky 148/2007 a od 1.4 2013 musí splňovat nové požadavky dle vyhlášky 78/2013 novely vyhlášky 148/2007 o energetické náročnosti budov [30] .

Požaduje se, že všechny nové budovy (rodinné, bytové i administrativní) budou muset splňovat od roku 2018, 2019 a 2020 požadavky tak, aby byly vystavěny v pasivním standardu:

- od 1. ledna 2018 budovy s podlahovou plochou větší než 1 500 m<sup>2</sup>,
- od 1. ledna 2019 budovy s podlahovou plochou větší než 350 m<sup>2</sup>,
- od 1. ledna 2020 budovy s podlahovou plochou menší než 350 m<sup>2</sup>.

Konkrétní požadavky na budovy s téměř nulovou spotřebou energie vymezují legislativní předpisy o energetické náročnosti budov [36] .

Energetické hodnocení vychází z roční bilance potřeby a produkce energií v budově a jejím okolí, vyjádřené v hodnotách primární energie; přitom se předpokládá, že budova je připojena na obvyklé energetické sítě. Požaduje se, aby stavební řešení a technická zařízení budovy byla navržena tak, aby přibližně odpovídala standardu pasivního domu a část energetických potřeb byla pokryta obnovitelnými zdroji energií [23] .

Pro hodnocení jsou stanoveny dvě úrovně:

Úroveň A - do energetických potřeb budovy se zahrne potřeba tepla na vytápění, chlazení, energie na přípravu teplé vody, pomocná elektrická energie na provoz energetických systémů budovy, elektrická energie na umělé osvětlení a elektrické spotřebiče.

Úroveň B - jako A, ale bez zahrnutí elektrické energie na elektrické spotřebiče. Pro uvedené úrovně se v tabulce 12 uvádí požadavky pro splnění úrovně „energeticky nulového domu" a úrovně domu „blízkého energeticky nulovému".

Tab. 12: Přehled o základních požadavcích energeticky nulových budov [9]

Závaznost kritéria		Požadovaná hodnota	Doporučená hodnota	Požadovaná hodnota podle zvolené úrovně hodnocení	
		Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em}$ [W/(m <sup>2</sup> K)]	Měrná potřeba tepla na vytápění $E_A$ [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	Měrná roční bilance potřeby a produkce energie vyjádřená v hodnotách primární energie z neobnovitelných zdrojů PEA [kWh/(m <sup>2</sup> a)]	
				Úroveň A	Úroveň B
Obytné budovy	Nulový	Rodinné domy < 0,25 Bytové domy < 0,25	Rodinné domy < 0,20 Bytové domy < 0,20	0	0
	Blízký nulovému			80	30
Neobytné budovy <sup>2)</sup>	Nulový	< 0,35 <sup>1)</sup>	< 0,30	0	0
	Blízký nulovému			120	90

<sup>1)</sup> Uvedená hodnota je doporučena, nejvýše však musí být rovna odpovídající hodnotě dle ČSN 73 0540 čl. 5.3.2.  
<sup>2)</sup> Neobytné budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou 18°C-22°C včetně. Pro jiné budovy není stanoveno.

### 3.2.5 Aktivní budova

Aktivní (respektive nulová, případně plusová) budova nepotřebuje pro provozování dodávat žádnou vnější energii. Vlastní spotřeba energie je pokryta výhradně z obnovitelných zdrojů v množství kolik spotřebuje, případně ještě i s přebytkem. Související energetická bilance je pouze teoretická, neboť například elektrická energie, vyrobená zpravidla pomocí fotovoltaických článků, se obvykle dodává do veřejné elektrické sítě. Matematickým porovnáním energie dodané do budovy z veřejné sítě (spotřebované) a energie předané do elektrické sítě (vyprodukované z vlastních zdrojů) je ideálně výsledek rovný nule. Samotná budova produkuje energii bez emisí CO<sub>2</sub>, a tedy bez ekologické zátěže na životní prostředí. [24]

Aktivní domy se někdy nazývají jako tzv. plusové domy. Takové objekty nepotřebují ke svému provozu připojení na klasické energetické sítě, zejména plyn a elektřina, protože jsou vybaveny zařízeními, která vyrábí energii z obnovitelných zdrojů v takovém množství, že mohou vzniknout i přebytky [35].

Požadavky na aktivní domy jsou totožné s nulovými domy a jejich vlastnosti lze srovnávat s pasivními domy. Doplněným parametrem u tohoto druhu staveb je požadavek na nulovou spotřebu elektrické energie na jeden metr čtvereční a rok. Pro dosažení tohoto požadavku se využívají rekuperační jednotky, solárních panely, kotle na spalování pelet a dalších zdroje. [25]

## 4 Problematika šíření tepla v konstrukcích

Šíření tepla, jinak také nazývané jako sdílení tepla, patří k jednomu ze způsobů přenosu energie. Jeho princip vychází z tepelné výměny, při které dochází k výměně tepla mezi dvěma tělesy s rozdílnou teplotou. Tento děj principiálně probíhá tak, že teplejší těleso předává část své vnitřní energie chladnějšímu podle standardních termodynamických jevů. Výměna tepla tedy může probíhat vedením (kondukcí), prouděním (konvekcí) nebo sáláním (radiací).

### 4.1 Šíření tepla vedením

Při tomto způsobu šíření tepla se teplo šíří především v tuhých (pevných) látkách, ale může probíhat také v kapalinách nebo i plynech, a to v případě, že v nich nedochází k proudění. Šíření tepla vedením je charakterizováno jako proces postupného předávání kinetické energie molekulám tělesa při jejich vzájemném dotýkání.

Všeobecně je tepelná vodivost považována za změny teploty v různých částech tělesa, a to konkrétně v závislosti na čase. Jiným způsobem než vedením se teplo šíří v různých pórovitých látkách, nicméně v tepelně technických výpočtech se většinou používá popis, který vychází z principu vedení tepla.

Při vyrovnávání teplot v rozdílně zahřátých tělesech se vytváří tepelný tok v důsledku jeho tepelné vodivosti. Nejčastěji je tedy těleso chápáno jako homogenně izotropní prostředí a platí pro něj Fourierovy zákony [38] :

$$q = -\lambda \frac{d\theta}{dx} \quad \frac{d\theta}{d\tau} = a \cdot \frac{\partial^2 \theta}{\partial x^2} \quad (4.1).$$

Výraz uvádí vztah mezi hustotou tepelného toku  $q$  a teplotním gradientem  $\frac{d\theta}{dx}$ , mezi kterými platí přímá úměra, což znamená, že hustota tepelného toku je tím vyšší, čím vyšší je teplotní gradient. Teplotní gradient představuje vektor na obrázku 17, a to ve vztahu k izotermické ploše a je mírou změny teploty v daném konkrétním místě.

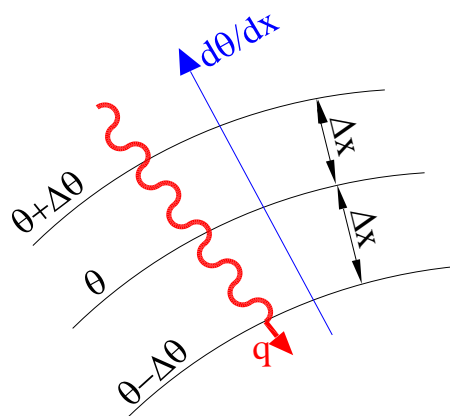
V případě, že tepelný tok ve vztahu (4.1) není závislý na čase, můžeme uvažovat o ustáleném šíření tepla.

Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  je veličina, která charakterizuje schopnost látek vést teplo. Jeho hodnota je určována pomocí experimentálních měření, z kterých vyplývá, že součinitel tepelné vodivosti není konstantní veličinou, ale je ovlivněn řadou různých vlivů.

Záporné znaménko u hodnoty součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  v rovnici (4.1) nám vyjadřuje, že proudící tepelný tok má opačný směr než kterým působí teplotní gradient, což v tomto případě

znamená, že přírůstek teploty v tomto směru je záporný.

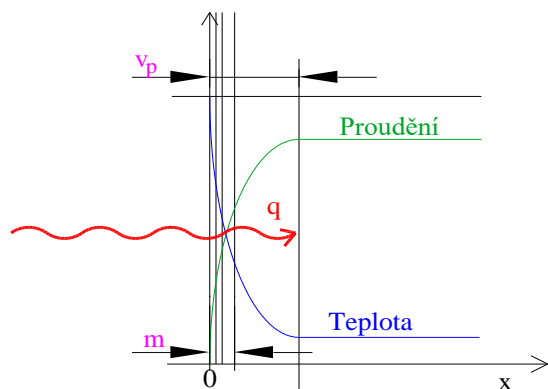
Hodnotou úměrnosti je součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$ . Uvažujme-li s krychlí z definované izotropní látky o hraně 1 m, která je vystavena teplotnímu rozdílu 1 K mezi dvěma protilehlými stěnami, tak v tomto případě tepelný tok odpovídá hodnotě součinitele tepelné vodivosti.



Obr. 20: Vyobrazení teplotního gradientu  $\frac{d\theta}{dx}$  a tepelného toku  $q$  [38]

## 4.2 Šíření tepla prouděním

Při tomto způsobu šíření (prouděním) se teplo šíří pouze v kapalných a plynných látkách takovým způsobem, že se částice látek pohybují a současně přitom přenášejí teplo. Přenášení tepla v různě se pohybujícím prostředí je považováno za mnohem složitější než v prostředí nepohyblivém. Místní ochlazení nebo zahřátí vzduchu způsobuje přemísťování jednotlivých částic, přičemž je vyrovnávána teplota vzduchu nejen vodivostí, ale i přenosem tepla mezi zahřátými nebo ochlazenými částicemi. Při místním zahřívání nebo ochlazování vzduchu má přirozený pohyb vzduchu ohraničenou rychlost, z čehož plyne, že intenzita výměny tepla prouděním je malá, a to hlavně za předpokladu přirozeného toku. V případě, že bychom potřebovali zvýšit intenzitu výměny tepla prouděním je potřeba použít mechanický pohyb vzduchu pomocí použití různých ventilátorů. V takovém případě pak hovoříme o tzv. vynuceném (umělém) proudění tepla.



Obr. 21: Zobrazení proudění vzduchu a teploty u povrchu tělesa v závislosti na ohřívání vzduchu [39]

$m$  — mezní vrstva,  
 $v_p$  — oblast vnějšího proudění



Všeobecně můžeme říci, že k vynucenému proudění může dojít současně s prouděním přirozeným, nicméně při velkých rychlostech nuceného proudění je působení vlivu přirozeného proudění zanedbatelné.

K výměně tepla prouděním mezi povrchem tělesa a kapalným či plynným prostředím dochází přestupem tepla. Obecně jsou známy dva případy proudění:

- a) laminární,
- b) turbulentní.

Laminární proudění je definováno jako rovnoběžný pohyb vzduchu ve směru proudu vzduchu, naproti tomu je turbulentní proudění charakterizováno jako neuspořádaný a chaotický pohyb vzduchu.

V případě, že vzduch proudí kolem povrchu pevného tělesa, je vytvářena tzv. oblast vnějšího proudění a oblast, ve které dochází v důsledku viskozity vzduchu ke změně rychlosti proudění postupně od nulové hodnoty na povrchu tělesa až na rychlost vnějšího proudění, jak je znázorněno na obr. 18. Tato konkrétní oblast je nazývána mezní vrstvou  $m$ ; ve které se vzduch může pohybovat laminárně i turbulentně. V případě laminární vrstvy se teplo šíří vedením, v turbulentní vrstvě je vedení tepla zanedbatelné, a to v důsledku odporu oproti přestupu.

Podle Newtonova zákona je během proudění přestup tepla definován výrazem [38] :

$$q_k = h_k (\theta_s - \theta_a) \quad (4.2).$$

V návaznosti na experimentální měření je zřejmé, že u součinitele přestupu tepla prouděním se nejedná o stálou veličinu, ale tato je závislá na řadě parametrů, které charakterizují stav a pohyb vzduchu, tvar a rozměry tělesa apod.

#### 4.2.1 Součinitel přestupu tepla $h_k$ při přirozeném proudění vzduchu

Ve stavebně tepelné oblasti jsou většinou používány vztahy, které byly odvozeny z měření převážně malých vzorků, které jsou pro stavební praxi většinou nepřesné. Přesnější vztahy odvodil Griffiths a Dawis.

Výsledné vztahy pro výpočet  $h_k$  mají tvar:

- pro desku ve vertikální poloze  $h_k = 1,98^4 \sqrt{\Delta\theta}$  (4.3)

- pro zahřátou desku v horizontální poloze obrácenou nahoru (tepelný tok zdola nahoru).

Pro určení součinitele přestupu tepla  $h$  v průběhu přirozeného proudění je využívána teorie podobnosti, která vychází ze závislosti podobnostních čísel obsahující všechny rozhodující faktory [38] .

Všeobecně známá je závislost  $Nu = c.(Gr.Pr)^n$  (4.4),

kde:  $Nu = \frac{h_k l}{\lambda}$  Nusseltovo číslo,

$Gr = \frac{\beta \cdot g \cdot l^3 \cdot \Delta\theta}{\lambda}$  Grashofovo číslo,

$Pr = \frac{\nu}{a}$  Prandtlovo číslo,

$l$  charakteristický rozměr (m),

$c$  konstanta získaná z experimentu,

$\beta = (273,15)^{-1}$  součinitel teplotní roztažnosti vzduchu ( $K^{-1}$ ),

$\nu$  kinetická viskozita vzduchu ( $m^2 \cdot s^{-1}$ ),

$\Delta\theta$  rozdíl teploty vzduchu a povrchu tělesa (K),

$n$  konstanta získaná z experimentu.

Na základě výsledků M. A. Michejeva doporučuje A. M. Šklover vyjádřit závislost (4.4) následovně:

$$Nu = 0,135.(Gr.Pr)^{1/3} \quad (4.5)$$

Vztah ale platí pouze pro vertikální konstrukce. U horizontálních konstrukcí (v případě, že se tepelný tok šíří zdola nahoru), nabývá součinitel  $h_k$  hodnot přibližně o 30 % vyšších. Při proudění tepelného toku v opačném směru (shora dolů) je zase o 30 % nižší.

Tyto uvedené výrazy ale platí pouze za předpokladu, že vzduch proudí rovnoběžně s povrchem konstrukce. V případě, že proudící vzduch dopadá na konstrukci pod určitým úhlem, je porušena povrchová vrstva a součinitel přestupu  $h_k$  se tak následně může zvětšit několikanásobně. Z toho vyplývá, že čím větší je rozměr povrchu konstrukce, tím má směr proudícího vzduchu menší vliv.

### 4.3 Šíření tepla sáláním

Šíření tepla sáláním je charakterizováno přenosem elektromagnetických vln o délce 760 a 3000 nm, které se v prostoru šíří rychlostí světla. Tepelné sálání různých těles je tedy stanoveno jejich teplotním stavem; kdy při stejné teplotě jejich sálavá schopnost nemusí být stejná. Tento stav platí hlavně v případě, že při určité teplotě mohou vyleštěné povrchy kovů sálat méně energie než povrchy stejných kovů, které jsou pokryty zoxidovanou vrstvou. Sálavá schopnost těles při dané teplotě tedy nemůže překročit maximální hodnotu. Uvažující ideální těleso mající při dané teplotě maximální sálavou schopnost, odpovídá vlastnosti dokonale černého tělesa.

Sálavá energie všech ostatních skutečných těles (někdy nazývaných jako šedá tělesa) představuje v tomto případě pouze určitou část energie sálání absolutně černého tělesa při stejné teplotě.

Energie, která je vyzařována určitým tělesem, může být částečně pohlcována okolním prostředím, nicméně může také dopadat na jiné tělesa a tím se následně rozptýlovat v okolním prostoru. Lze obecně říci, že pohlcovací schopnost různých těles není stejná. Např. vzduch obsahující vodní páru pohlcuje do určité míry tepelné záření, na druhou stranu absolutně suchý vzduch je pro tepelné záření uvažován jako průzračný. Tuhá tělesa a kapaliny pohlcují tepelné paprsky podstatně výrazněji, ale mají také velkou schopnost tyto paprsky odrážet. Mezi různými tělesy s rozdílnou teplotou dochází k výměně tepla sáláním, ale pouze v případě, že se tato tělesa vyskytují v průzračném prostředí. Intenzita sálání je u různých těles odlišná a závisí hlavně na jejich teplotě, sálavé schopnosti a schopnosti pohlcovat a odrážet teplo. Také je důležitý jejich tvar, rozměr a vzájemném uspořádání.

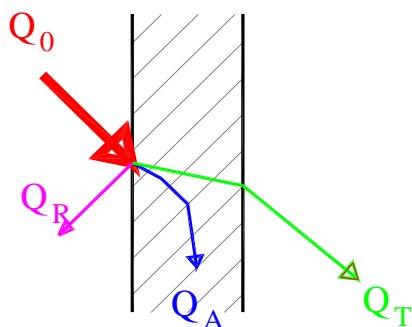
Celková energie dopadající na těleso (obr. 22):

$$Q_0 = Q_A + Q_R + Q_T \quad (4.6)$$

$Q_A$  – část tepla tělesem pohlcená,

$Q_R$  – část tepla tělesem odražená,

$Q_T$  – část tepla tělesem procházející.



Obr. 22: Schématické zobrazení dopadající sálavé energie na povrch tělesa [zdroj: autor]

Rovnici (4.6) můžeme také upravit na  $\frac{Q_A}{Q_0} + \frac{Q_R}{Q_0} + \frac{Q_T}{Q_0} = 1$  nebo  $A + R + T = 1$  (4.7),

kde  $A = \frac{Q_A}{Q_0}$  pohltivost záření (4.8),

$R = \frac{Q_R}{Q_0}$  odrazivost záření (4.9),

$T = \frac{Q_T}{Q_0}$  propustnost záření (4.10).

Z rovnice (4.7) pak následně vyplývá, že mohou nastat následující případy:

1. Pohltivost záření  $A = 1$  (tj.  $R = T = 0$ ) – stav, kdy veškerá zářivá energie je tělesem pohlcena - těleso je uvažováno jako dokonale černé.
2. Odrazivost záření  $R = 1$  (tj.  $A = T = 0$ ) – stav, kdy všechna zářivá energie je tělesem odražena - těleso je uvažováno jako dokonalé zrcadlo (v případě, že odraz probíhá podle zákonů geometrické optiky).
3. Propustnost záření  $T = 1$  (tj.  $A = R = 0$ ) – stav, kdy celá zářivá energie prochází tělesem - těleso je uvažováno jako propustné (diatermální).

Z hlediska technické praxe závisejí hodnoty součinitelů  $A$ ,  $R$ ,  $T$  na dalších vlivech (např. teplota tělesa, vlnová délka, které těleso vyzařuje apod.). Pevná a tuhá tělesa jsou jako nepropustná, takže platí  $T = 0$ , takže  $A + R = 1$ .

Z rovnice (4.7) dále vyplývá, že určité těleso dobře pohlcuje zářivou energii, tak ji pouze málo odráží, a naopak.

#### 4.3.1 Kirchhoffův a Stefan-Boltzmannův zákon

Hustota zářivého toku je úměrná čtvrté mocnině absolutní teploty:  $q_\varepsilon = C_\varepsilon \left( \frac{T}{100} \right)^4$  (4.11)

Ve skutečnosti se dokonale (absolutně) černá tělesa nevyskytují. Součinitel sálání ostatních reálných těles (šedé těleso) je součinem pohltivosti záření tělesa  $A$  a součinitele sálání absolutně černého tělesa  $C_\varepsilon$ , který je vyjádřen Kirchhoffovým zákonem ve tvaru:

$$\frac{C}{C_\varepsilon} = \frac{C \left( \frac{T}{100} \right)^4}{C_\varepsilon \left( \frac{T}{100} \right)^4} = A < 1 \quad (4.12).$$

Z čehož vyplývá, že  $C = A C_\varepsilon$ .

Pro hustotu zářivého toku reálného šedého tělesa platí:

$$q_s = C \left( \frac{T}{100} \right)^4 = A \cdot C_\varepsilon \left( \frac{T}{100} \right)^4 \quad (4.13)$$

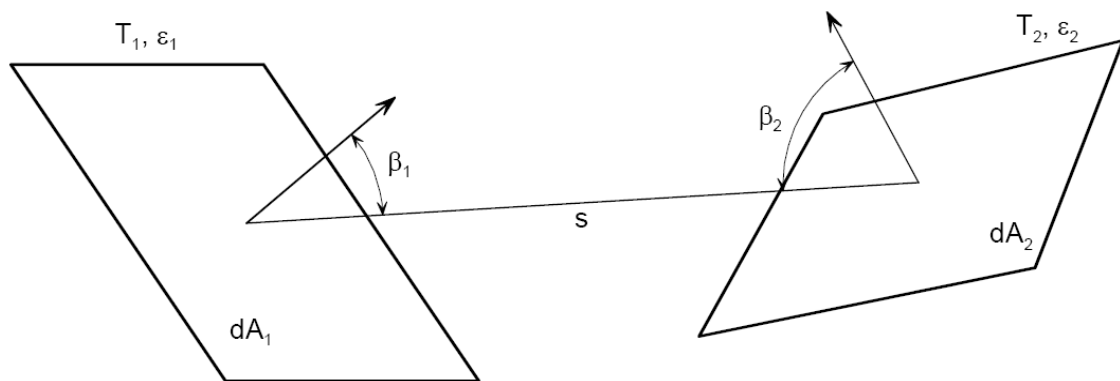
V případech, že pohltivost záření je  $A \in [0; 1]$ , tak součinitel sálání skutečných těles nabývá hodnot v rozmezí  $C \in [0; 5,67] \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ . Při běžných teplotách u pozemních staveb nejsou v hodnotách součinitele sálání  $C$  různých nekovových látek uváděny výrazné rozdíly. Pouze kovy s lesklým povrchem mají poměrně nižší hodnoty součinitelů sálání. Při běžných teplotách se neuvažuje ani s významnějším vlivem barvy povrchu.

Výše uvedené skutečnosti ale neplatí při ohřívání ploch slunečním zářením, protože v tomto případě jde o zdroj s velmi vysokou povrchovou teplotou (cca 6000 K). Z toho vyplývá, že čím

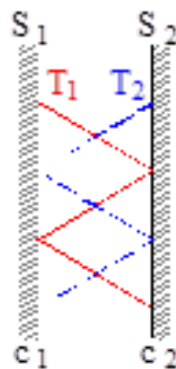
více je barva povrchu světlejší, tím bývá nižší hodnota součinitele sálání a povrch tak pohlcuje menší množství tepelné energie. Tento fyzikální jev je především využíván v případech, kde potřebujeme snižovat příjem tepla vnějším povrchem konstrukce (jako např. ploché střechy a exponované obvodové konstrukce).

#### 4.3.2 Součinitel vzájemného sálání

U povrchů, které navzájem vysílají sálavou (zářivou) energii, nejsou tyto povrchy dokonale (absolutně) černé, mají na výměnu tepla vliv také odražené paprsky. Tyto odražené paprsky se tak přidávají k vyzařovaným paprskům a zvětšují tak jejich množství. Samotný proces vzájemného sálání tepla se skládá z opakovaných pohlcení a odrazů.



Obr. 23: Schéma při sálání mezi dvěma obecně situovanými plochami. [38]



Obr. 24: Schéma výměny sáláním mezi plochou  $S_1$  a rovnoběžnou plochou  $S_2$ . [38]

V takových případech je potřeba namísto součinitele sálání dokonale (absolutně) černého tělesa  $C_\varepsilon$  uvažovat s tzv. součinitelem vzájemného sálání  $C_{vs}$ , který je stanoven na základě závislosti součinitelů sálání navzájem ozářených ploch.

Obecně lze pro vzájemné sálání mezi ozářenými plochami uvést vztah:

$$dQ_{1,2} = dq_1 - dq_2 = C_{\varepsilon} \frac{\cos \beta_1 \cdot \cos \beta_2}{\pi \cdot R^2} dS_1 \cdot dS_2 \cdot \left( \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right) \quad (4.14).$$

Za předpokladu, že všechny paprsky vyzařované z jedné plochy budou dopadat na druhou plochu a naopak, tak výměna tepla sáláním mezi dvěma rovnoběžnými plochami (dostatečně velkých rozměrů  $S_1$  s vyšší teplotou a  $S_2$  s nižší teplotou), součiniteli sálání  $C_1$  a  $C_2$  a teplotami povrchů  $T_1$  a  $T_2$  (obr. 24), je možno v případě rozptýleného odrazu vyjádřit následujícím výrazem

$$Q_{1,2} = C_{vs} \cdot S \left( \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right) \quad (4.15)$$

Z tohoto výrazu vystupuje součinitel vzájemného sálání  $C_{vs}$ , který se vyjádří ze vztahu:

$$C_{vs} = \left( \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} - \frac{1}{C_{\varepsilon}} \right)^{-1} \quad (4.16)$$

V případě, že výměna tepla sáláním nastává mezi plochou  $S_1$ , která je úplně obklopená plochou  $S_2$ , platí vztah:

$$Q_{1,2} = C_{vs} \cdot S_1 \left( \left( \frac{T_1}{100} \right)^4 - \left( \frac{T_2}{100} \right)^4 \right) \quad (4.17)$$

#### **4.4 Tepelně technické vlastnosti některých stavebních materiálů**

V návaznosti na tepelně technické vlastnosti některých stavebních materiálů použitých v této práci, jsou dále uvedeny některé základní parametry, které mohou ovlivnit energetickou náročnost posuzované budovy.

##### **4.4.1 Součinitel tepelné vodivosti materiálu $\lambda$**

Součinitel tepelné vodivosti  $\lambda$  charakterizuje schopnost materiálu vést teplo a ovlivňuje tak množství tepla  $Q$ , které projde plochou konkrétního materiálu  $S$  za jednotku času, při tloušťce materiálové vrstvy  $d$  při teplotním spádu  $\Delta\theta$  v ustáleném teplotním stavu podle vztahu:

$$Q = S \cdot q \cdot \tau = S \frac{\theta_2 - \theta_1}{d} \tau \quad (4.18)$$

Uvažujeme-li, že těleso je homogenního izotropního charakteru, tak pro šíření tepla vedením platí Fourierův vztah  $q = -\lambda \frac{d\theta}{dx}$ .

Nastane-li stav, že platí  $\frac{d\theta}{d\tau} = 0$ , jedná se o stav stacionární,

Fourierova rovnice vedení tepla pro jednorozměrné šíření se pak následně redukuje do tvaru

$$\frac{d^2\theta}{dx^2} = 0 \quad (4.19).$$

Součinitel tepelné vodivosti je ve většině případů uvažován jako základní materiálová veličina, která je závislá především na objemové hmotnosti, vnitřní vlhkosti materiálu, pórovitosti atd. Proto je pro snížení energetické náročnosti budov a objektů vhodné používat materiály s nízkou hodnotou  $\lambda$ .

#### 4.4.2 Tepelný odpor konstrukce a součinitel prostupu tepla

Tepelný odpor konstrukce  $R$  se vyjadřuje jako podíl tloušťky  $d$  a součinitele tepelné vodivosti  $\lambda$  materiálové vrstvy homogenního charakteru. Pro konstrukci, která je složena z více materiálových vrstev se počítají z dílčích tepelných odporů složené konstrukce

$$R = \sum_{j=1}^n R_j = \sum_{j=1}^n \frac{d_j}{\lambda_j}. \quad (4.20).$$

Hodnoty tepelného odporu  $R$  jsou využívány pro účely energetického posouzení budov, v praxi se ale většinou dává přednost parametru součinitele prostupu tepla  $U$ , který zahrnuje tepelný odpor konstrukce  $R$  a přestupové tepelné odpory  $R_i$ ,  $R_e$  u obou povrchů stěnové konstrukce podle následujícího vztahu

$$U = (R_i + R + R_e)^{-1} = R_T^{-1}, \quad (4.21),$$

kde  $R_i$  a  $R_e$  jsou hodnoty součinitelů přestupu tepla  $h$  na vnitřní a vnější straně povrchu stěny. Pro určité druhy konstrukcí jsou v praxi tyto součinitele konstantní a uvádí se v tabulkových hodnotách – uvedeno v následující tabulce 13.

Tab. 13: Hodnoty součinitelů přestupu tepla  $h$  podle [46] [47]

Konstrukce		Součinitel přestupu tepla $h$ (W/m <sup>2</sup> .K)
uvnitř objektu	svislá	8,0
	vodorovná (tok od konstrukce)	8,0
	vodorovná (tok ke konstrukci)	6,0
vně objektu	při klidném vzduchu	15,0
	v husté zástavbě	23,0
	v řídké zástavbě, na venkově	30,0

## Praktická část

### 5 Cíle disertační práce

Předmětem práce je zjištění vztahu průvzdušnosti otvorových výplní k průvzdušnosti konkrétní posuzované budovy, a to v návaznosti na stupeň dotažení použitého celoobvodového kování na zabudovaných otvorových výplních. Na základě praktických měření, které bylo provedeno jak laboratorním měřením průvzdušnosti vybraných typů oken při definovaném stupni dotažení celoobvodového kování, tak měřením průvzdušnosti obálky konkrétní budovy při stejných definovaných stupních dotažení kování použitých otvorových výplní, bude provedena výpočtová simulace energetické bilance a spotřeby energie pro konkrétní stavbu dřevěného domu.

K dosažení plánovaných výsledků práce byly navrženy následující dílčí cíle:

- a) vyhodnocení poznatků fyzikálních a tepelně technických vlastností současných otvorových výplní z hlediska průvzdušnosti a ve vztahu k celkové průvzdušnosti budovy;
- b) laboratorním měřením průvzdušnosti vybraných okenních konstrukcí prokázat vztah mezi průvzdušností okna a definovaného stupně dotažení celoobvodového kování;
- c) provedení experimentálního měření průvzdušnosti obálky konkrétní budovy v návaznosti na nastavení stupně dotažení kování otvorových výplní se zaměřením na jejich těsnost ve vztahu na ovlivnění tepelně energetických bilancí posuzovaného objektu.
- d) na základě provedených měření a výsledků měření provést výpočtovou simulaci celkové energetické bilance.

Výsledky práce by měly být následně využity ke stanovení okrajových podmínek pro hygienicky nutnou výměnu vzduchu, v závislosti na používaných typech otvorových výplní s celoobvodovým kováním. Výstupem bude také statistický soubor naměřených hodnot, který může nadále sloužit jako referenční hodnota při porovnávání dopadů konstrukčních změn otvorových výplní na infiltraci. Tím bude v budoucnu možné také určit efektivitu technologických změn výroby, případně stabilitu výroby jako takové.

Cílem disertační práce je prokázat na základě poznatků měření a diagnostiky konkrétního objektu možnost regulace výměny vzduchu přirozeným způsobem a ovlivnění celkové energetické náročnosti posuzovaného objektu pouze nastavením celoobvodového kování otvorových výplní v jednotlivých ročních obdobích.

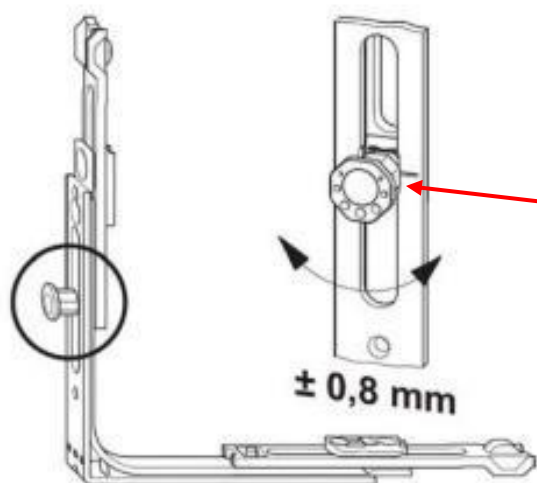


## 6 Měření průvzdušnosti oken

Průvzdušnost oken a dveří se v laboratorních podmínkách standardně měří při 50 % dotažení použitého celoobvodového kování. Jedná se o nastavení, kdy konečný uživatel má při užívání okna nebo dveří možnost regulace přitlaku křídla do rámu, čímž může ovlivnit celkovou výslednou průvzdušnost předmětné otvorové výplně (viz obr. 25 - 26).



Obr. 25: Schéma celoobvodového kování [40]



0% - minimální přitlak křídla do okenního rámu

50% - standardní přitlak křídla do okenního rámu (většinou nastaveno po montáži oken)

100% - maximální přitlak křídla do okenního rámu

Obr. 26: Způsob nastavení přitlaku křídla na celoobvodovém kování [40]

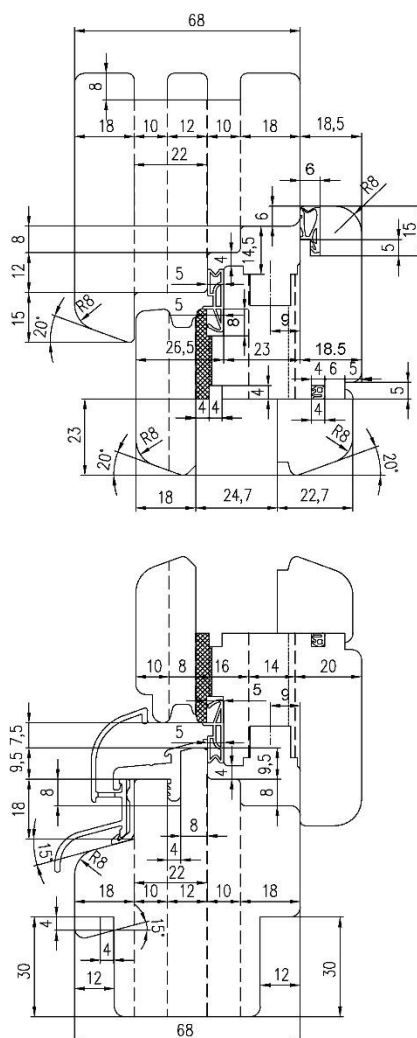
V rámci experimentální části bylo provedeno ve Zkušebně stavebně truhlářských výrobků ve Zlíně laboratorní měření průvzdušnosti vybraných okenních otvorových výplní (dřevěná a plastová okna) v návaznosti na stupeň dotažení použitého celoobvodového kování (0%, 50% a 100% dotažení – nastavení kování na přítlak 50% znázorněno na obrázku 26). Z naměřených výsledků bylo zjištěno, že stupeň dotažení kování může výrazným způsobem ovlivnit celkovou průvzdušnost otvorové výplně, a to někdy až o jednu klasifikační třídu. Průvzdušnost otvorových výplní se podle klasifikační normy vyjadřuje ve vztahu k ploše nebo ve vztahu k délce funkční spáry okna, tj. v  $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}^2$  a  $\text{m}^3/\text{h}\cdot\text{m}$ .

Měření bylo provedeno na dřevěných jednoduchých oknech – typ EURO IV-68 a IV-78 a na plastových jednoduchých oknech z plastového profilového systému GEALAN a DIMEX – v obou případech bylo zasklení provedeno izolačním dvojsklem. Níže jsou uvedeny popisy a konstrukce zkoušených oken a výsledky zkoušky průvzdušnosti včetně klasifikace.

## 6.1 Dřevěné okno jednoduché, typ EURO IV-68 – vzorek č. 1

Popis konstrukce:

Typ, členění, rozměry vzorku	DOJ OS 1A 1200/1500 mm
Způsob otevírání	Otevíravý a sklápěcí
Materiál rámu a křídla	Dřevěný lepený lamelovaný eurohranol ze smrkového dřeva
Konstrukční spojení rámu a křídla	Dvojitý čep a rozpor
Kování	Celoobvodové MACO bez mikroventilace
Těsnění	Jednostupňový těsnicí systém
Sklo a způsob zasklení	Izolační dvojsklo 4-16-4 mm, dřevěné zasklívací lišty + silikonový tmel
Povrchová úprava	Vodouředitelná akrylátová nátěrová hmota



Obr. 27: Řez dřevěným oknem jednoduchým, typ EURO IV-68 [zdroj autor]

### Naměřené výsledky průvzdušnosti:

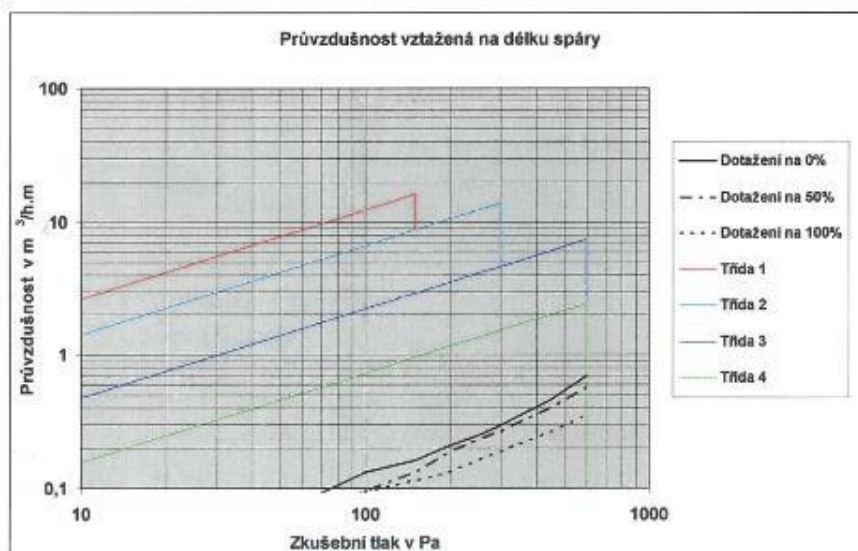
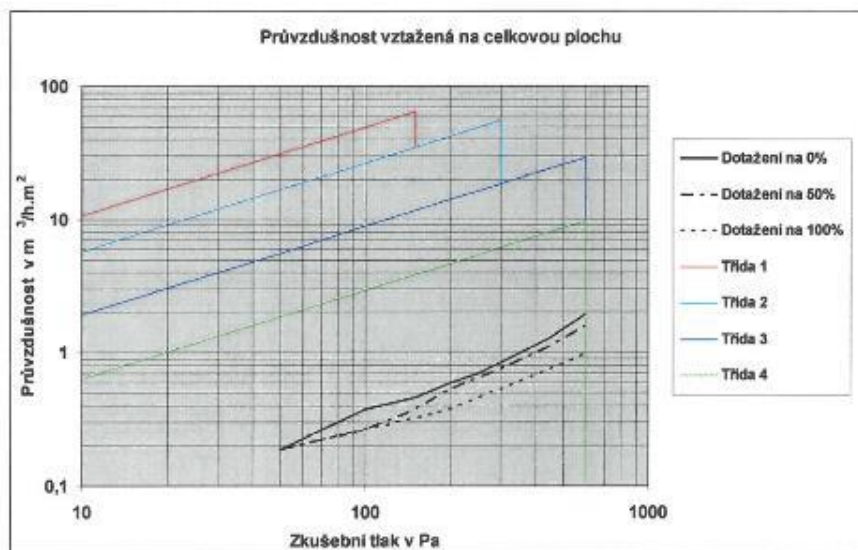
Vz. č. 1	Celková plocha ( $m^2$ ) = 1,796	Délka spáry (m) = 5,046
----------	----------------------------------	-------------------------

Průvzdušnost vztážená na celkovou plochu ( $m^3/hm^2$ )								
	Zkušební tlak v Pa							
Dotažení kování	50	100	150	200	250	300	450	600
0%	0,19	0,38	0,46	0,59	0,70	0,84	1,30	1,95
50%	0,19	0,27	0,38	0,53	0,65	0,75	1,13	1,60
100%	0,19	0,27	0,33	0,38	0,46	0,53	0,75	1,00

Průvzdušnost vztážená na délku spáry ( $m^3/hm$ )								
	Zkušební tlak v Pa							
Dotažení kování	50	100	150	200	250	300	450	600
0%	0,07	0,13	0,16	0,21	0,25	0,30	0,46	0,70
50%	0,07	0,09	0,13	0,19	0,23	0,27	0,40	0,57
100%	0,07	0,09	0,12	0,13	0,16	0,19	0,27	0,35

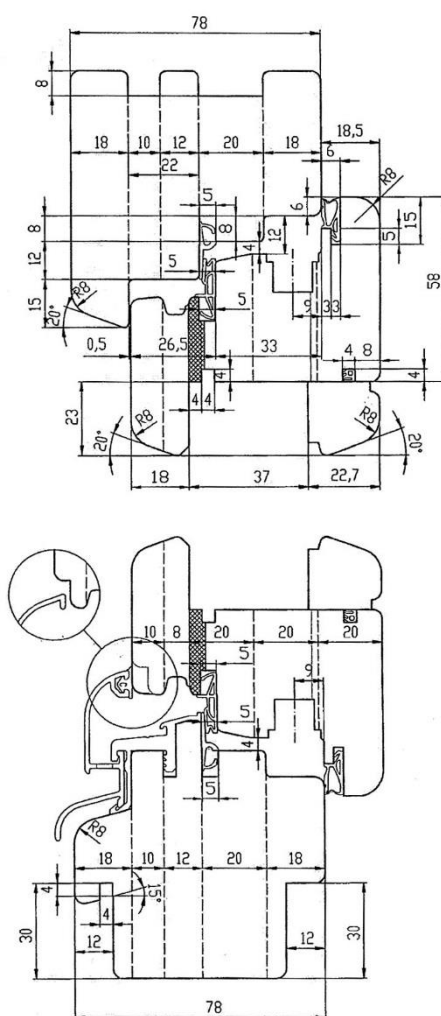
### Grafické znázornění výsledků měření průvzdušnosti:



## 6.2 Dřevěné okno jednoduché, typ EURO IV-78 – vzorek č. 2

Popis konstrukce:

Typ, členění, rozměry vzorku	DOJ OS 1A 1180/1480 mm
Způsob otevírání	Otevíravý a sklápěcí
Materiál rámu a křídla	Dřevěný lepený lamelovaný eurohranol ze smrkového dřeva
Konstrukční spojení rámu a křídla	Dvojitý čep a rozpor
Kování	Celoobvodové ROTO s mikroventilací
Těsnění	Jednostupňový těsnicí systém
Sklo a způsob zasklení	Izolační dvojsklo 4-12-4-12-4 mm, dřevěné zasklívací lišty + silikonový tmel
Povrchová úprava	Vodouředitelná akrylátová nátěrová hmota

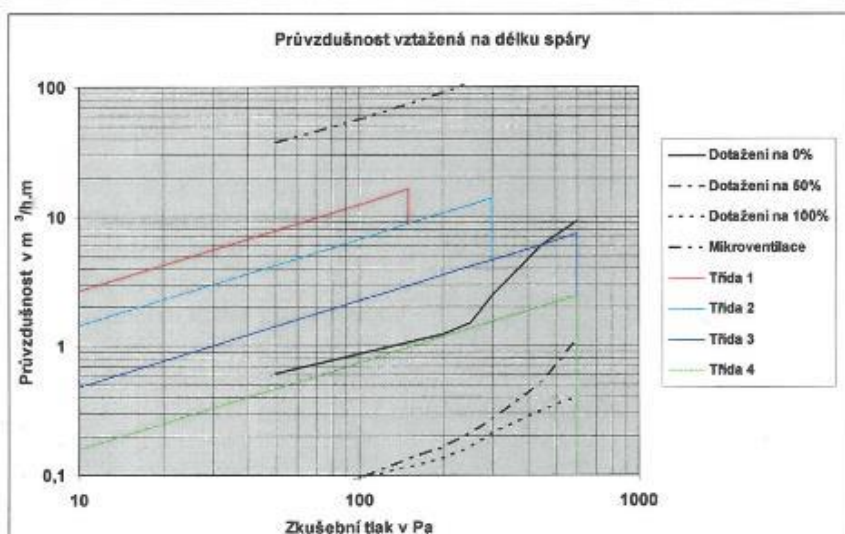
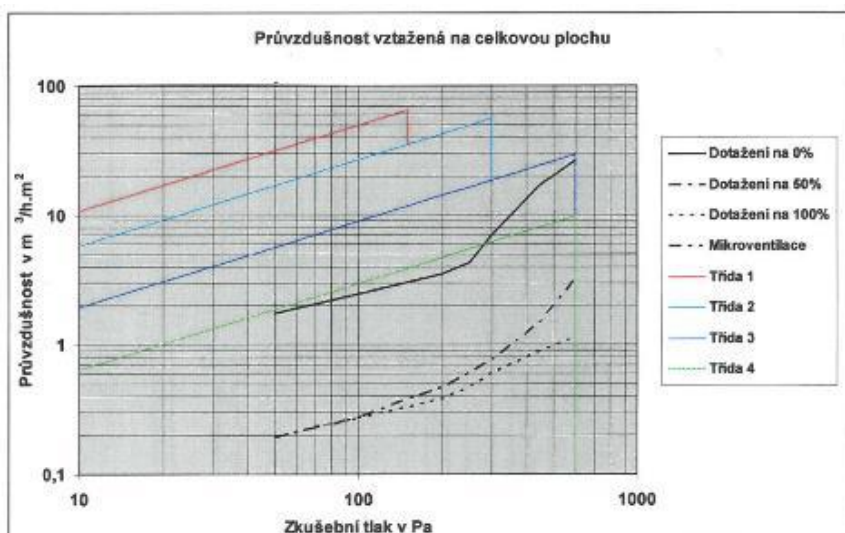


Obr. 28: Řez dřevěným oknem jednoduchým, typ EURO IV-78 [zdroj autor]

## Naměřené výsledky průvzdušnosti:

Vz. č. 1	Celková plocha (m <sup>2</sup> ) = 1,752		Délka spáry (m) = 4,980					
<b>Průvzdušnost vztážená na celkovou plochu (m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)</b>								
	Zkušební tlak v Pa							
Dotažení kování	50	100	150	200	250	300	450	600
0%	1,75	2,48	3,04	3,51	4,30	7,02	17,37	26,49
50%	0,19	0,27	0,39	0,47	0,61	0,77	1,49	3,24
100%	0,19	0,27	0,33	0,39	0,47	0,61	0,91	1,16
Mikroventilace	107,18	160,78	210,99	258,41	307,86	372,26	-	-
<b>Průvzdušnost vztážená na délku spáry (m<sup>3</sup>/hm)</b>								
	Zkušební tlak v Pa							
Dotažení kování	50	100	150	200	250	300	450	600
0%	0,62	0,87	1,07	1,23	1,51	2,47	6,11	9,32
50%	0,07	0,10	0,14	0,17	0,21	0,27	0,53	1,14
100%	0,07	0,10	0,12	0,14	0,17	0,21	0,32	0,41
Mikroventilace	37,71	56,56	74,23	90,91	108,31	130,97	-	-

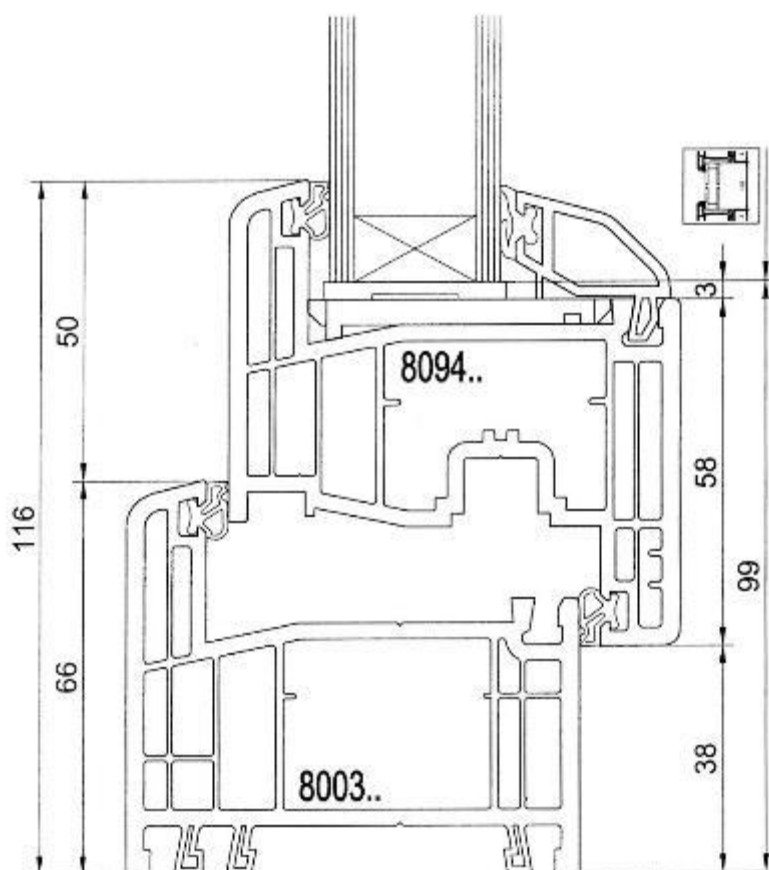
## Grafické znázornění výsledků průvzdušnosti:



### 6.3 Plastové okno jednoduché, typ GEALAN – vzorek č. 3

Popis konstrukce:

Typ, členění, rozměry vzorku	POJ OS 1A 1070/1370 mm
Způsob otevírání	Otevíravý a sklápěcí
Materiál rámu a křídla	Plastový profil GEALAN
Konstrukční spojení rámu a křídla	Svařovaný rohový spoj na pokos
Kování	Celoobvodové MACO bez mikroventilace
Těsnění	Dvoustupňový těsnicí systém
Sklo a způsob zasklení	Izolační dvojsklo 4-16-4 mm, plastové zasklívací lišty s pryžovým zasklívacím profilem



Obr. 29: Řez plastovým oknem jednoduchým, typ GEALAN [zdroj autor]

### Naměřené výsledky průvzdušnosti:

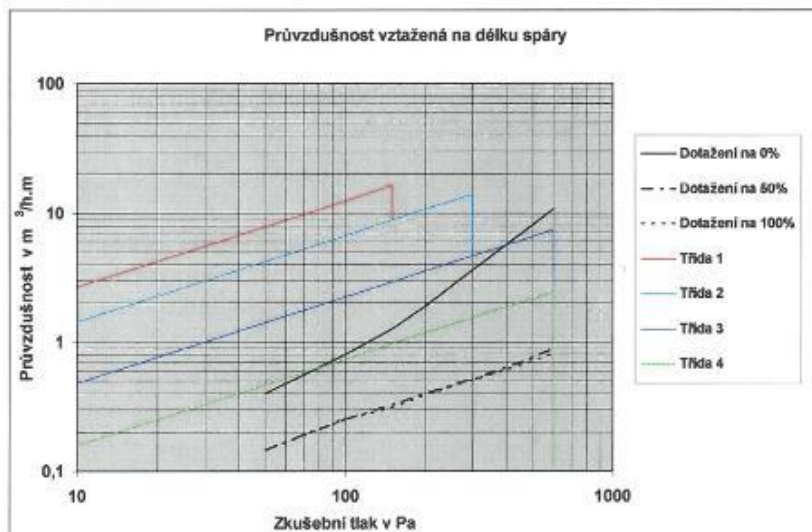
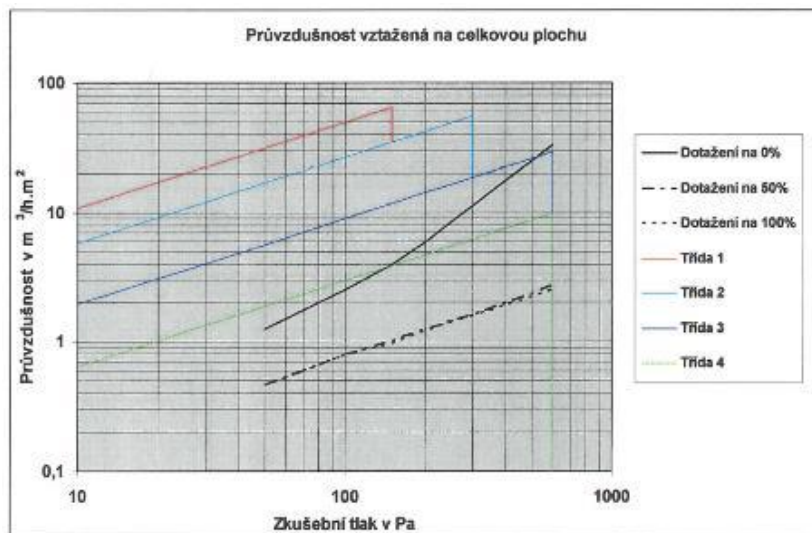
Vz. č. 1	Celková plocha (m <sup>2</sup> ) = 1,464	Délka spáry (m) = 4,580
----------	--	-------------------------

Průvzdušnost vztažená na celkovou plochu (m <sup>3</sup> /hm <sup>2</sup> )								
	Zkušební tlak v Pa							
Dotažení kování	50	100	150	200	250	300	450	600
0%	1,25	2,51	3,97	5,95	8,46	11,32	21,21	33,67
50%	0,46	0,80	1,03	1,26	1,45	1,63	2,18	2,76
100%	0,46	0,80	0,98	1,22	1,42	1,59	2,08	2,56

Průvzdušnost vztažená na délku spáry (m <sup>3</sup> /hm)								
	Zkušební tlak v Pa							
Dotažení kování	50	100	150	200	250	300	450	600
0%	0,40	0,80	1,27	1,90	2,70	3,62	6,78	10,76
50%	0,15	0,25	0,33	0,40	0,46	0,52	0,70	0,88
100%	0,15	0,25	0,31	0,39	0,45	0,51	0,67	0,82

### Grafické znázornění výsledků průvzdušnosti:

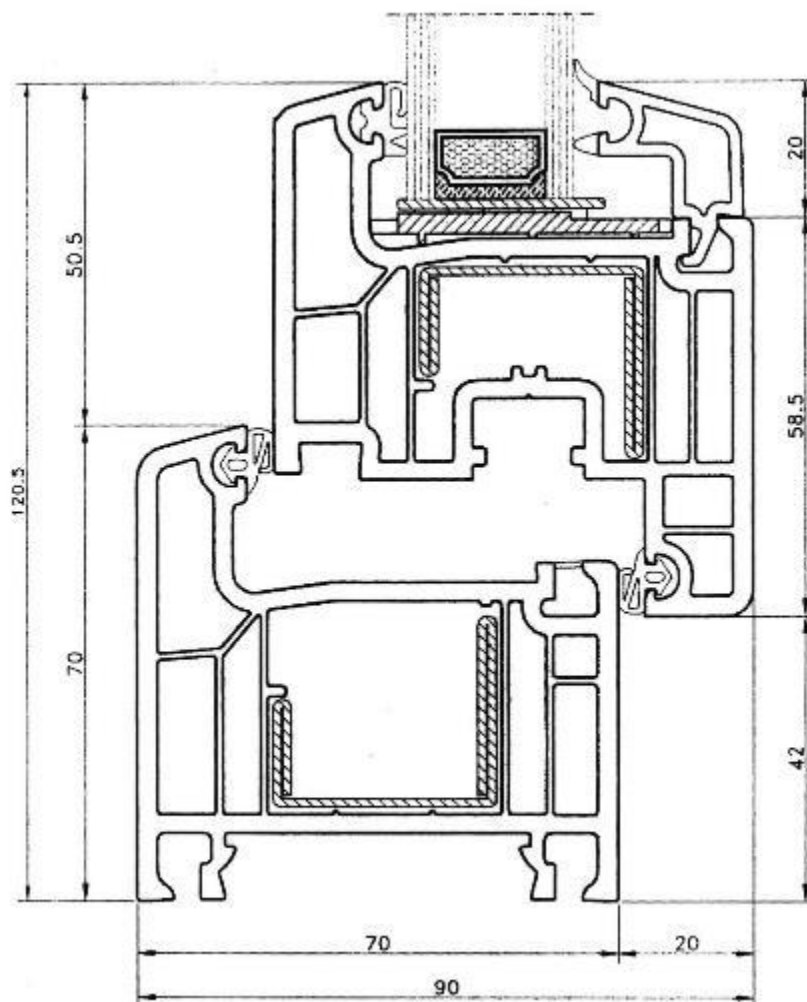




## 6.4 Plastové okno jednoduché, typ DIMEX – vzorek č. 4

Popis konstrukce:

Typ, členění, rozměry vzorku	POJ OS 1A 1080/1380 mm
Způsob otevírání	Otevíravý a sklápěcí
Materiál rámu a křídla	Plastový profil DIMEX
Konstrukční spojení rámu a křídla	Svařovaný rohový spoj na pokos
Kování	Celoobvodové MACO s mikroventilací
Těsnění	Dvoustupňový těsnicí systém
Sklo a způsob zasklení	Izolační dvojsklo 4-16-4 mm, plastové zasklívací lišty s pryžovým zasklívacím profilem

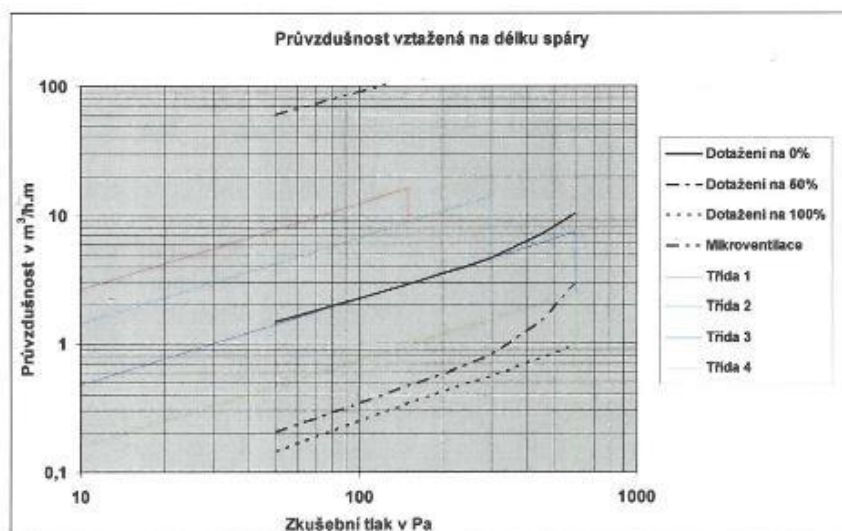
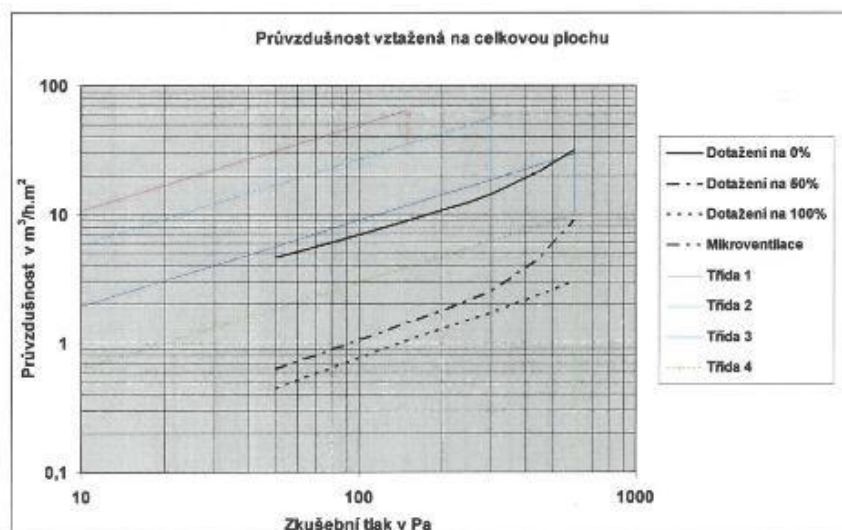


Obr. 30: Řez plastovým oknem jednoduchým, typ DIMEX [zdroj autor]

## Naměřené výsledky průvzdušnosti:

Vz. č. 1	Celková plocha (m <sup>2</sup> ) = 1,491		Délka spáry (m) = 4,584					
<b>Průvzdušnost vztážená na celkovou plochu (m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup>)</b>								
	Zkušební tlak v Pa							
Dotažení kování	50	100	150	200	250	300	450	600
0%	4,56	6,95	8,96	10,70	12,43	14,37	21,67	31,39
50%	0,63	1,05	1,45	1,79	2,14	2,53	4,55	8,89
100%	0,45	0,77	1,05	1,30	1,52	1,73	2,34	3,01
Mikroventilace	186,18	281,00	356,52	484,72	-	-	-	-
<b>Průvzdušnost vztážená na délku spáry (m<sup>3</sup>/hm)</b>								
	Zkušební tlak v Pa							
Dotažení kování	50	100	150	200	250	300	450	600
0%	1,48	2,26	2,91	3,48	4,04	4,67	7,05	10,21
50%	0,21	0,34	0,47	0,58	0,70	0,82	1,48	2,89
100%	0,15	0,25	0,34	0,42	0,49	0,56	0,76	0,98
Mikroventilace	60,56	91,40	115,96	157,66	-	-	-	-

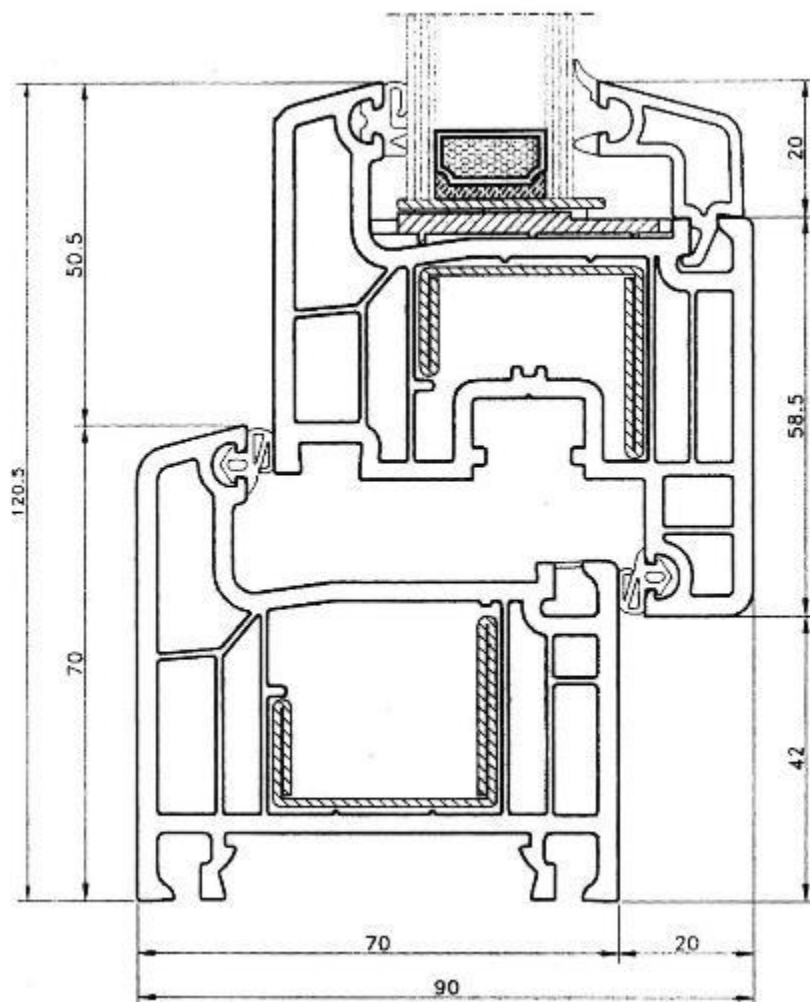
## Grafické znázornění výsledků průvzdušnosti:



## 6.5 Plastové okno jednoduché, typ DIMEX – vzorek č. 5

Popis konstrukce:

Typ, členění, rozměry vzorku	POJ OS 1A 1080/1380 mm
Způsob otevírání	Otevíravý a sklápěcí
Materiál rámu a křídla	Plastový profil DIMEX
Konstrukční spojení rámu a křídla	Svařovaný rohový spoj na pokos
Kování	Celoobvodové ROTO s mikroventilací
Těsnění	Dvoustupňový těsnicí systém
Sklo a způsob zasklení	Izolační dvojsklo 4-16-4 mm, plastové zasklívací lišty s pryžovým zasklívacím profilem



Obr. 31: Řez plastovým oknem jednoduchým, typ DIMEX [zdroj autor]

## Naměřené výsledky průvzdušnosti:

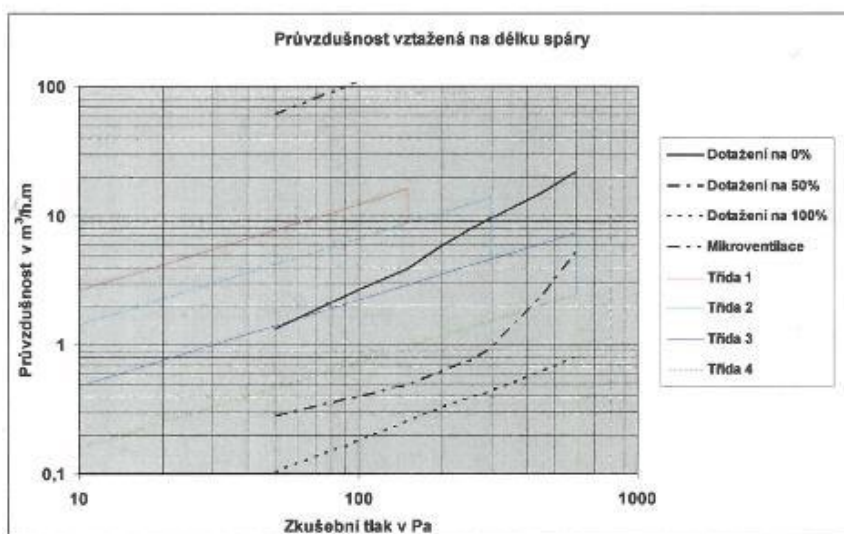
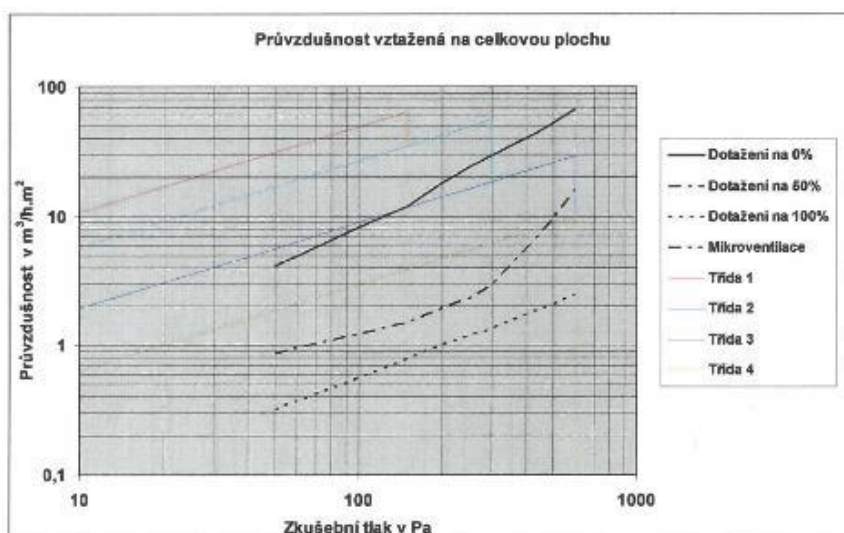
Vz. č. 1	Celková plocha ( $m^2$ ) = 1,489	Délka spáry (m) = 4,578
----------	----------------------------------	-------------------------

Průvzdušnost vztahovaná na celkovou plochu ( $m^3/hm^2$ )								
	Zkušební tlak v Pa							
Dotažení kování	50	100	150	200	250	300	450	600
0%	4,14	8,27	12,06	18,03	24,29	29,53	45,96	67,70
50%	0,88	1,24	1,52	1,96	2,32	2,91	7,29	16,08
100%	0,32	0,56	0,79	1,02	1,20	1,36	1,93	2,49
Mikroventilace	189,49	337,20	477,91	-	-	-	-	-

Průvzdušnost vztahovaná na délku spáry ( $m^3/hm$ )								
	Zkušební tlak v Pa							
Dotažení kování	50	100	150	200	250	300	450	600
0%	1,35	2,69	3,92	5,86	7,90	9,61	14,95	22,02
50%	0,29	0,40	0,49	0,64	0,75	0,95	2,37	5,23
100%	0,10	0,18	0,26	0,33	0,39	0,44	0,63	0,81
Mikroventilace	61,63	109,67	155,44	-	-	-	-	-

## Grafické znázornění výsledků průvzdušnosti:



## **6.6 Zjištěné poznatky z laboratorního měření průvzdušnosti oken**

Z výše uvedených výsledků měření průvzdušnosti dřevěných a plastových oken s různým procentuálním stupněm dotažením celoobvodového kování, lze konstatovat, že stupeň dotažení kování výrazným způsobem ovlivňuje celkovou průvzdušnost oken a tím také klasifikační zařazení zkoušených a posuzovaných otvorových výplní. Vzhledem ke skutečnosti, že akreditované zkušební laboratoře mají ve svých zkušebních postupech stanoveno, že zkoušení je prováděno při 50% nastavení celoobvodového kování, lze se domnívat, že výsledky zkoušek průvzdušnosti v laboratořích jsou adekvátní typu konstrukce předmětného výrobku a simulují chování zabudovaného okna při 50% nastavení kování (výchozí nastavení výrobcem po montáži oken). Přenesení této praxe do skutečnosti ale může mít také významný vliv při stanovení průvzdušnosti obálky budovy, kdy není přesně stanoveno, jaké procentuální nastavení kování by mělo být při této zkoušce použito. Změnou nastavení kování tedy může být z tohoto pohledu dosaženo poměrně rozdílných hodnot průvzdušnosti obálky budovy a tím může být také ovlivněna celková energetická bilance stavby.

## **7 Měření průvzdušnosti konkrétní stavby**

V návaznosti na zjištěné skutečnosti týkající se laboratorního měření průvzdušnosti vzorků dřevěných a plastových oken, bylo v rámci další experimentální části této práce provedeno měření průvzdušnosti (Blower door test) konkrétní stavby, a to s různým stupněm dotažení celoobvodového kování (0%, 50% a 100%) na zabudovaných dřevěných otvorových výplních.

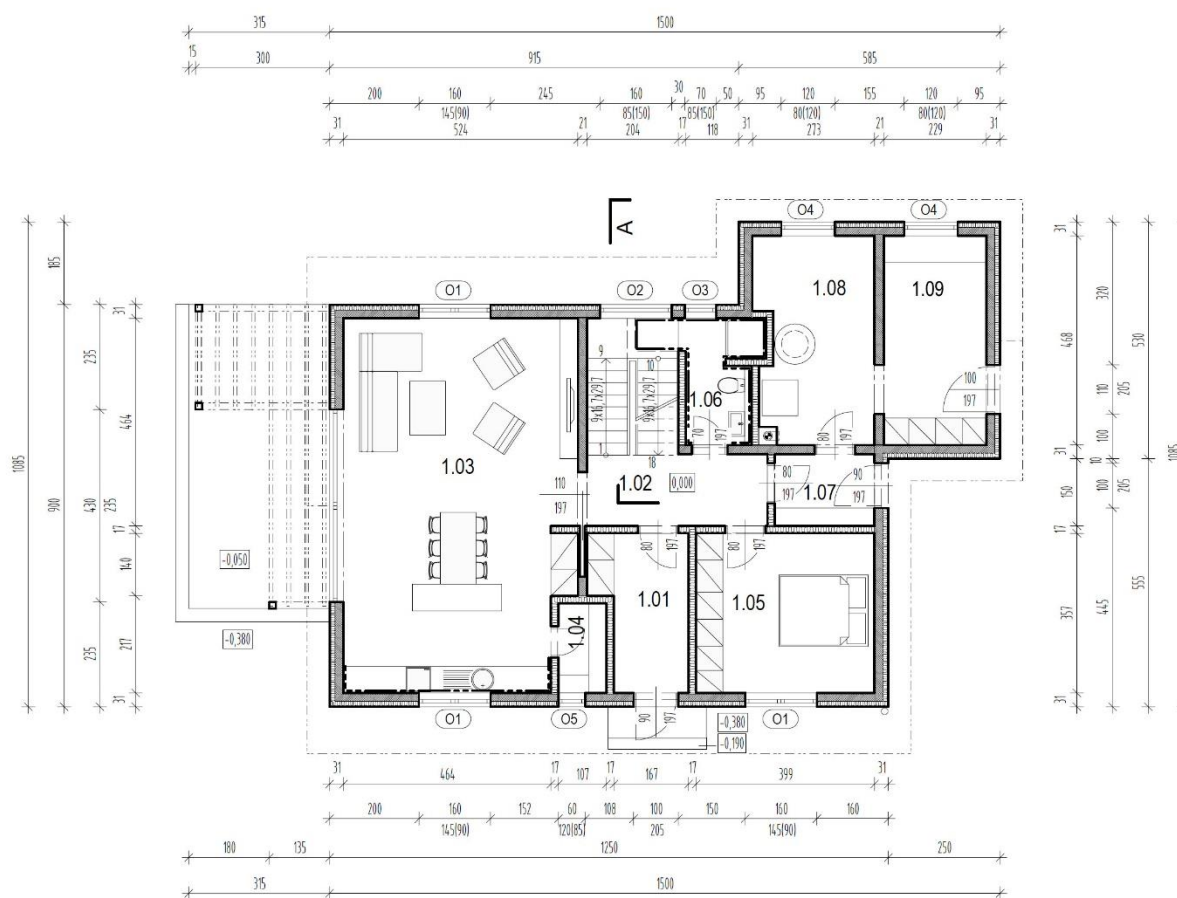
### **7.1 Základní údaje k měřené stavbě**

Pro měření byl vybrán objekt dokončené stavby na bázi dřeva s osazenými dřevěnými jednoduchými otvorovými výplněmi typu EURO IV-92.

Stavba rodinného domu bude sloužit k bydlení. V domě vznikne jedna bytová jednotka s dispozicí 5+kk o podlažní ploše 193,3 m<sup>2</sup>. Předpokládaný počet obyvatel je 4.

Z projektové stavební dokumentace jsou níže uvedeny základní informace týkající se předmětného posuzovaného objektu. Podrobnější informace o měřeném objektu jsou obsaženy v příloze disertační práce.

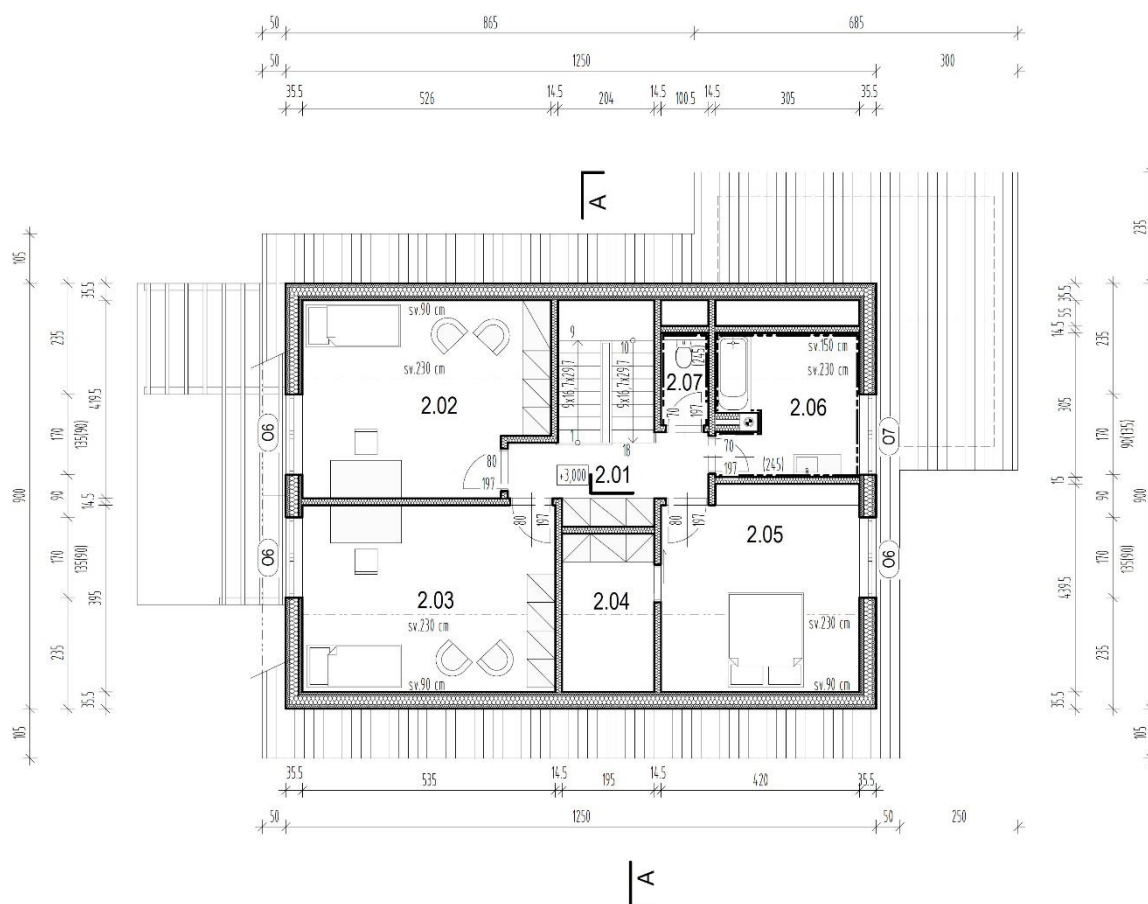
## 7.2 Popis a označení místností v 1NP měřeného objektu



Obr. 32: Uspořádání půdorysu v 1NP měřeného objektu

Číslo místnosti	Název místnosti	Podlahová plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem místnosti [m <sup>3</sup> ]
1.01	Zádvěří	6,80	17,55
1.02	Hala se schodištěm	11,62	29,98
1.03	Obývací pokoj s kuchyní	42,51	109,68
1.04	Komora	2,14	5,52
1.05	Ložnice	14,24	36,74
1.06	WC	5,17	13,34
1.07	Chodba	3,81	9,83
1.08	Kotelna	12,17	31,40
1.09	Technická místnost	10,72	27,66

### 7.3 Popis a označení místností v 2NP měřeného objektu



Obr. 33: Půdorys 2NP měřeného objektu

Číslo místnosti	Název místnosti	Podlahová plocha [m <sup>2</sup> ]	Objem místnosti [m <sup>3</sup> ]
2.01	Chodba	6,44	15,75
2.02	Pokoj	20,69	46,11
2.03	Pokoj	21,15	49,51
2.04	Šatna	6,54	12,73
2.05	Ložnice	17,98	38,87
2.06	Koupelna	8,94	21,41
2.07	WC	1,81	4,13

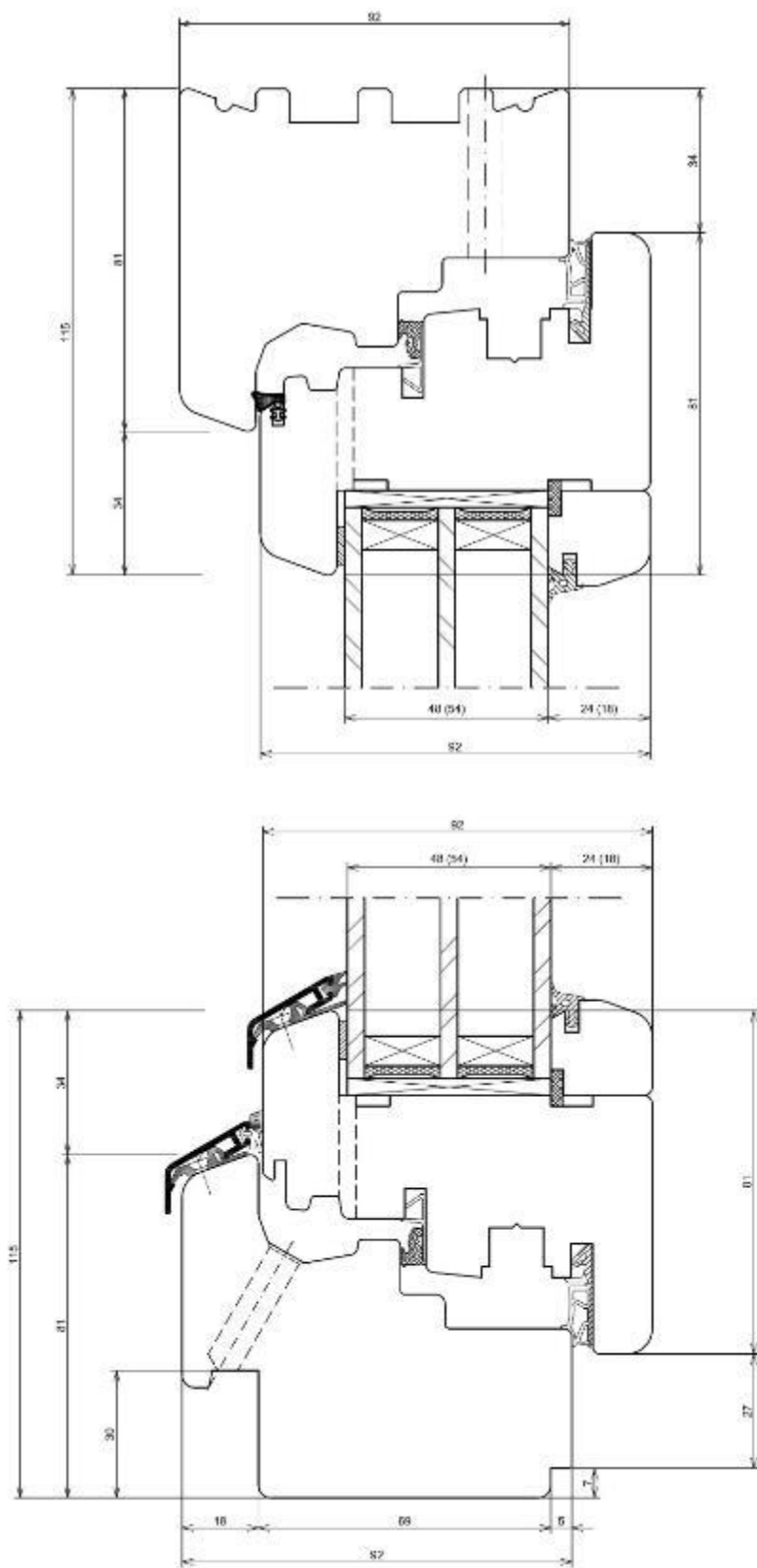
## 7.4 Popis použitých dřevěných otvorových výplní v měřené stavbě

Pro měření byl vybrán objekt rodinného domu - dokončené stavby na bázi dřeva s osazenými dřevěnými jednoduchými otvorovými výplněmi typu EURO IV-92. Níže je uveden technický popis a základní výkresová dokumentace oken a dveří.

### 7.4.1 Dřevěné okno jednoduché, typ SOLID COMFORT SC92

Způsob otevírání	otevíravý a sklápěcí	
Kování	celoobvodové TITAN AF	výrobce: SIEGENIA-AUBI KG, Wilnsdorf-Niederdielfen, Německo
Materiál rámu a křídel	čtyřvrstvý dřevěný lepený okenní hranol ze smrkového řeziva; u variant SC92-C a SC92-PLUS s vlepěným korkem	výrobce hranolů: SLOVLEPEX, a.s., Dolný Kubín, Slovensko dodavatel korku: KJZ spol. s r.o., Most, ČR
Okapnice	rámová okapnice č. FP 7605 s koncovkami křídlová okapnice č. FP 7605 s koncovkami	výrobce: GUTMANN AG, Weissenburg, Německo
Konstrukční spojení	kolíkový spoj nebo čep a rozpor	
Použité lepidlo	RAKOLL GXL 4	výrobce: H.B. FULLER Deutschland Produktions GmbH, Nienbudg, Německo
Sklo	izolační trojsklo 4-18-4-18-4, hodnota $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , s rámečkem Swisspacer V	výrobce: SAINT-GOBAIN GLASS SOLUTIONS CZ, s.r.o., Brno, ČR výrobce: Işosklo, spol. s r.o., Děbolín, ČR výrobce: Izolační skla, a.s., Pustiměř, ČR
Způsob zasklení	dřevěné zasklívací lišty, silikonový tmel Silikon neutrální, těsnění č. A6008	výrobce tmelu: Adolf Würth GmbH, KG & CO, Künzelsau, Německo výrobce těsnění: INTER PRIMO A/S, Copenhagen, Dánsko
Těsnění	třístupňové celoobvodové těsnění: - vnitřní těsnění č. D3730 umístěné v drážce křídla v rozích nastřiženo a ohnuto; - středové těsnění č. D3730 umístěné v drážce křídla v rozích nastřiženo a ohnuto; - vnější těsnění č. 05CA059 umístěné v drážce křídla v rozích nastřiženo a ohnuto	výrobce: Trelleborg Sealing Profiles, Europe
Součinitel prostupu tepla oknem	$U_w = 0,71 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	

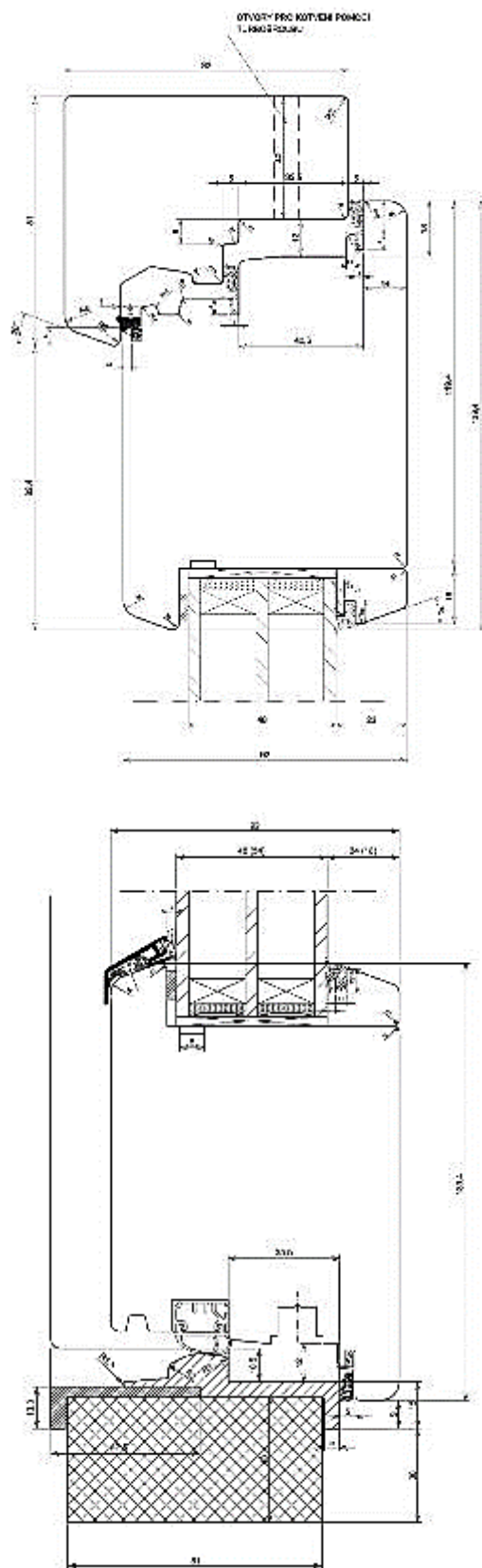




Obr. 34: Svislý řez dřevěným oknem, typ SOLID COMFORT SC92

## 7.4.2 Dřevěné vnější dveře, typ SC92 - KLASIK

Způsob otevírání	otočné okolo svislé osy, dovnitř otevíravé	
Kování	3 ks nosných závěsů typ BAKA PROTEC 3D; šestibodový (3 uzavírací a 3 uzamykací body) dveřní zámek KfV AS-2750-F	výrobce závěsů: SIMONSWERK GmbH, Rheda-Wiedenbrück, Německo výrobce zámku: KfV Karl Fliether GmbH & Co KG, Velbert, Německo
Materiál rámu a křídla	čtyřvrstvý dřevěný lepený dveřní hranol ze smrkového nebo modřínového řeziva	výrobce: Dřevospol Šťastný Žáhoří, spol. s r.o., Bechyně, ČR
Konstrukční spojení	kolíkový spoj nebo čep a rozpor	
Použité lepidlo	lepidlo na dřevo D4 nebo Semparoc Rapid V	výrobce: Adolf Würth GmbH, KG & CO, Künzelsau, Německo výrobce: Collano Adhesives AG, Sempach Station, Švýcarsko
Zasklení (výplň)	izolační trojsklo 4-18-4-18-4; hodnota $U_g = 0,5 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ s rámečkem Swisspacer V, sendvičová dveřní výplň, typ PUR 48 mm, složení 4/40/4, hodnota $U_p = 0,47 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$	výrobce skla: Isosklo, spol. s r.o., Děbolín, ČR dodavatel výplně: R.T. kování a.s., Nové Město na Moravě, ČR
Těsnění	třístupňové celoobvodové těsnění: - vnitřní č. D3730 umístěné v drážce křídla v rozích nastřiženo a ohnuto - středové č. D3730 umístěné v drážce křídla v rozích nastřiženo a ohnuto - vnější č. L2020 umístěné v drážce křídla v rozích nastřiženo a ohnuto - přídatné těsnění k prahovému profilu připevněno na liště ve spodní drážce křídla	výrobce: Trelleborg Sealing Profiles, Europe výrobce přídatného těsnění: MAICO SRL a socio unico, San Leonardo, Itálie
Práh	tvoří kompozitní prahový profil SLAVONA/Maico TRANSIT se spodním přídatným těsněním umístěným ve spodní drážce křídlového profilu	
Povrchová úprava	nátěrový systém ADLER HighRes	výrobce: ADLER-Werk Lackfabrik, Johann Berghofer GmbH & Co KG, Schwaz, Rakousko
Součinitel prostupu tepla dveří	$U_D = 0,76 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$	



Obr. 35: Svislý řez dřevěnými vnějšími dveřmi, typ SC92 KLASIK [zdroj autor]

## **7.5 Měření průvzdušnosti budovy**

Měření průvzdušnosti předmětné budovy bylo provedeno podle akreditovaného postupu Zkušebny STV Zlín podle normy ČSN EN ISO 9972:2017 – Tepelné chování budov - Stanovení průvzdušnosti budov - Tlaková metoda.

Zkouška byla provedena nejprve pro nastavení kování při 0% dotažení kování. Po provedení první zkoušky přetlakem a podtlakem bylo provedeno dotažení kování na 50% (standardní nastavení) a znovu provedena zkouška při přetlaku a podtlaku. Jako poslední byla zkouška provedena při nastavení kování na 100% (maximální přítlak křídla do rámu).

### **7.5.1 Podstata metody**

Měření průvzdušnosti (vzduchové propustnosti) budov nebo jejich částí in-situ při přetlaku a podtlaku.

### **7.5.2 Zkušební zařízení**

Zkušební zařízení slouží pro vytvoření kladného a záporného tlakového rozdílu v interiéru budovy nebo její části. Jde o systém pro zajištění konstantního průtoku vzduchu při různých tlakových rozdílech po dobu nutnou ke stanovení množství vzduchu proudícího do budovy.

1. přístroj pro měření rozdílu tlaku s přesností měření  $\pm 2$  Pa v rozsahu měření 0 až 60 Pa,
2. přístroj pro měření množství vzduchu proudícího do budovy, nebo z budovy s přesností měření  $\pm 7$  %. Naměřené hodnoty průvzdušnosti by měly být korigovány podle hustoty vzduchu. Měření množství proudícího vzduchu je prováděno zařízením, jehož princip je popsán v normě ČSN EN ISO 5167-2 (Měření průtoku tekutin pomocí snímačů diferenčního tlaku vložených do zcela zaplněného potrubí kruhového průřezu - Část 2: Clony) [48] - pro měření je použit clonový kotouč předepsaných parametrů, který je vložen a upevněn do potrubí v němž plným průřezem protéká tekutina (vzduch). Zabudování clony způsobí rozdíl statických tlaků mezi přední a zadní stranou clony. V předepsané vzdálenosti ( $25,4 \pm 1$  mm) jsou umístěny snímače tlakového rozdílu před a za clonovým kotoučem. Hmotnostní průtok se určí použitím rovnice (1) uvedené v normě ČSN EN ISO 5167-2 [48],
3. zařízení pro měření teploty s přesností  $\pm 1$  °C.

### 7.5.3 Postup měření

#### Podmínky měření

Přesnost měření závisí do značné míry na používaném přístrojovém vybavení a zařízení a na okolních podmínkách v nichž je měření prováděno.

#### Rozsah měření

Rozsah měření prováděných na budově nebo její části je definován jako:

- Část budovy a měření zahrnuje všechny vytápěné prostory,
- Ve zvláštních případech rozsah měření upravuje smlouva se zákazníkem,
- Pokud je cílem měření shoda s hodnotou vzduchotěsnosti deklarovanou stavebním řádem nebo normou a rozsah měření není tímto řádem nebo normou definován, postupuje se podle bodu 1.

Samostatné části stavby mohou být měřeny zvlášť, například v bytových domech se měří každá bytová jednotka samostatně. Vyjádření výsledků musí brát v úvahu, že únik vzduchu měřený tímto způsobem může zahrnovat i únik způsobený netěsností přilehlých částí budovy.

*Poznámka 1: Je možné, že některé bytové jednotky vyhoví požadavkům vzduchové propustnosti, ale jeden nebo více bytových jednotek požadavkům nevyhoví.*

*Poznámka 2: Je vhodné měřit uměle vytvořený tlak v přilehlých místnostech jako jsou podkroví, suterén nebo vedlejších místnostech, pokud je to technicky možné.*

#### Měření

Měření se provádí pokud je obálka testovaného domu kompletní.

poznámka: Předběžný test průvzdušnosti může usnadnit indikaci a opravu míst úniku ještě před kompletním dokončením obálky domu.

#### Meteorologické podmínky

Pokud je výsledek součinu rozdílu vnitřní a venkovní teploty a výšky obálky budovy větší než 500 m.K, je nepravděpodobné, že bude dosaženo uspokojivého nulového tlakového rozdílu.

Jestliže rychlost větru přesáhne 6m/s nebo dosáhne 3. stupně Beaufortovy stupnice, je nepravděpodobné, že bude dosaženo uspokojivého nulového tlakového rozdílu.

#### Příprava

Tento postup popisuje dva typy zkušebních metod v závislosti na účelu. Oba typy vyžadují jinou přípravu budovy.

Metoda A (test užívané budovy): Stav obálky budovy odpovídá stavu během sezóny, kdy je používáno topení, nebo chladicí klimatizační systém.

Metoda B (test obálky budovy): Každý záměrně vytvořený otvor v obálce domu je uzavřen, nebo utěsněn.

### **Stavební části**

Uzavření všech záměrně vytvořených otvorů budovy, nebo části budovy, která se bude testovat (okna, dveře, mříže).

Pro účely metody A (test užívané budovy) se neprovádí následná opatření snižující vzduchovou propustnost.

Pro účely metody B (obálka budovy) se všechny uzavíratelné otvory uzavřou a ostatní stavební otvory utěsní.

Celá budova, nebo její část bude podrobena tlakové zkoušce jako celek: všechny propojovací dveře v části testované budovy musí být otevřeny tak, aby bylo možno uvnitř vytvořit rovnoměrný tlak v rozmezí do 10 % z naměřeného tlakového rozdílu mezi vnějším a vnitřním prostorem.

Poznámka: Při testování rozsáhlé nebo členité budovy je tato podmínka důležitá a může být ověřena měřením tlakového rozdílu jednotlivých místností při nejvyšším pozorovaném tlaku.

Provede se celkové posouzení stavu budovy a zaznamenají se poznámky o oknech, dveřích, neprůhledných stěnách, stropu a podlaze, pozice uzavíratelných otvorů a utěsnění každého stavebního otvoru.

### **Systémy vytápění, ventilace a klimatizace**

Tepl vzdušný systém vytápění musí být vypnut. Z otevřených ohnišť musí být odstraněn popel.

Systémy ventilace a klimatizace musí být vypnuty.

Otvory ventilačního nebo klimatizačního systému musí být utěsněny. Ostatní otvory ventilace (např. přirozené ventilace) musí být uzavřeny – metoda A, a utěsněny – metoda B.

Při měření je nutné vzít v úvahu rizika v důsledku uzavření kouřovodů topných systémů. Je potřeba brát v úvahu zdroje tepla v okolních bytech.

### **Ventilátor**

Ventilátor se připojí na obálku budovy do dveřního, okenního, nebo ventilačního otvoru, ověří se, že spojení zařízení a budovy je hermeticky uzavřeno bez jakýchkoli ztrát netěsnostmi.

*Poznámka: U vzduchotěsných budov je možné že okna, dveře nebo ventilační otvory jimiž proudí vzduch při zkoušce, mohou být místem největších ztrát. V takovém případě je třeba zvolit odpovídající pozici ventilátoru, nebo interpretaci výsledků.*

### **Zařízení pro měření tlaku vzduchu**

Rozdíl venkovního a vnitřního tlaku se obvykle měří v nejnižším patře obálky budovy.

Poznámka: V případě vysokých budov je ze zkušenosti vhodné měřit tlakový rozdíl v nejvyšším patře obálky budovy.

Ujistíme se že pokles vnitřního a venkovního tlaku neovlivnilo zařízení pro nucenou ventilaci. Čidlo měřidla venkovního tlaku by mělo být chráněno před vlivem působení dynamický změn tlaku vhodně tvarovanou koncovkou (T – tvarovkou, nebo napojením na perforovaný box.) Zvláště při silných poryvech větru je vhodné umístit koncovku čidla tlaku do dostatečné vzdálenosti od budovy, ale ne blízko jiným překážkám.

Tlakové hadice by neměly být uloženy vertikálně. Hadice by mohly být vystaveny velkým teplotním rozdílům (např. v důsledku ohřevu slunečním zářením).

### **Zkušební postup - předběžná kontrola**

Vždy kontrolujeme celou obálku budovy při nejvyšším dosažitelném tlakovém rozdílu používaném při testech, v případě velkých netěsností a poruch přechodně utěsněných otvorů. Pokud jsou takové netěsnosti zjištěny, podrobně se zaznamenají.

Všechny nedostatečně provedená dočasná utěsnění se opraví. Ověří se utěsnění vodních clon ve vodoinstalaci a kanalizaci.

### **Teplota vzduchu a větrné podmínky**

Pro správné změření množství vzduchu a jeho hustoty je potřeba měřit venkovní a vnitřní teplotu vzduchu před, v průběhu zkoušky nebo po zkoušce.

Zaznamená se rychlost proudění vzduchu, nebo síla. Stanovení síly větru vizuálním posouzením stromů, vody atp., jako dle Beaufortovy stupnice je dostatečné.

### **Podmínky zkoušky – tlakový rozdíl vypnutém ventilátoru.**

Přístroj pro měření zkušebního tlaku se vynuluje. Přístrojem se změří tlakový rozdíl při vypnutém a zakrytém otvoru ventilátoru. Zjistí a zaznamená se průměr kladných hodnot tlaků při nulovém toku vzduchu  $\Delta p_{01+}$  po dobu nejméně 30 s. Zjistí a zaznamená se průměr záporných hodnot tlaků při nulovém toku vzduchu  $\Delta p_{01-}$  po dobu nejméně 30 s. Jestliže je jedna

z naměřených průměrných hodnot tlakového rozdílu při nulovém toku vzduchu větší než 5 Pa, test se neprovádí.

Odečítají se a zaznamenávají průměrné hodnoty všech měření rozdílu tlaku při nulovém toku vzduchu  $\Delta p_{01}$  po dobu nejméně 30 s.

Tento proces se opakuje na konci zkoušky (dostaneme  $\Delta p_{02+}$ ,  $\Delta p_{02-}$  a  $\Delta p_{02}$ ). Jestliže je jedna z naměřených průměrných hodnot tlakového rozdílu při nulovém toku vzduchu po zkoušce větší než 5 Pa, test je neplatný. Jestliže je zkušební protokol vytvořený jen pro tuto zkoušku, nesplnění požadovaných zkušebních podmínek se uvede do protokolu.

### **Sekvence tlakových rozdílů**

Ventilátor se odkryje a zapne.

Zkouška se provádí měřením objemového toku vzduchu a tlakového rozdílu vnějšího/vnitřního prostředí v rozsahu tlakových rozdílů odstupňovaných po 10 Pa. Minimální tlakový rozdíl může být 10 Pa, nebo pětinašobek tlakového rozdílu při nulovém toku vzduchu (větší z hodnot naměřeného pozitivního a negativního tlakového rozdílu). Největší testovaný rozdíl tlaků může záviset na velikosti budovy podle a) a b)

a) byty a jiné malé budovy

Pro dosažení větší přesnosti výsledků měření se doporučuje, aby se měření prováděla při rozdílu tlaků  $\pm 50$  Pa.

b) Rozsáhlé stavby (s objemem větším než cca 4000 m<sup>3</sup>)

Pokud je to možné, největší rozdíl tlaků by měl být stejný jako v případě bytů a jiných malých budov (viz a).

Přesto z důvodů velikosti většiny nebytových staveb a skutečných kapacitních limitů přenosných ventilačních zařízení používaných při zkouškách se často zjistí, že tlakový rozdíl 50 Pa je nedosažitelný. V těchto případech může být použito přídatné ventilační zařízení pro zvýšení celkové kapacity a/nebo může být test proveden při nejvyšším dosažitelném tlakovém rozdílu dostupným ventilačním zařízením. V takových případech nebude zkouška platná pokud nebude dosaženo tlakového rozdílu nejméně 25 Pa. V případech kdy je dosaženo tlakového rozdílu mezi 25 a 50 Pa, bude zaznamenáno v protokolu o zkouškách s údajem, že požadavku této normy nebylo plně dosaženo s uvedením důvodů.

Doporučuje se provádět dvě sady měření, pro tlak i podtlak. Přesto je možné provádět jen jednu sadu měření pro tlak nebo podtlak a bude vyhověno požadavkům zkušební normy.



*Poznámka 1: Je přesnější získávat data při vyšším tlakovém rozdílu než při nízké tlakové diferenci. Proto je potřeba při nízké tlakové diferenci věnovat měření zvýšenou pozornost.*

*Poznámka 2: Je vhodné kontrolovat stav obálky budovy, jestli nedošlo ke změnám v průběhu zkoušky, například jestli nevznikly netěsnosti v utěsněných otvorech, nebo zda dveře, okna, klapky nebyly otevřeny působením tlaku vzduchu.*

## **Vyjádření výsledků - Referenční hodnoty**

### **Obestavěný prostor**

Obestavěný prostor,  $V$ , je vnitřní objem vzduchu měřené budovy, nebo části budovy. Obestavěný prostor je vypočten jako násobek podlahové plochy a průměrné výšky podlaží.

### **Plocha obálky**

Plocha obálky  $A_E$  budovy nebo její měřené části je celková plocha všech podlah, zdí, stropů ohraničujících testovaný obestavěný prostor. To včetně zdí a podlah pod úrovní země.

K výpočtu plochy se použijí vnitřní rozměry objektu. Plocha vnitřních zdí se neodečítá.

Poznámka: V souvislosti s touto normou plocha obálky hrubé stavby zahrnuje příčky. Plocha obálky bytu v bytovém domě zahrnuje podlahy, zdi a stropy přilehlých bytů.

### **Celková podlahová plocha**

Celková podlahová plocha  $A_F$  je součet všech podlahových ploch patřících do testovaného obestavěného prostoru. Je počítána dle národních předpisů.

### **Výpočet netěsnosti**

Odečtením tlakového rozdílu při nulovém toku vzduchu (kompenzace) od každé naměřené hodnoty tlakového rozdílu,  $\Delta p_m$ , dostaneme uvedený tlakový rozdíl  $\Delta p$ , podle vzorce (7.1).

$$\Delta p = \Delta p_m - \frac{\Delta p_{01} + \Delta p_{02}}{2} \quad (7.1)$$

Měřený objemový tok vzduchu  $V_r$ , se koriguje nastavením teploty a tlaku na měřicím zařízení dle návodu výrobce.

$$V_m = f \cdot (V_r) \quad (7.2)$$

Z objemového toku vzduchu  $V_m$  se vypočte objemový unik vzduchu obálkou  $V_{env}$  pro podtlak:

$$V_{env} = V_m \left( \frac{\rho_i}{\rho_e} \right) \quad (7.3)$$

Z objemového toku vzduchu  $V_m$  se vypočte objemový unik vzduchu obálkou  $V_{env}$  pro tlak:

$$V_{env} = V_m \left( \frac{\rho_e}{\rho_i} \right) \quad (7.4)$$

kde:  $\rho_i$  je hustota vzduchu v interiéru v  $\text{kg/m}^3$

$\rho_e$  je hustota vzduchu v exteriéru v  $\text{kg/m}^3$

Hodnoty objemového toku vzduchu v  $\text{m}^3/\text{h}$  za tlaku, podtlaku a rozdíl tlaků v Pa se zaznamenají do samostatného grafu.

Zjištěné hodnoty se použijí pro stanovené součinitele průvzdušnosti,  $C_{env}$  a intenzity výměny vzduchu  $n$ , podle vzorce (7.5) s použitím metody nejmenších čtverců.

$$V_{env} = C_{env} (\Delta p)^n \quad (7.5)$$

kde:

$V_{env}$  je objemový tok vzduchu obálkou budovy v  $\text{m}^3/\text{h}$ ,

$\Delta p$  je tlakový rozdíl v Pa.

Pro odvozený součinitel průvzdušnosti obálky  $C_{env}$  a intenzitu výměny vzduchu  $n_h$ , se vypočte interval spolehlivosti zvlášť pro tlak a podtlak.

Součinitel průvzdušnosti obálky  $C_{env}$  se upraví na standardní podmínky  $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$  a barometrický tlak  $1,013 \cdot 10^5$  Pa podle vzorce (7.6) pro podtlak:

$$C_L = C_{env} \left( \frac{\rho_e}{\rho_0} \right)^{1-n} \quad (7.6)$$

kde:  $\rho_e$  je hustota vzduchu v exteriéru v  $\text{kg/m}^3$ ,

$\rho_0$  je hustota vzduchu při standardních podmínkách v  $\text{kg/m}^3$ .

Pro přetlak se použije vzorec (7.7).

$$C_L = C_{env} \left( \frac{\rho_i}{\rho_0} \right)^{1-n} \quad (7.7)$$

kde:  $\rho_i$  je hustota vzduchu v interiéru v  $\text{kg/m}^3$ ,

$\rho_0$  je hustota vzduchu při standardních podmínkách v  $\text{kg/m}^3$ .

Objemový tok vzduchu netěsností  $V_L$ , se vypočítá podle vzorce (7.8)

$$V_L = C_L (\Delta p)^n \quad (7.8)$$

kde:

$C_L$  je součinitel průvzdušnosti v  $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{Pa}^n)$ ,

$\Delta p$  je tlakový rozdíl v Pa,

$n$  je intenzita výměny vzduchu z rovnice (7.5).

### Odvozená množství

Objemový tok vzduchu při referenčním tlakovém rozdílu

Objemový tok vzduchu při referenčním tlakovém rozdílu  $\Delta p_r$ , obvykle 50 Pa,  $V_{\Delta p_r}$  je stanoven rovnicí (7.9).

$$V_{\Delta p_r} = C_L \cdot (\Delta p_r)^n \quad (7.9)$$

např.  $V_{50} = C_L (50 \text{ Pa})^n$

kde:

$C_L$  je součinitel průvzdušnosti v  $\text{m}^3/(\text{h}\cdot\text{Pa}^n)$ .

Odvozené hodnoty jsou vypočteny pro průměrný objemový průtok vzduchu při 50 Pa při přetlaku a podtlaku. Intenzita výměny vzduchu  $n_{\Delta p_r}$  při tlakovém rozdílu např. 50 Pa se vypočte jako podíl průměrného objemového toku při 50 Pa a vnitřního obestavěného objemu  $V$  podle vzorce (7.10).

$$n_{\Delta p_r} = V_{\Delta p_r} / V \quad (7.10)$$

např.  $n_{50} = V_{50} / V$

### Průvzdušnost

Průvzdušnost při 50 Pa,  $q_{50}$ , je vyjádřena jako podíl průměrného objemového toku při 50 Pa a plochy obálky  $A_E$ . (7.11).

$$q_{50} = V_{50} / A_E \quad (7.11)$$

### Specifická rychlost úniku

Specifická rychlost úniku  $w_{50}$  je vyjádřena jako podíl průměrného objemového toku při 50 Pa a celkové podlahové plochy  $A_F$ . (7.12).

$$w_{50} = V_{50} / A_F \quad (7.12)$$

### Objemový tok vzduchu

Objemový tok vzduchu při daném tlakovém rozdílu,  $V_{\Delta p_r}$ , vyjádřený v  $\text{m}^3/\text{h}$  se vypočte podle vzorce (7.9).

#### 7.5.4 Vzhled objektu a fotodokumentace z průběhu zkoušky průvzdušnosti



Obr. 36: Jihovýchodní a jihozápadní pohled na měřenou stavbu



Obr. 37: Severovýchodní a severozápadní pohled na měřenou stavbu



Obr. 38: Osazení měřicího zařízení (BLOWERDOOR) v měřené stavbě



Obr. 39: Nastavení polohy kování na dotažení 0%



Obr. 40: Neutrální nastavení polohy kování na dotažení 50%



Obr. 41: Nastavení polohy kování na dotažení 100%

## 7.5.5 Výsledky zkoušky průvzdušnosti stavby při nastavení kování na 0%



### ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL

Mendelova univerzita v Brně  
Zkušebna stavebně truhlářských výrobků  
Louky 304  
Zlín, 763 02  
Email: info@zstv.cz Web: www.zstv.cz

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 0 procent

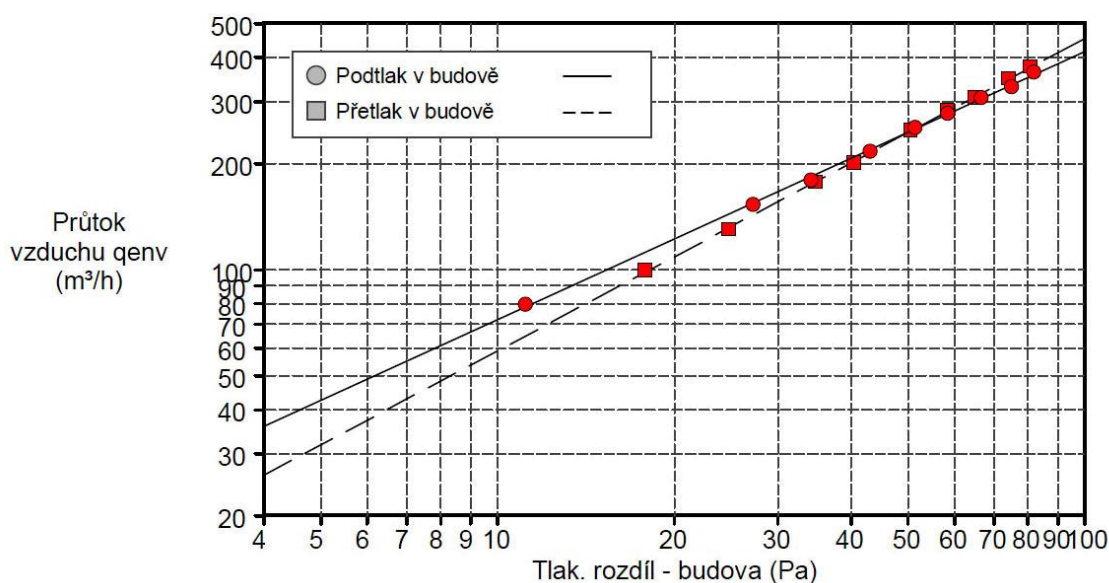
Technik: Ing. Tomáš Kocfelda

Číslo zakázky:

Zákazník: Miroslav Zapletal  
K Cihelně 304  
Louky  
Zlín, 76302  
Tel.: 606056342  
Fax:

Adresa: Rodinný dům  
parc. č. 1320/6  
Pozděchov, 75611

Výsledky pro tlakový rozdíl 50 Pa:	Podtlak v budově	Přetlak v budově	Průměr
q <sub>50</sub> : m <sup>3</sup> /h (Průtok vzduchu)	246 (+/- 1.3 %)	245 (+/- 0.8 %)	246
n <sub>50</sub> : 1/h (Intenzita výměny vzduchu)	0.52	0.52	0.52
q <sub>F50</sub> : m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> Podlahová plocha)	1.28	1.27	1.28
q <sub>E50</sub> :			
<b>Plochy netěsnosti:</b>			
ELA <sub>50</sub> : m <sup>2</sup>	0.0075 (+/- 0.8 %)	0.0075 (+/- 0.8 %)	0.0075
ELA <sub>F50</sub> : m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	0.0000389	0.0000389	0.0000389
ELA <sub>E50</sub> :			
<b>Parametry rovnice proudění:</b>			
Souč. proudění skrz obálku (C <sub>env</sub> ) m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )	12.6 (+/- 8.2 %)	7.7 (+/- 5.8 %)	
Souč. proudění netěsnostmi (C <sub>L</sub> ) m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )	12.5 (+/- 8.2 %)	7.7 (+/- 5.8 %)	
Exponent proudění (n)	0.761 (+/- 0.022)	0.886 (+/- 0.015)	
Koeficient determinace (r <sup>2</sup> )	0.99899	0.99963	
Zkušební norma:	ISO 9972		
Způsob měření:	Podtlak v budově a Přetlak v budově		
Příprava budovy - metoda:	Method 3 - Test of Building for a specific purpose		
Účel zkoušky:	SFŽP ČR - Nová zelená úsporám n <sub>50</sub> ≤ 0.6 1/h		



**ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL Strana 2 of 5**

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 0 procent

**Údaje o budově**

Vnitřní objem, V (m <sup>3</sup> ) (podle ČSN EN ISO 9972)	470
Čistá podlahová plocha, A <sub>F</sub> (m <sup>2</sup> ) (podle ČSN EN ISO 9972)	192.5
Plocha obálky, A <sub>E</sub> (m <sup>2</sup> ) (podle ČSN EN ISO 9972)	
Výška (m)	5.5
Nejistota rozměrů (%)	3
Rok výstavby	2019
System vytápění	teplovodní podlahové
System pro úpravu vzduchu	žádný
System větrání (nucené větrání)	nucené větrání s výměnou tepla
Větrná expozice budovy	Nechráněná budova
Síla větru	Vánek

**Údaje o vybavení**

Typ	Výrobce	Model	Sériové číslo	Datum kalibrace
Ventilátor	Energy Conservatory	Model 4 (230V)	CE4165	20.09.2012
Mikromanometr	Energy Conservatory	DG700	61921	28.06.2018

**ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL Strana 3 of 5**

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 0 procent

**Zkouška - podtlak v budově 1:**

**Klimatické údaje**

Vnitřní teplota (°C)	Venkovní teplota (°C)	Barometrický tlak (Pa)
22.0	14.0	95910.0

**Před zkouškou**

**Přirozený tlakový rozdíl**

**Po zkoušce**

$\Delta p_{0,1-}$	$\Delta p_{0,1+}$	$\Delta p_{0,1}$	$\Delta p_{0,2-}$	$\Delta p_{0,2+}$	$\Delta p_{0,2}$
-2.3	0.0	-2.3	-1.8	0.0	-1.8

**Naměřené hodnoty - Automatické měření (TTE 5.1.8.5)**

Změřený tlak. rozdíl $\Delta p_m$ (Pa)	Vyvolaný tlakový rozdíl $\Delta p$ (Pa)	Tlak. rozdíl - ventilátor (Pa)	Odečtený průtok vzduchu $q_r$ (m <sup>3</sup> /h)	Průtok vzduchu $q_{env}$ (m <sup>3</sup> /h)	Průtok vzduchu $q_L$ (m <sup>3</sup> /h)	Rezidua (%)	Clona
-2.3	---	---					
-83.9	-81.8	20.4	366	367	364	1.8	Clona B
-77.0	-74.9	248.7	332	333	330	-1.3	Clona C
-68.6	-66.5	217.0	309	310	308	0.8	Clona C
-60.5	-58.4	178.7	280	281	278	0.6	Clona C
-53.4	-51.3	149.2	255	256	254	1.2	Clona C
-45.1	-43.0	109.9	218	219	217	-1.2	Clona C
-36.2	-34.1	76.3	181	181	180	-2.4	Clona C
-29.3	-27.2	56.0	154	154	153	-1.1	Clona C
-13.2	-11.2	41.5	80	81	80	1.7	Clona D
-1.8	---	---					

**Odchyly od normy ISO 9972 - Parametry zkoušky**

- Jeden z intervalů mezi úrovněmi zkušební tlakového rozdílu je větší než 10 Pa.

## ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL Strana 4 of 5

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 0 procent

### Zkouška - přetlak v bud. 1:

#### Klimatické údaje

Vnitřní teplota (°C)	Venkovní teplota (°C)	Barometrický tlak (Pa)
22.0	13.0	95900.0

Před zkouškou			Přirozený tlakový rozdíl			Po zkoušce		
Δp <sub>0,1-</sub>	Δp <sub>0,1+</sub>	Δp <sub>0,1</sub>	Δp <sub>0,2-</sub>	Δp <sub>0,2+</sub>	Δp <sub>0,2</sub>			
-0.6	0.0	-0.6	-0.9	0.0	-0.9			

### Naměřené hodnoty - Automatické měření (TTE 5.1.8.5)

Změřený tlak. rozdíl Δpm (Pa)	Vyvolaný tlakový rozdíl Δp (Pa)	Tlak. rozdíl - ventilátor (Pa)	Odečtený průtok vzduchu q <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Průtok vzduchu q <sub>env</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Průtok vzduchu q <sub>L</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Rezidua (%)	Clona
-0.6	---	---					
80.1	80.8	295.4	363	380	377	0.4	Clona C
73.4	74.2	254.2	336	352	349	0.3	Clona C
64.3	65.1	200.2	297	311	309	-0.4	Clona C
57.6	58.3	168.8	272	285	283	0.5	Clona C
49.7	50.5	131.9	239	251	249	0.6	Clona C
39.7	40.4	86.9	193	202	201	-1.3	Clona C
34.1	34.8	68.4	171	179	177	-0.4	Clona C
24.0	24.8	37.5	125	131	130	-1.1	Clona C
17.1	17.8	22.4	96	100	100	1.4	Clona C
-0.9	---	---					

### Odchyly od normy ISO 9972 - Parametry zkoušky

- Jeden z intervalů mezi úrovněmi zkušební tlakového rozdílu je větší než 10 Pa.
- Nejnižší zkušební tlakový rozdíl neodpovídá s tolerancí +/- 3 Pa větší z hodnot 10 Pa nebo 5x přirozený tlakový rozdíl Δp<sub>0,1</sub>.

## ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL Strana 5 of 5

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 0 procent

### Poznámky

Samostatně stojící dvoupodlažní rodinný dům s obytným podkrovím.  
Dům je ve stavu celkového dokončení.  
Ventilátor umístěn do vnějších dveří v místosti 1.01 dle výkresové dokumentace.

#### Utěsněné otvory

- nasávací a výfukový otvor nuceného větrání
- výfukový otvor digestoře v úrovni prostupu vzduchotěsnicí rovinou

#### Zjištěné úniky

- napojení kouřovodu do komína a vymetacími dvířky
- funkční spárou HS portálu

Hodnoty vnitřního objemu vzduchu a podlažní plochy byly spočítány dle pokynů pro měření vydaných SFŽP ČR - v programu Nová zelená úsporám.



## 7.5.6 Výsledky zkoušky průvzdušnosti stavby při nastavení kování na 50%



**BlowerDoor GmbH**  
MessSysteme für Luftdichtheit

### ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL

Mendelova univerzita v Brně  
Zkušebna stavebně truhlářských výrobků  
Louky 304  
Zlín, 763 02  
Email: info@zstv.cz Web: www.zstv.cz

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 50 procent

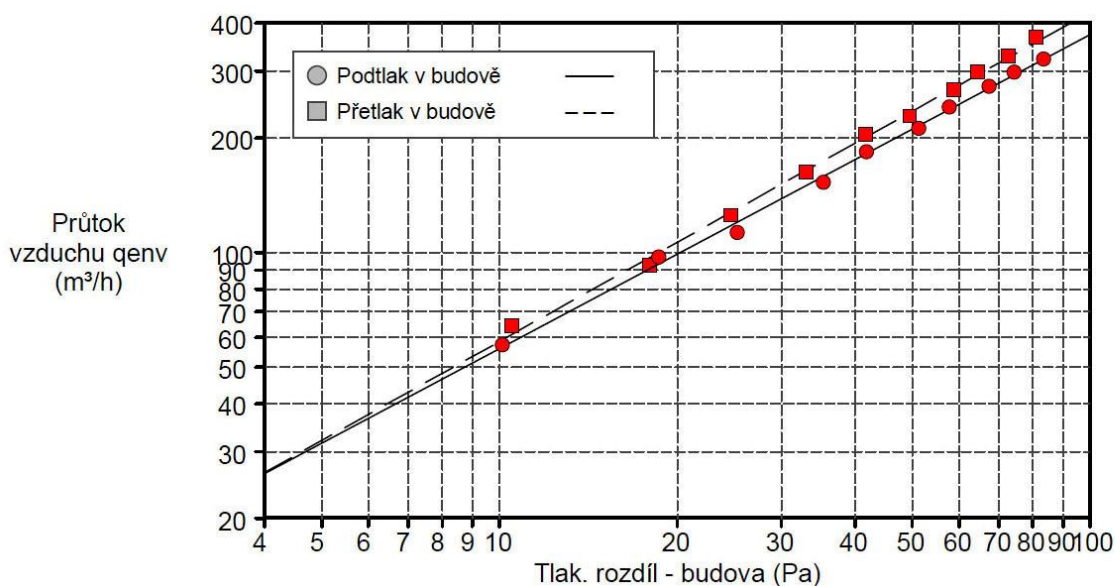
Technik: Ing. Tomáš Kocfelda

Číslo zakázky:

Zákazník: Miroslav Zapletal  
K Cihelně 304  
Louky  
Zlín, 76302  
Tel.: 606056342  
Fax:

Adresa: Rodinný dům  
parc. č. 1320/6  
Pozděchov, 75611

Výsledky pro tlakový rozdíl 50 Pa:	Podtlak v budově	Přetlak v budově	Průměr
q <sub>50</sub> : m <sup>3</sup> /h (Průtok vzduchu)	211 (+/- 2.5 %)	235 (+/- 2.4 %)	223
n <sub>50</sub> : 1/h (Intenzita výměny vzduchu)	0.47	0.50	0.49
q <sub>F50</sub> : m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> Podlahová plocha)	1.10	1.22	1.16
q <sub>E50</sub> :			
<b>Plochy netěsnosti:</b>			
ELA <sub>50</sub> : m <sup>2</sup>	0.0064 (+/- 2.4 %)	0.0072 (+/- 2.4 %)	0.0068
ELA <sub>F50</sub> : m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	0.0000334	0.0000372	0.0000353
ELA <sub>E50</sub> :			
<b>Parametry rovnice proudění:</b>			
Souč. proudění skrz obálku (C <sub>env</sub> ) m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )	8.4 (+/- 13.4 %)	8.0 (+/- 13.0 %)	
Souč. proudění netěsnostmi (C <sub>L</sub> ) m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )	8.4 (+/- 13.4 %)	8.0 (+/- 13.0 %)	
Exponent proudění (n)	0.825 (+/- 0.036)	0.865 (+/- 0.035)	
Koeficient determinace (r <sup>2</sup> )	0.99715	0.99753	
Zkušební norma:	ISO 9972		
Způsob měření:	Podtlak v budově a Přetlak v budově		
Příprava budovy - metoda:	Method 3 - Test of Building for a specific purpose		
Účel zkoušky:	SFŽP ČR - Nová zelená úsporám n <sub>50</sub> ≤ 0.6 1/h		



**ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL Strana 2 of 5**

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 50 procent

**Údaje o budově**

Vnitřní objem, V (m <sup>3</sup> ) (podle ČSN EN ISO 9972)	470
Čistá podlahová plocha, A <sub>F</sub> (m <sup>2</sup> ) (podle ČSN EN ISO 9972)	192.5
Plocha obálky, A <sub>E</sub> (m <sup>2</sup> ) (podle ČSN EN ISO 9972)	
Výška (m)	5.5
Nejistota rozměrů (%)	3
Rok výstavby	2019
System vytápění	teplovodní podlahové
System pro úpravu vzduchu	žádný
System větrání (nucené větrání)	nucené větrání s výměnou tepla
Větrná expozice budovy	Nechráněná budova
Síla větru	Vánek

**Údaje o vybavení**

Typ	Výrobce	Model	Sériové číslo	Datum kalibrace
Ventilátor	Energy Conservatory	Model 4 (230V)	CE4165	20.09.2012
Mikromanometr	Energy Conservatory	DG700	61921	28.06.2018

**ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL Strana 3 of 5**

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 50 procent

**Zkouška - podtlak v budově 1:**

**Klimatické údaje**

Vnitřní teplota (°C)	Venkovní teplota (°C)	Barometrický tlak (Pa)
23.0	13.0	96020.0

Před zkouškou			Přirozený tlakový rozdíl		Po zkoušce	
$\Delta p_{0,1-}$	$\Delta p_{0,1+}$	$\Delta p_{0,1}$	$\Delta p_{0,2-}$	$\Delta p_{0,2+}$	$\Delta p_{0,2}$	
-2.2	0.0	-2.2	-1.5	0.0	-1.5	

**Naměřené hodnoty - Automatické měření (TTE 5.1.8.5)**

Změřený tlak. rozdíl $\Delta p_m$ (Pa)	Vyvolaný tlakový rozdíl $\Delta p$ (Pa)	Tlak. rozdíl - ventilátor (Pa)	Odečtený průtok vzduchu $q_r$ (m <sup>3</sup> /h)	Průtok vzduchu $q_{env}$ (m <sup>3</sup> /h)	Průtok vzduchu $q_L$ (m <sup>3</sup> /h)	Rezidua (%)	Clona
-2.2	---	---					
-85.2	-83.3	238.8	325	324	323	0.3	Clona C
-76.3	-74.4	204.8	300	300	298	1.7	Clona C
-69.2	-67.4	172.7	275	274	273	1.1	Clona C
-59.6	-57.7	135.4	243	242	241	1.3	Clona C
-53.1	-51.2	106.1	214	213	212	-1.4	Clona C
-43.6	-41.8	80.2	185	185	184	0.9	Clona C
-37.2	-35.4	56.2	154	154	153	-3.5	Clona C
-27.1	-25.2	31.2	114	113	113	-6.0	Clona C
-20.4	-18.6	23.4	98	98	97	4.4	Clona C
-11.9	-10.1	21.5	58	58	57	1.5	Clona D
-1.5	---	---					

**Odchyly od normy ISO 9972 - Parametry zkoušky**

- Jeden z intervalů mezi úrovněmi zkušebního tlakového rozdílu je větší než 10 Pa.

**ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL Strana 4 of 5**

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 50 procent

**Zkouška - přetlak v bud. 1:**

**Klimatické údaje**

<b>Vnitřní teplota (°C)</b>	<b>Venkovní teplota (°C)</b>	<b>Barometrický tlak (Pa)</b>
21.0	14.0	95990.0

<b>Před zkouškou</b>		<b>Přirozený tlakový rozdíl</b>			<b>Po zkoušce</b>	
<b><math>\Delta p_{0,1-}</math></b>	<b><math>\Delta p_{0,1+}</math></b>	<b><math>\Delta p_{0,1}</math></b>	<b><math>\Delta p_{0,2-}</math></b>	<b><math>\Delta p_{0,2+}</math></b>	<b><math>\Delta p_{0,2}</math></b>	
-1.9	0.0	-1.9	-1.1	0.0	-1.1	

**Naměřené hodnoty - Automatické měření (TTE 5.1.8.5)**

Změřený tlak. rozdíl $\Delta p_m$ (Pa)	Vyvolaný tlakový rozdíl $\Delta p$ (Pa)	Tlak. rozdíl - ventilátor (Pa)	Odečtený průtok vzduchu $q_r$ (m <sup>3</sup> /h)	Průtok vzduchu $q_{env}$ (m <sup>3</sup> /h)	Průtok vzduchu $q_L$ (m <sup>3</sup> /h)	Rezidua (%)	Clona
-1.9	---	---					
79.6	81.1	283.5	355	370	367	2.6	Clona C
71.3	72.9	228.0	317	331	328	0.7	Clona C
63.1	64.6	189.1	288	300	298	1.4	Clona C
57.3	58.8	153.3	259	269	267	-1.3	Clona C
48.0	49.5	112.5	220	230	228	-2.3	Clona C
40.2	41.7	91.4	198	206	205	1.8	Clona C
31.6	33.1	58.2	157	164	162	-1.5	Clona C
23.1	24.6	35.1	121	126	125	-1.9	Clona C
16.4	17.9	19.6	89	93	92	-4.5	Clona C
9.0	10.5	25.0	62	65	64	5.3	Clona D
-1.1	---	---					

**Odchyłky od normy ISO 9972 - Parametry zkoušky**

Žádný

**ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL Strana 5 of 5**

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 50 procent

**Poznámky**

Samostatně stojící dvoupodlažní rodinný dům s obytným podkrovím.  
Dům je ve stavu celkového dokončení.  
Ventilátor umístěn do vnějších dveří v místosti 1.01 dle výkresové dokumentace.

Utěsněné otvory  
- nasávací a výfukový otvor nuceného větrání  
- fýfukový otvor digestoře v úrovni prostupu vzduchotěsnicí rovinou

Zjištěné úniky  
- napojení kouřovodu do komína a vymetacími dvířky  
- funkční spárou HS portálu

Hodnoty vnitřního objemu vzduchu a podlaové plochy byly spočítány dle pokynů pro měření vydaných SFŽP ČR - v programu Nová zelená úsporám.

## 7.5.7 Výsledky zkoušky průvzdušnosti stavby při nastavení kování na 100%



### ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL

Mendelova univerzita v Brně  
Zkušebna stavebně truhlářských výrobků  
Louky 304  
Zlín, 763 02  
Email: info@zstv.cz Web: www.zstv.cz

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 100 procent

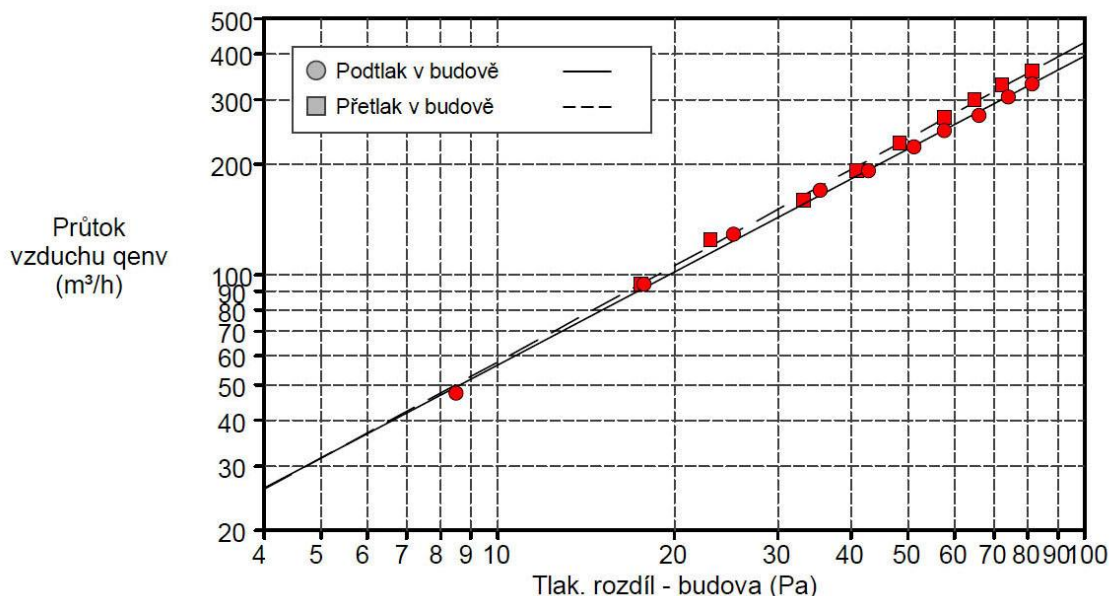
Technik: Ing. Tomáš Kocfelda

Číslo zakázky:

Zákazník: Miroslav Zapletal  
K Cihelně 304  
Zlín, 76302  
Tel.: 606056342  
Fax:

Adresa: Rodinný dům  
parc. č. 1320/6  
Pozděchov, 75611

Výsledky pro tlakový rozdíl 50 Pa:	Podtlak v budově	Přetlak v budově	Průměr
q <sub>50</sub> : m <sup>3</sup> /h (Průtok vzduchu)	221 (+/- 2.1 %)	235 (+/- 1.9 %)	228
n <sub>50</sub> : 1/h (Intenzita výměny vzduchu)	0.45	0.50	0.47
q <sub>F50</sub> : m <sup>3</sup> /(h·m <sup>2</sup> Podlahová plocha)	1.15	1.22	1.18
q <sub>E50</sub> :			
<b>Plochy netěsnosti:</b>			
ELA <sub>50</sub> : m <sup>2</sup>	0.0067 (+/- 1.9 %)	0.0072 (+/- 1.9 %)	0.0070
ELA <sub>F50</sub> : m <sup>2</sup> /m <sup>2</sup>	0.0000350	0.0000373	0.0000361
ELA <sub>E50</sub> :			
<b>Parametry rovnice proudění:</b>			
Souč. proudění skrz obálku (C <sub>env</sub> ) m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )	8.2 (+/- 10.7 %)	7.8 (+/- 13.9 %)	
Souč. proudění netěsnosti (C <sub>L</sub> ) m <sup>3</sup> /(h·Pa <sup>n</sup> )	8.1 (+/- 10.7 %)	7.7 (+/- 13.9 %)	
Exponent proudění (n)	0.844 (+/- 0.029)	0.873 (+/- 0.036)	
Koeficient determinace (r <sup>2</sup> )	0.99823	0.99782	
Zkušební norma:	ISO 9972		
Způsob měření:	Podtlak v budově a Přetlak v budově		
Příprava budovy - metoda:	Method 3 - Test of Building for a specific purpose		
Účel zkoušky:	SFŽP ČR - Nová zelená úsporám n50 ≤ 0.6 1/h		



ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL Strana 2 of 5

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 100 procent

Údaje o budově

Vnitřní objem, V (m <sup>3</sup> ) (podle ČSN EN ISO 9972)	470
Čistá podlahová plocha, A <sub>F</sub> (m <sup>2</sup> ) (podle ČSN EN ISO 9972)	192.5
Plocha obálky, A <sub>E</sub> (m <sup>2</sup> ) (podle ČSN EN ISO 9972)	
Výška (m)	5.5
Nejistota rozměrů (%)	3
Rok výstavby	2019
Systém vytápění	teplovodní podlahové
Systém pro úpravu vzduchu	žádný
Systém větrání (nucené větrání)	nucené větrání s výměnou tepla
Větrná expozice budovy	Nechráněná budova
Síla větru	Vánek

Údaje o vybavení

Typ	Výrobce	Model	Sériové číslo	Datum kalibrace
Ventilátor	Energy Conservatory	Model 4 (230V)	CE4165	20.09.2012
Mikromanometr	Energy Conservatory	DG700	61921	28.06.2018

ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL Strana 3 of 5

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 100 procent

Zkouška - podtlak v budově 1:

Klimatické údaje

Vnitřní teplota (°C)	Venkovní teplota (°C)	Barometrický tlak (Pa)
23.0	13.0	95870.0

Před zkouškou

Přirozený tlakový rozdíl

Po zkoušce

$\Delta p_{0,1-}$	$\Delta p_{0,1+}$	$\Delta p_{0,1}$	$\Delta p_{0,2-}$	$\Delta p_{0,2+}$	$\Delta p_{0,2}$
-1.6	0.0	-1.6	-1.4	0.0	-1.4

Naměřené hodnoty - Automatické měření (TTE 5.1.8.5)

Změřený tlak. rozdíl $\Delta p_m$ (Pa)	Vyvolaný tlakový rozdíl $\Delta p$ (Pa)	Tlak. rozdíl - ventilátor (Pa)	Odečtený průtok vzduchu $q_r$ (m <sup>3</sup> /h)	Průtok vzduchu $q_{env}$ (m <sup>3</sup> /h)	Průtok vzduchu $q_L$ (m <sup>3</sup> /h)	Rezidua (%)	Clona
-1.6	---	---					
-82.7	-81.2	252.0	334	334	332	-0.1	Clona C
-75.5	-74.0	214.0	307	307	305	-0.7	Clona C
-67.6	-66.1	171.7	274	274	272	-2.5	Clona C
-59.1	-57.6	142.3	249	248	247	-0.6	Clona C
-52.7	-51.1	116.7	225	224	223	-0.8	Clona C
-44.3	-42.8	87.5	194	193	192	-0.6	Clona C
-36.9	-35.4	68.7	171	171	170	3.0	Clona C
-26.7	-25.2	40.4	130	130	129	4.4	Clona C
-19.3	-17.8	21.9	95	95	94	2.4	Clona C
-10.0	-8.5	14.8	48	48	47	-4.1	Clona D
-1.4	---	---					

Odchyly od normy ISO 9972 - Parametry zkoušky

- Jeden z intervalů mezi úrovněmi zkušebního tlakového rozdílu je větší než 10 Pa.

## ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL Strana 4 of 5

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 100 procent

### Zkouška - přetlak v bud. 1:

#### Klimatické údaje

Vnitřní teplota (°C)	Venkovní teplota (°C)	Barometrický tlak (Pa)
22.0	13.0	95860.0

Před zkouškou			Přirozený tlakový rozdíl			Po zkoušce		
Δp <sub>0,1-</sub>	Δp <sub>0,1+</sub>	Δp <sub>0,1</sub>	Δp <sub>0,2-</sub>	Δp <sub>0,2+</sub>	Δp <sub>0,2</sub>			
-1.7	0.0	-1.7	-0.5	1.0	0.3			

### Naměřené hodnoty - Automatické měření (TTE 5.1.8.5)

Změřený tlak. rozdíl Δp <sub>m</sub> (Pa)	Vyvolaný tlakový rozdíl Δp (Pa)	Tlak. rozdíl - ventilátor (Pa)	Odečtený průtok vzduchu q <sub>r</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Průtok vzduchu q <sub>env</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Průtok vzduchu q <sub>L</sub> (m <sup>3</sup> /h)	Rezidua (%)	Clona
-1.7	---	---					
80.6	81.3	267.6	345	361	358	-0.5	Clona C
71.7	72.3	227.0	317	332	329	1.3	Clona C
64.2	64.9	189.8	289	302	300	1.5	Clona C
57.0	57.7	153.1	258	271	269	0.7	Clona C
47.7	48.4	111.5	219	230	228	-0.3	Clona C
40.3	41.0	80.0	185	194	192	-2.8	Clona C
32.5	33.2	55.6	153	161	159	-3.2	Clona C
22.4	23.1	34.3	120	125	124	3.7	Clona C
16.9	17.5	20.1	91	95	94	-0.1	Clona C
0.3	---	---					

#### Odchyly od normy ISO 9972 - Parametry zkoušky

- Jeden z intervalů mezi úrovněmi zkušební tlakového rozdílu je větší než 10 Pa.
- Nejnižší zkušební tlakový rozdíl neodpovídá s tolerancí +/- 3 Pa větší z hodnot 10 Pa nebo 5x přirozený tlakový rozdíl Δp<sub>0,1</sub>.

## ZKOUŠKA PRŮVZDUŠNOSTI BUDOVY - PROTOKOL Strana 5 of 5

Datum: 11.10.2019 Soubor zkoušky: 100 procent

#### Poznámky

Samostatně stojící dvoupodlažní rodinný dům s obytným podkrovím.  
Dům je ve stavu celkového dokončení.  
Ventilátor umístěn do vnějších dveří v místosti 1.01 dle výkresové dokumentace.

#### Utěsněné otvory

- nasávací a výfukový otvor nuceného větrání
- výfukový otvor digestoře v úrovni prostupu vzduchotěsnicí rovinou

#### Zjištěné úniky

- napojení kouřovodu do komína a vymetacími dvířky
- funkční spárou HS portálu

Hodnoty vnitřního objemu vzduchu a podlažní plochy byly spočítány dle pokynů pro měření vydaných SFŽP ČR - v programu Nová zelená úsporám.

### 7.5.8 Závěr z provedeného měření

Jak vyplývá z výše uvedených výsledků zkoušek provedeného měření, jsou patrné určité rozdíly zjištěné průvzdušnosti budovy v závislosti na stupni dotažení celoobvodového kování na použitých dřevěných oknech. Jejich hodnoty jsou uvedeny v tabulce 14.

Tab. 14: Zjištěné hodnoty intenzity výměny vzduchu  $n_{50}$  v měřené budově [zdroj autor]

Stupeň dotažení kování oken	Zjištěné hodnoty $n_{50}$ [1/h]		Průměrná hodnota $n_{50}$ [1/h]
	Přetlak	Podtlak	
0 %	0,52	0,52	0,52
50 %	0,47	0,50	0,49
100 %	0,45	0,50	0,47

Vzhledem ke skutečnosti, že na měřené stavbě byla použita dřevěná okna, která již při standardních laboratorních zkouškách průvzdušnosti při 50% dotažení kování vykazovala vysokou míru těsnosti, jsou naměřené výsledky celkové průvzdušnosti budovy měřené stavby zjištěny v malých rozdílech hodnoty  $n_{50}$ . Nicméně při nastavení kování na 0% je patrný rozdíl, kdy průvzdušnost budovy při tomto nastavení kování dosahuje vyšší hodnoty  $n_{50}$  o 0,05 než u ostatních dvou měření při 50% a 100% dotažení kování.

Na základě provedených experimentálních měření a zjištěných výsledků lze konstatovat, že změna nastavení stupně dotažení celoobvodového kování u jednoduchých typů oken dřevěných a plastových může mít vliv na celkovou průvzdušnost stavby a tím i potažmo na její celkovou energetickou bilanci.

Pokud budeme při následných výpočtech energetické bilance konkrétní měřené dřevěné stavby uvažovat tři základní hodnoty průvzdušnosti budovy  $n_{50}$ , např.  $n_h = 0,3 \text{ h}^{-1}$ ,  $n_h = 0,5 \text{ h}^{-1}$  a hodnotu  $n_h = 0,8 \text{ h}^{-1}$ , budeme moci výpočtovou metodou zjistit, jaká je spotřeba energie domu na procentuálním stupni dotažení použitého celoobvodového kování. Kombinací parametrů nastavení výměny vzduchu pro zimní a letní období  $n_{h,z} = 0,3 \text{ h}^{-1}$ ,  $n_{h,z} = 0,5 \text{ h}^{-1}$  a hodnotu  $n_{h,z} = 0,8 \text{ h}^{-1}$  a současně při zvoleném parametru výměny vzduchu pro letní období  $n_{h,l} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ , 1,2 a 1,8  $\text{h}^{-1}$  zjistíme teplotní parametry v jednotlivých místnostech objektu z hlediska letní tepelné ochrany budovy. To umožňuje odhadnout celkovou spotřebu energie na vytápění v zimním období vzhledem k úrovni výměny vzduchu v místnostech, tak i teplotu nejvyššího denního vzestupu vzduchu v letním období.

## 7.6 Popis posuzované budovy jako tepelného systému

Z hlediska popisu budovy jako tepelného systému je podstatné uvažovat dva základní znaky:

- a) existence souboru prvků,
- b) existence soustavy vztahů mezi prvky tohoto souboru.

Již dříve byl předložen obecný popis budovy jako tepelného systému – ŘEHÁNEK [42]. Jestliže má budova minimálně dvě místnosti, je možno v tomto případě uvažovat o dané budově jako o souboru místností, ve kterém tyto místnosti představují prvky tohoto konkrétního souboru. O budově uvažované jako o tepelném systému je možno však hovořit pouze v případě, že existují vazby mezi těmito jednotlivými místnostmi. V tomto případě je ale také nutno definovat vztahy do okolí. V jednotlivých místnostech se ale mohou vyskytovat různé teploty vzduchu a z tohoto důvodu může za jistých podmínek docházet k proudění vzduchu z jedné místnosti do druhé formou tepelného toku. Tento tepelný tok pak následně ovlivňuje tepelný stav uvažovaných místností. Nastane-li tato situace, můžeme pak hovořit o tepelných vazbách mezi jednotlivými místnostmi, kdy vazba je uskutečňována prostřednictvím tepelného toku. Z pohledu systémového přístupu v návaznosti na řešení tepelně stabilitní problematiky, je možno dále formulovat následující předpoklady:

- jestliže mezi místnostmi budovy existují tepelné vazby, pak soubor místností budovy tvoří tepelný systém,
- proudí-li mezi rozhraním místností tepelný tok, pak mezi místnostmi existují tepelné vazby.

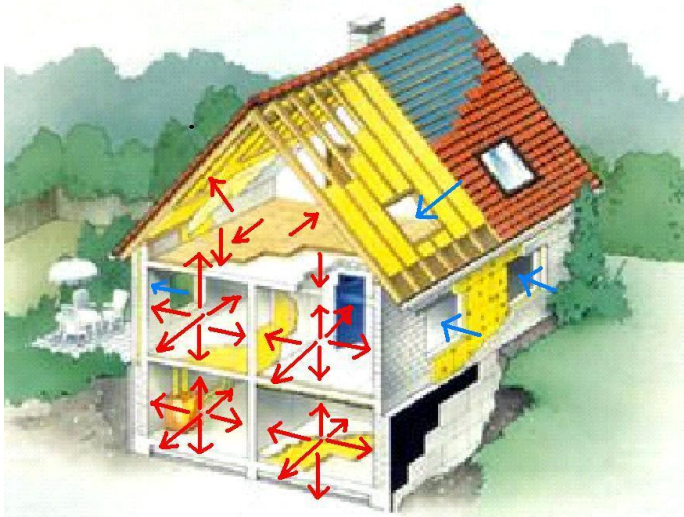
Rozhraním je myšlena oblast, která je charakterizována tím, že platí ekvivalence tepelného toku proudícího z místnosti k této oblasti a tepelného toku proudícího ve směru od této oblasti do místnosti sousedící. V tomto případě platí vztah  $(Q)^{M_i \rightarrow r} = (Q)^{r \rightarrow M_j}$ .

Označíme-li tepelný tok proudící ve směru od místnosti  $M_i$  k rozhraní jako vektor výstupu  $\mathbf{y}^i$  místnosti  $M^i$  a tepelný tok proudící ve směru od rozhraní do místností  $M_j$  vektorem vstupu  $\mathbf{x}^j$ , pak může vektor výstupu  $\mathbf{y}^i$  obsahovat  $n$  složek, tj.  $\mathbf{y}^i = [y_1^i, y_2^i, \dots, y_n^i]^T$  a vektor vstupu  $\mathbf{x}^j$  může obsahovat zase  $m$  složek, tj.  $\mathbf{x}^j = [x_1^j, x_2^j, \dots, x_m^j]^T$ . Tepelný tok většinou zahrnuje různé způsoby šíření tepla (vedení, proudění, sálání atd.).

Za předpokladu, že konkrétní budova obsahuje  $n$  místností  $M^1, M^2, \dots, M^n$ , pak platí, že každá místnost má vektor vstupu  $\mathbf{x}$  a vektor výstupu  $\mathbf{y}$ . V objektu mohou být místnosti uspořádány různě, z čehož vyplývá, že také i příslušné tepelné vazby mohou být různě uspořádány. Pokud



budeme popisovat tepelné vazby, je možno uvažovaným postupem provést zápis libovolného plošného, tak i prostorového uspořádání jednotlivých místností. Soustavu tepelných vazeb označíme jako strukturu systému  $V$ .



Obr. 42: Zobrazení tepelných vazeb uvnitř a vně budovy [zdroj: autor]

- červené šipky – vnitřní prostředí budovy
- modré šipky – vnější prostředí budovy)

### Vnitřní a vnější okrajové podmínky

Pro doplnění vnitřních a vnějších teplotních podmínek je možno vycházet z prací HALAHYJA [38] . Pro formulaci velikosti slunečního záření v závislosti na čase můžeme zase vycházet z Kittlerových prací. Tepelný tok osluněním  $q_{osl}^j(\tau)$ , který je šířen otvorovou okenní výplní do  $j$ -té místnosti, je vyjádřen podle konkrétní geometrie otvorové výplně a tvaru ostění. Uvnitř místnosti se zohledňuje pohltivost vnitřních povrchů stěn  $S$ .

Teplota vnějšího vzduchu je popisována jako čtvrt hodinová teplotní data zjištěná z dlouhodobého meteorologického měření.

V rámci praktické výpočtové části byl podle výše uvedeného popisu a nastíněného algoritmu použit výpočtový program, jako vstupní data pro výpočet byly použity informace o posuzované budově, jednotlivých místnostech v budově, tepelně-technické parametry materiálů obvodových a vnitřních konstrukcí stěn, použitých otvorových výplní a další potřebné informace o proudění vzduchu. Použitím tohoto výpočtového programu je možno stanovovat teplotní průběhy vnitřního vzduchu v různých částech objektu, a to v jakémkoliv ročním období, ale také i nutný energetický výkon na udržení předem definované vnitřní teploty v každé konkrétní místnosti.

### 7.6.1 Obecný popis modelu budovy pro výpočty

Pro výpočet se bude uvažovat s modelem budovy, který se skládá z obecného počtu zón. Jednotlivé zóny jsou ohraničeny různým počtem povrchů stavebních konstrukcí - stěn. Dále se předpokládá, že model má alespoň jednu okrajovou podmínku, která je popsána daty podle zadání uživatele. Výpočtový program řeší vzájemné tepelné interakce jednotlivých zón podle uspořádání budovy a její orientace.

Vnitřní vzduch v místnosti je v celkovém popisu budovy zastoupen časově závislým parametrem. Předpokladem je, že se vzduch v místnosti plně promísí, a z tohoto důvodu není možno stanovit závěry týkající se rozvrstvení teplot v místnosti.

Vnější a vnitřní konstrukce mohou být sestaveny z jedné nebo více vrstev s předpokladem jejich homogenosti a skladby z jednoho druhu materiálu, který je charakterizován tepelně technickými vlastnostmi.

### 7.6.2 Tepelné zisky v budově

Při podrobnějších tepelných výpočtech jsou v budovách většinou uvažovány i další možné následující tepelné zisky:

- tepelné zisky získané pobytem osob v budově,
- tepelné zisky z různých spotřebičů,
- tepelné zisky z osvětlení,
- tepelná zátěž z topných a chladicích systémů.

Tepelné projevy v systému budovy jsou ovlivněny tepelnými zisky, také zahrnují nejen množství tepla předaného do vzduchu, ale také množství tepla, které je v průběhu tepelných jevů odvedeno či přivedeno dlouhovlnným zářením povrchy konstrukcí.

S ohledem na rozsah práce, která je zaměřena na vliv netěsnosti otvorových výplní, nebyly další tepelné zisky při výpočtu zohledněny.

### 7.6.3 Vliv slunečního záření

Část slunečního záření je při průchodu atmosférou rozptýlena a část odražena. Sluneční světlo dopadající na zemský povrch je složeno z přímé a difuzní složky. Přímé sluneční záření ze Slunce je charakteristické svou je směrovou orientací, přičemž difuzní složka záření nemá žádný definovaný směr.

Odražená složka slunečního záření zaujímá  $1 \div 2\%$  z celkového dopadajícího slunečního toku, při výpočtech se zanedbává.

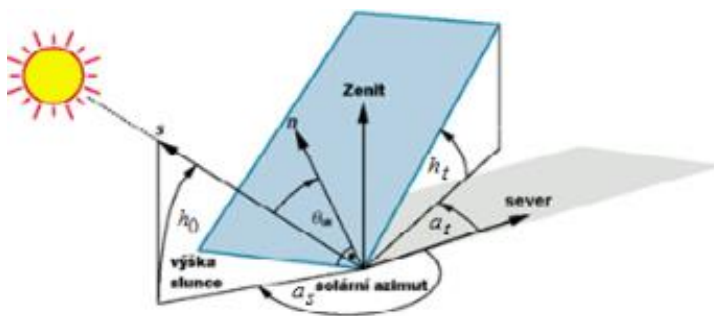
#### 7.6.4 Vliv interpolace polohy Slunce

Poloha Slunce v daném konkrétním okamžiku je označována jeho výškou nad horizontem  $h_0$  a slunečním azimutem  $A_s$ . Výška Slunce nad horizontem  $h_0$  popisuje svislý úhel mezi středem Slunce a vodorovnou rovinou pozorovatele. Sluneční azimut  $A_s$  je úhel mezi zeměpisným severem a kolmým průmětem jeho středu do vodorovné roviny pozorovatele. Poloha Slunce je ovlivňována solární deklinací, a to jako úhel mezi plochou, která prochází světovým rovníkem a rotační plochou Země kolem Slunce. Poloha Slunce je proto velmi významná pro výpočty solárních energetických zařízení.

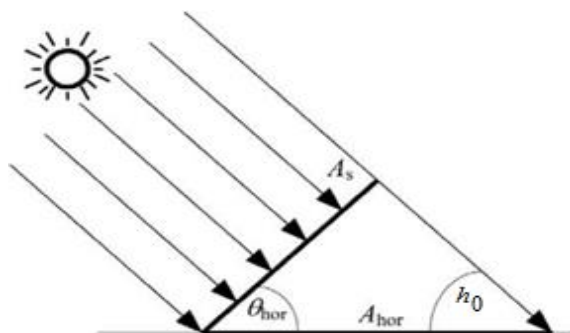
Oběžná dráha Země kolem Slunce není kruhová a během roku se mění délka dne. Pro výpočet polohy Slunce na obloze mohou být použity různé výpočty [26] [14] .

#### 7.6.5 Úhly dopadu slunečního záření

Úhly dopadu slunečního záření na obecně orientovanou rovinu jsou uvedeny na obrázku 43.



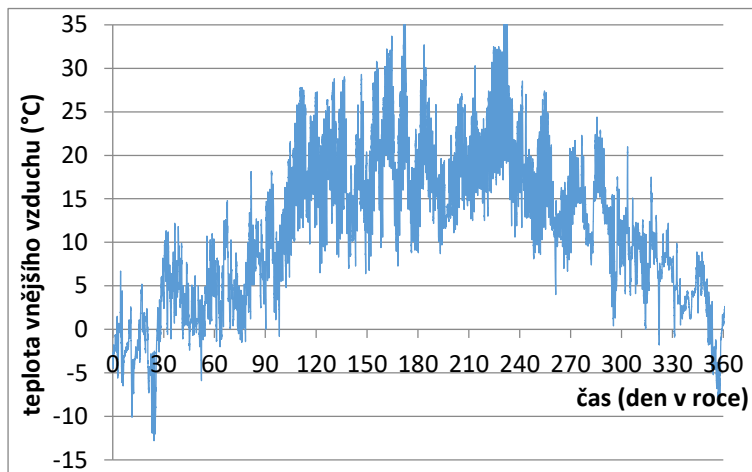
Obr. 43: Znázornění úhlů dopadajícího slunečního záření na nakloněnou rovinu [zdroj: autor]



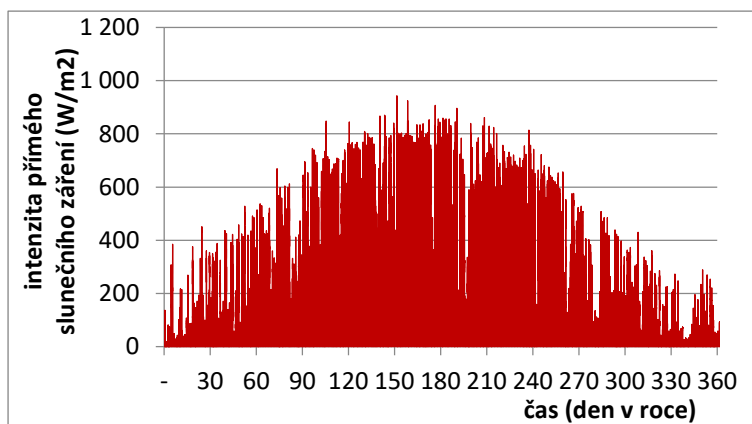
Obr. 44: Geometrie paprsků záření dopadající na plochu  $A_s$  orientovanou kolmo ke Slunci a na vodorovnou plochu  $A_{hor}$  [zdroj: autor]

### 7.6.6 Okrajové podmínky

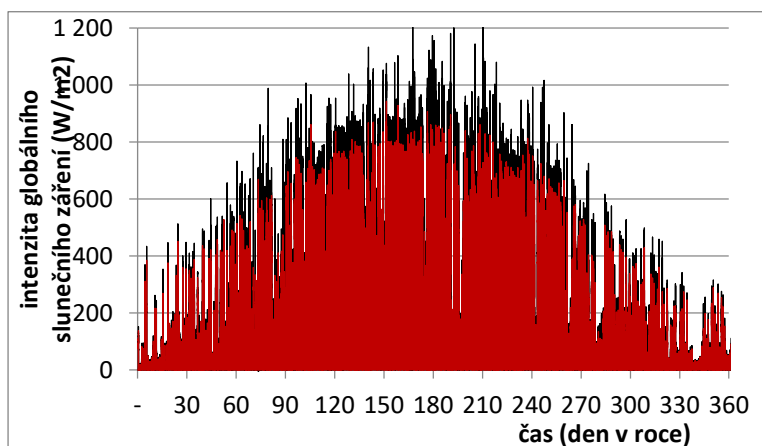
Na základě velké proměnlivosti a vlivu některých vstupních parametrů bylo pro účely tepelných výpočtů konkrétní budovy využito meteorologických dat z letiště Brno – Tuřany z období let 1992 do roku 2006. Tyto údaje byly pravidelně zaznamenávány ve čtvrt hodinových intervalech. Z těchto meteorologických dat byly pro účely tepelných výpočtů využita teplota vnějšího vzduchu  $\theta_e$ , relativní vlhkost vzduchu  $\varphi_e$  a intenzita slunečního záření.



a) Průběh vnější teploty vzduchu v průběhu roku



b) Průběh přímé složky globálního slunečního záření



c) Průběh globálního slunečního záření

Obr. 45: Schématické průběhy klimatických dat v roce (statisticky zpracováno podle meteorologických dat ze stanice Brno – Tuřany z let 1992 až 2006) [41] [43]

## **7.7 Výpočtový program *SIM\_Stabil***

Ve spolupráci se školitelem byl na základě výše uvedené analýzy využit výpočtový program *SIM\_Stabil* (sestavený v prostředí *Borland Delphi Pascal*), který umožňuje simulaci potřeby energií v budovách. Program byl zpracován na základě matematického modelu tepelného systému budovy a je možno v něm simulovat budovy s definovanými provozními podmínkami, které se liší v závislosti podle denní nebo roční doby. Tento výpočtový program je využitelný jako podpora při navrhování staveb, pro srovnání navrhovaných konstrukčních systémů a jejich alternativních změn ve vztahu ke spotřebě energií a tepelných vazeb ve vnitřním prostředí. Z pohledu analýzy je tento program také využitelný pro studie různých parametrů, jako například materiálový návrh stavby, vliv slunečního záření, vliv velikosti a orientace otvorových výplní ve vztahu k jejich fyzikálním a tepelným vlastnostem.

Výpočtový nástroj počítá nestacionární tepelné toky v rámci budovy, mezi budovou a jejím okolím podle nastaveného principu tepelného systému. Výpočet vnitřního prostředí vychází z vnitřní teploty vzduchu, povrchových teplot a míry výměny vzduchu v jednotlivých místnostech podle vložených klimatických dat.

Simulační program *SIM\_Stabil* je využitelný pro modelování nestacionárních tepelných toků a je možno jej také použít pro hodnocení konkrétního stavebního objektu s ohledem na roční spotřebu energie potřebné pro zajištění stanovené nebo požadované vnitřní teploty. V prostředí programu je možno také počítat s tepelnými ztrátami prostupem konstrukcemi obálky budovy, při působení vlivu oslunění, osvětlením, větráním apod. Program je možno využít jako srovnávací parametr při porovnání s reálnou spotřebou energie v objektu (nejsou zahrnuty některé vlastnosti, zejména vnitřní proudění vzduchu v místnostech, vliv sálavých tepelných toků mezi vnitřními povrchy, projev lokálních tepelných mostů způsobených vzájemným spojením stěn).

Výpočet se obvykle provádí po dobu alespoň jednoho roku nebo je možno ve výpočtu zadat také i víceletou simulaci a pro vyhodnocení využít výsledků z posledního roku výpočtu.

Výsledky simulačního výpočtu je možno zobrazit v grafické závislosti v průběhu celého roku (výsledky jsou generovány ve formátu dxf a umožňují grafickou editaci podle zadaných požadavků). Vyobrazení výsledků se provádí graficky dvěma průběhy - teplotním grafem se uvádí přehled o průběhu teploty vzduchu v konkrétních zadaných místnostech a průběhem spotřeby energie se uvádí požadavek na tepelný výkon na levé ose grafu a na pravé ose je zaznamenána spotřebovaná energie v průběhu výpočtového období.

## 7.8 Výpočty vlivu spárové průvzdušnosti

Výpočtový objekt tvoří dřevostavba, jejíž popis je uveden v příloze A. Struktura vstupního popisného datového souboru je uvedena v příloze B, která obsahuje všechny potřebné parametry o geometrickém uspořádání stavby a fyzikálních vlastnostech materiálů použitých k realizaci stavby pro výpočet programem *SIM\_Stabil*.

Pro zadání výpočtu byly zvoleny výpočtové hodnoty průvzdušnosti  $n_h$  běžně užívané u pasivních staveb, a to pro zimní období  $n_{h,z} \in \{0,3; 0,5; 0,8\} \text{ h}^{-1}$ , pro letní období  $n_{h,l} \in \{0,8; 1,2; 1,8\} \text{ h}^{-1}$ .

Grafické závislosti průběhu teploty v místnostech a spotřeby energie na vytápění jsou uvedeny na obrázku 46 pro  $n_{h,z} = 0,3 \text{ h}^{-1}$  a  $n_{h,l} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ , na obrázku 47 pro  $n_{h,z} = 0,5 \text{ h}^{-1}$  a  $n_{h,l} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ , obrázku 48 pro  $n_{h,z} = 0,8 \text{ h}^{-1}$  a  $n_{h,l} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ , pro změnu hodnoty  $n_{h,l}$  na obrázku 49 a 50 pro  $n_{h,z} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ ,  $n_{h,l} = 1,2 \text{ h}^{-1}$  a  $n_{h,l} = 1,8 \text{ h}^{-1}$ .

Zjištěné hodnoty průvzdušnosti zjištěné měřením metodou Blower door byly přepočteny pro jednotlivé místnosti podle skutečného průtoku vzduchu z hlediska spárové netěsnosti podle nastavení míry dotěsnění okna a objemu vnitřního vzduchu.

Přehled hodnot  $n_{h,z}$  je po přepočtu uveden v následující tabulce 15.

Tab. 15: Přehled hodnot  $n_{h,z}$  podle míry dotěsnění oken

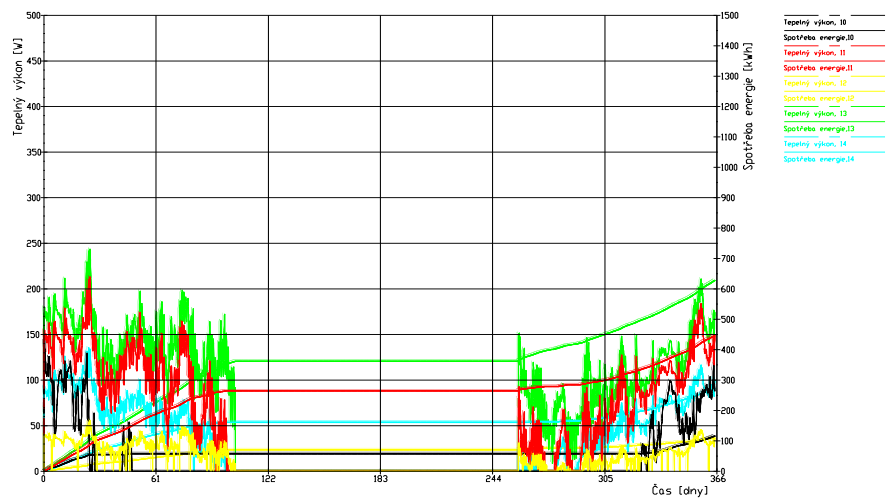
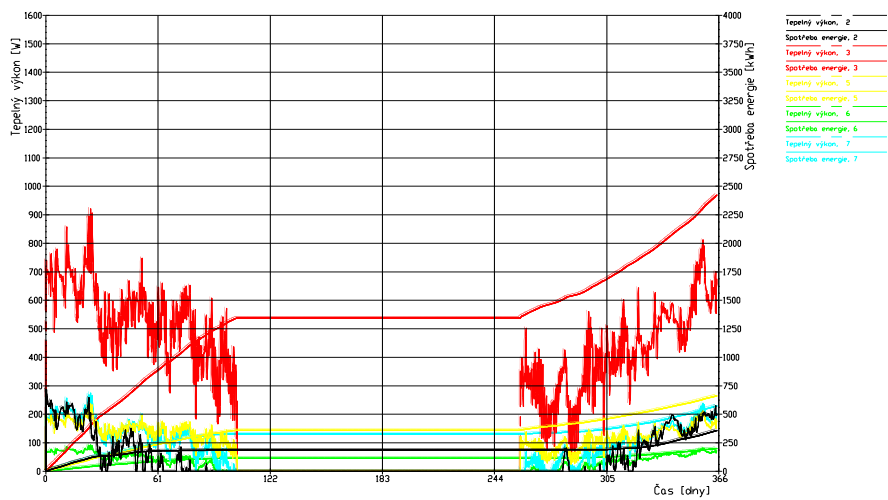
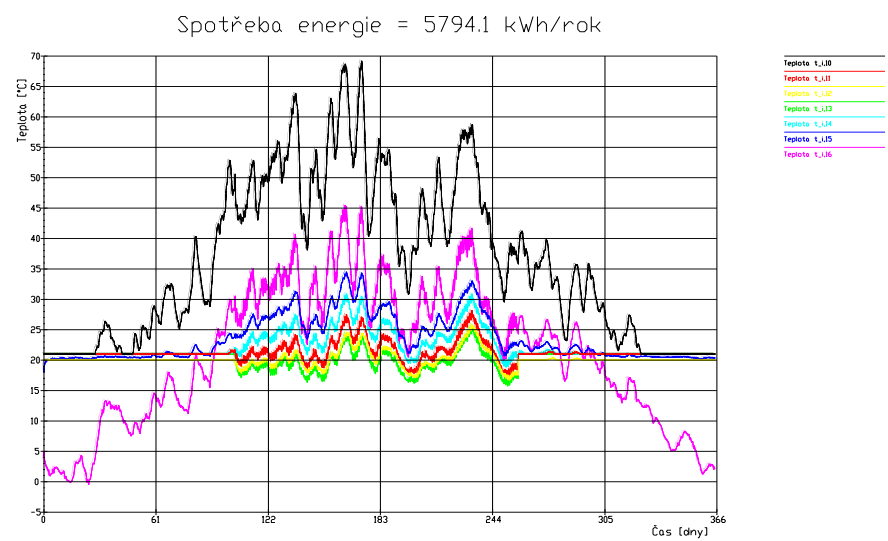
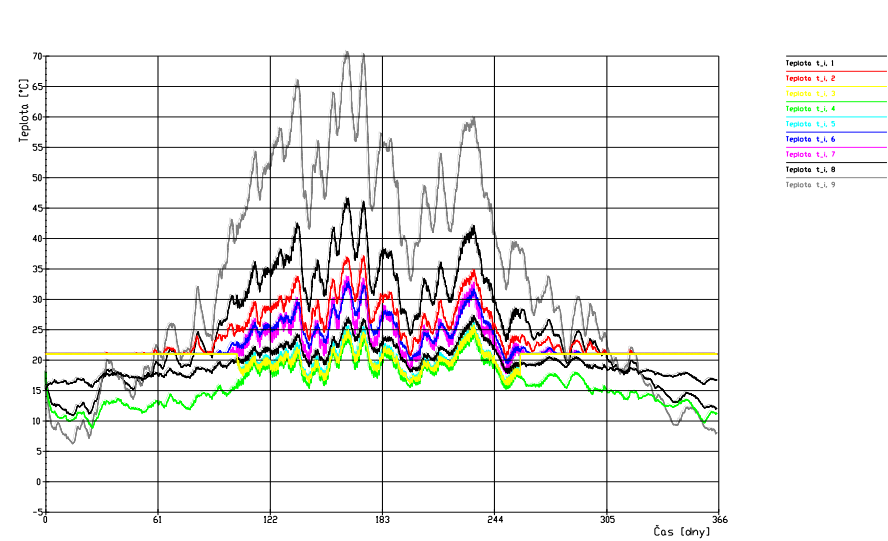
	$n_{h,z} (\text{h}^{-1})$ podle stupně dotažení kování oken			označení místnosti dle PD	vnitřní objem místnosti ( $\text{m}^3$ )	označení okna/dveře	délka okenní / dveřní spáry (m)
	0%	50%	100%				
1-zadveří	1,49	1,37	1,33	1.01	17,6	D1	6
2-hala	0,28	0,26	0,25	1.02	45,7	O2	2,9
3-obyvací pokoj	0,98	0,90	0,87	1.03	109,7	O HS P	24,6
4-komora	2,39	2,20	2,12	1.04	5,5	O5	3
5-ložnice	0,69	0,63	0,61	1.05	36,8	O1	5,8
6-koupelna	0,99	0,91	0,88	1.06	13,3	O3	3
7-chodba	2,68	2,47	2,38	1.07	9,8	D1	6
8-kotelna	0,30	0,27	0,26	1.08	59,1	O4	4
9-TN	0,63	0,58	0,56		27,8	O4+D2	4
10-pokoj	0,51	0,47	0,46	2.02	46,1	O6	5,4
11-pokoj	0,48	0,44	0,42	2.03	49,5	O6	5,4
12-šatna	0,00	0,00	0,00	2.04	12,7		
13-ložnice	0,61	0,56	0,54	2.05	38,9	O6	5,4
14-koupelna	0,92	0,85	0,82	2.06	21,4	O7	4,5
15-WC	0,00	0,00	0,00	2.07	4,2		
16-pudní prostor	0,00	0,00	0,00		42,5		

Jednotlivé hodnoty  $n_h$  přepočtené na 1 bm funkční dveřní nebo okenní spáry udávají průvzdušnost ve vztahu na její délku a jsou uvedeny v tabulce 16 vzhledem k nastavené míře stupně dotažení kování.

Tab. 16: Přehled hodnot průvzdušnosti okenní / dveřní spáry podle nastavení míry dotažení kování

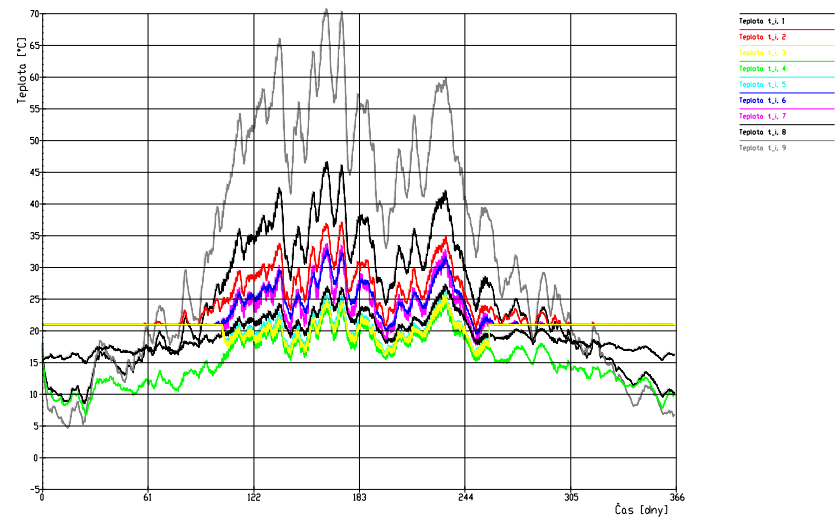
Míra dotažení kování okna	Průvzdušnost spáry (m <sup>3</sup> /hod na 1 bm spáry)
0%	4,382
50%	4,028
100%	3,887

Grafické závislosti průběhu teploty v místnostech a spotřeby energie na vytápění jsou uvedeny na obrázku 51 pro nastavení dotažení kování na 0% a při  $n_{h,1} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ , na obrázku 52 pro nastavení dotažení kování na 50% a při  $n_{h,1} = 0,8 \text{ h}^{-1}$  a na obrázku 53 pro nastavení dotažení kování na 100% a při  $n_{h,1} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ .

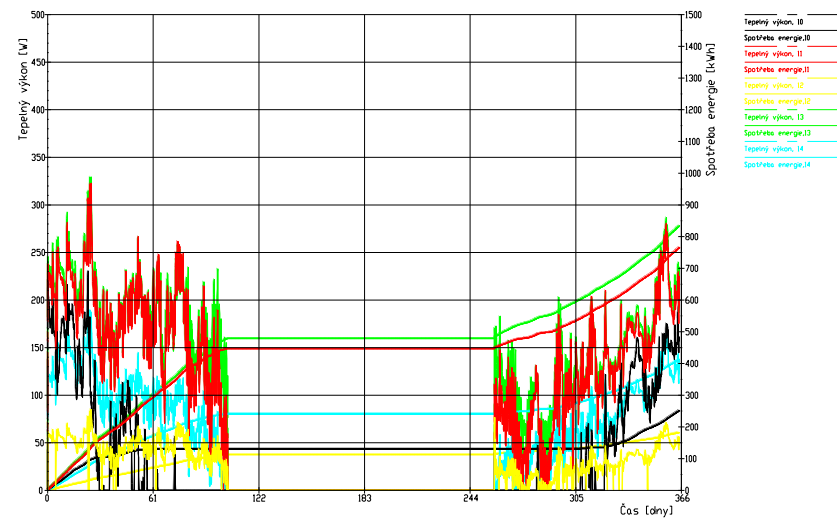
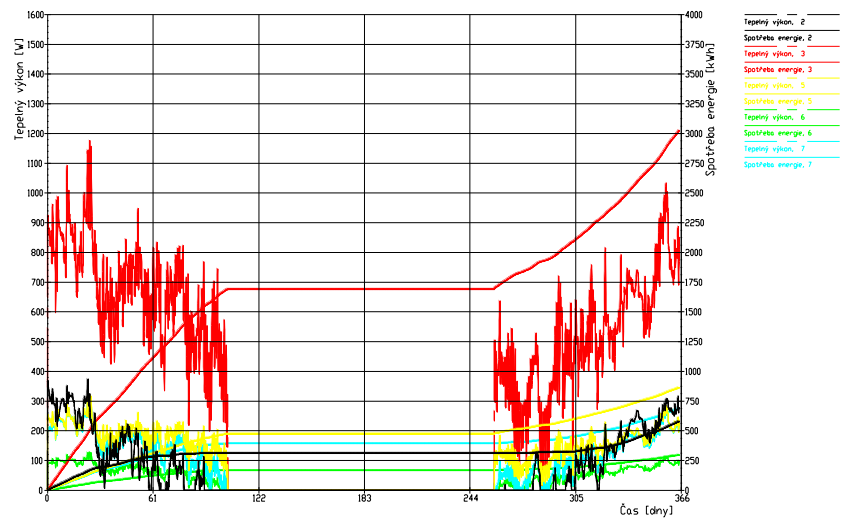
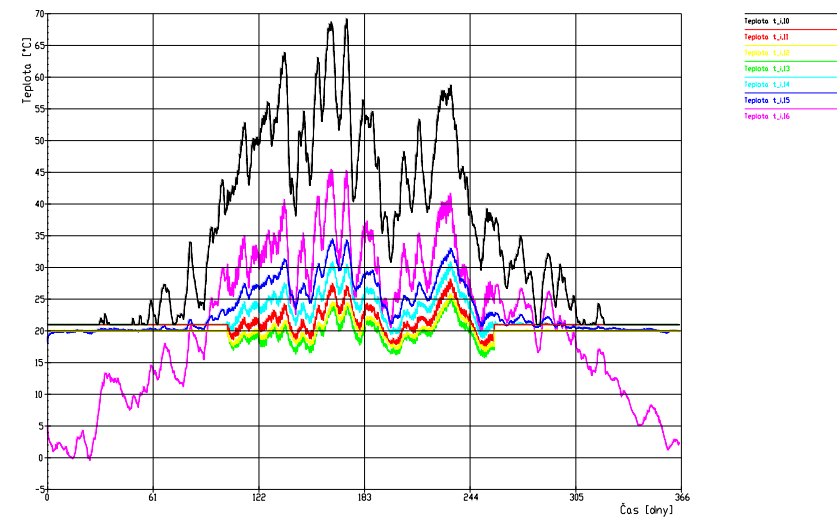


Obr. 46: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro  $n_{h,z} = 0,3 \text{ h}^{-1}$  a  $n_{h,l} = 0,8 \text{ h}^{-1}$

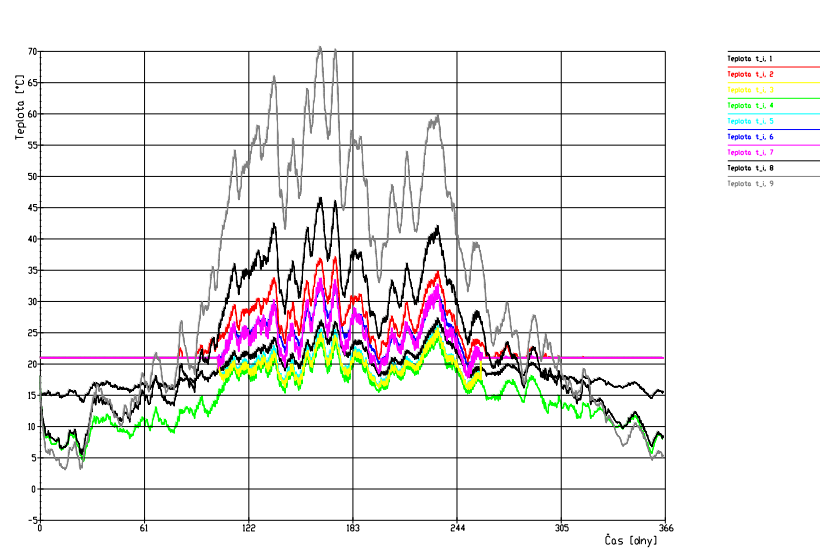




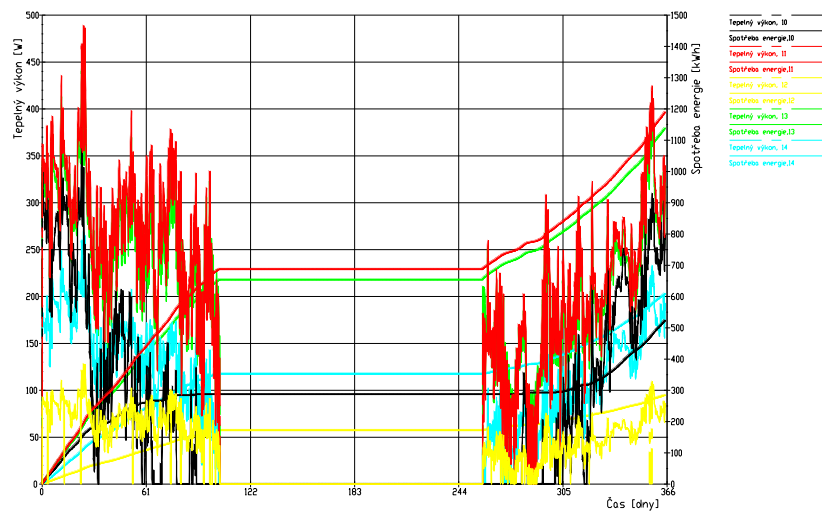
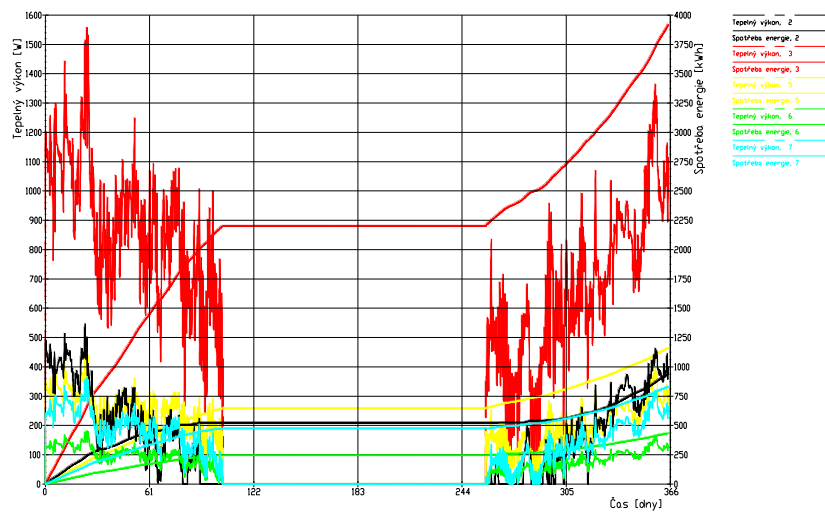
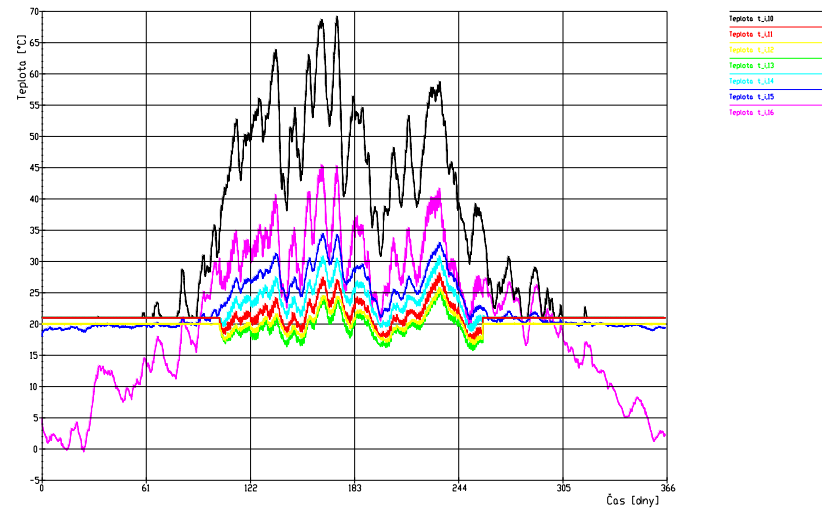
Spotřeba energie = 7902.7 kWh/rok



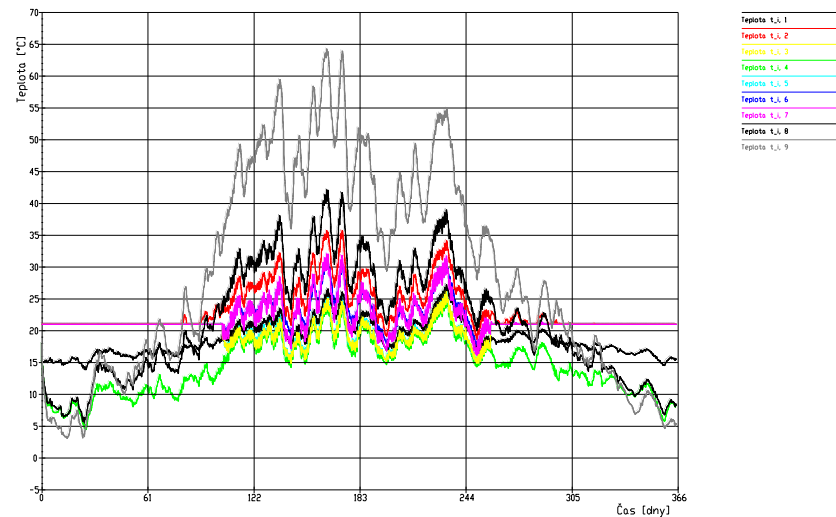
Obr. 47: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro  $n_{h,z} = 0,5 \text{ h}^{-1}$  a  $n_{h,l} = 0,8 \text{ h}^{-1}$



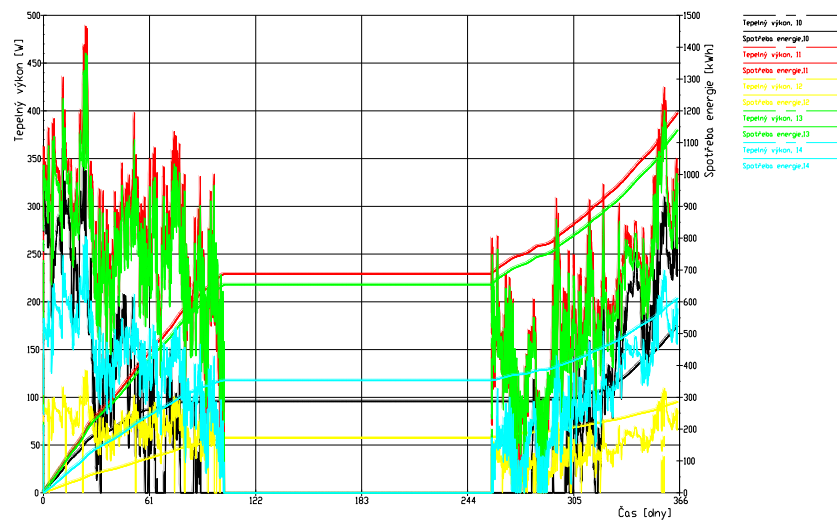
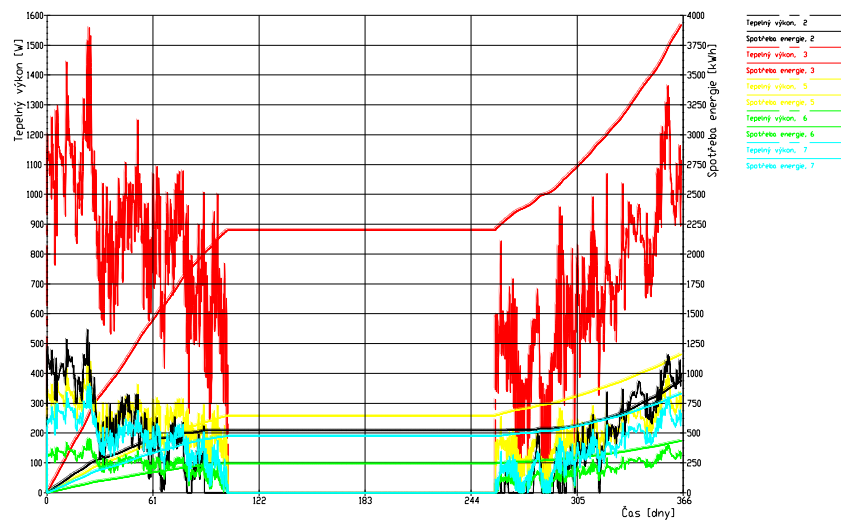
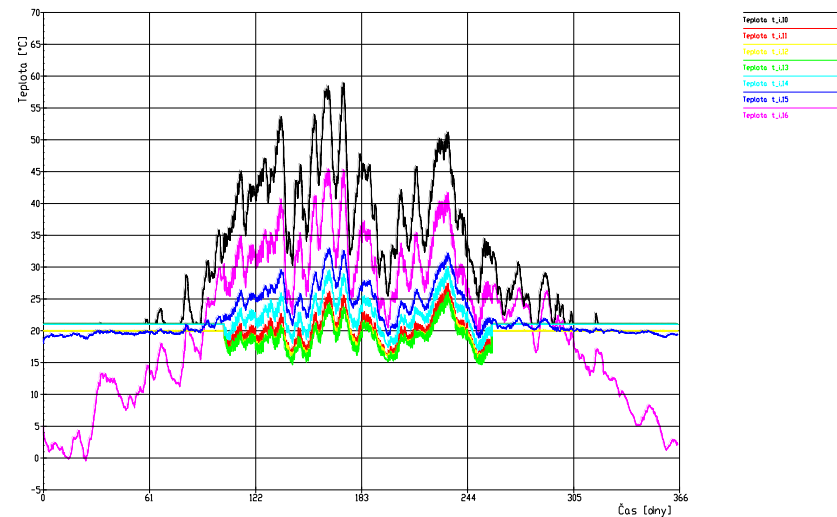
Spotřeba energie = 11027.8 kWh/rok



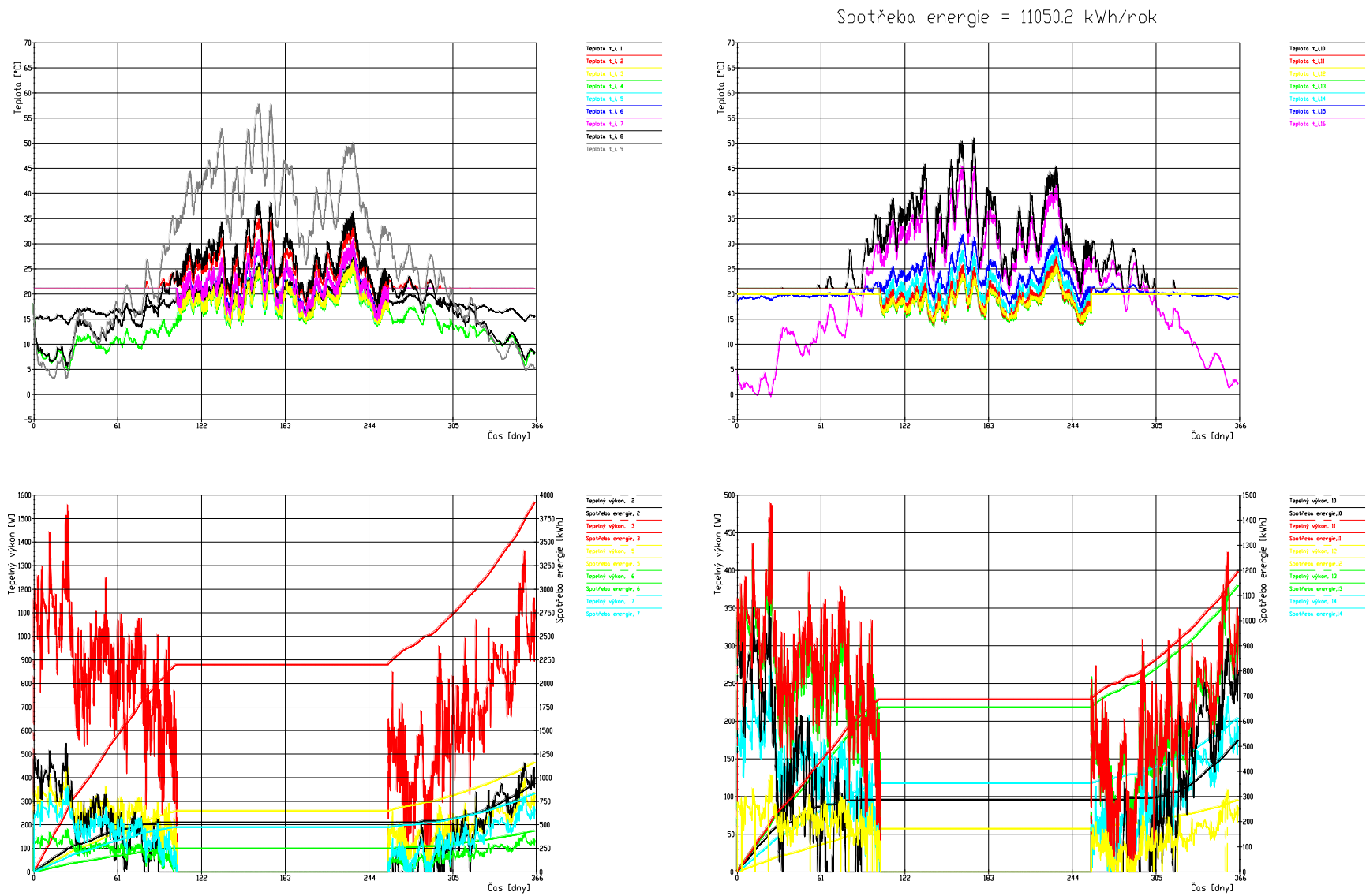
Obr. 48: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro  $n_{h,z} = 0,8 \text{ h}^{-1}$  a  $n_{h,l} = 0,8 \text{ h}^{-1}$



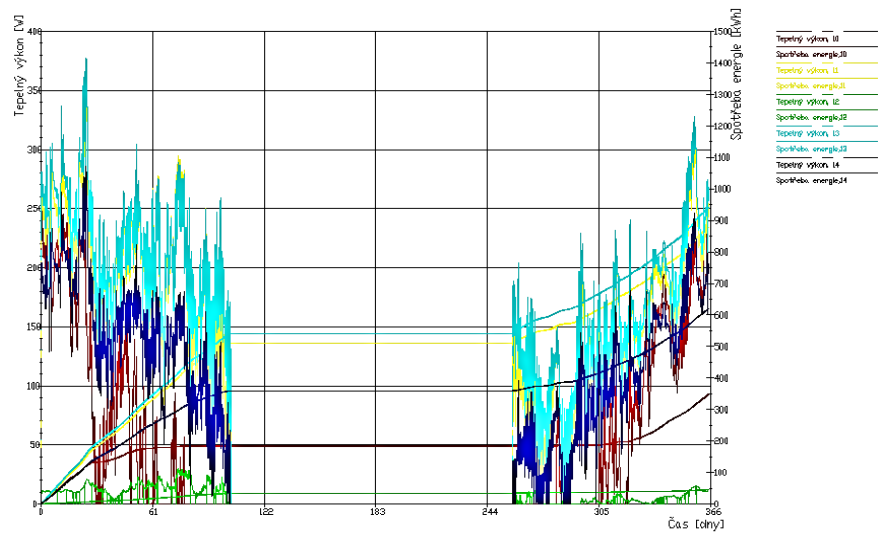
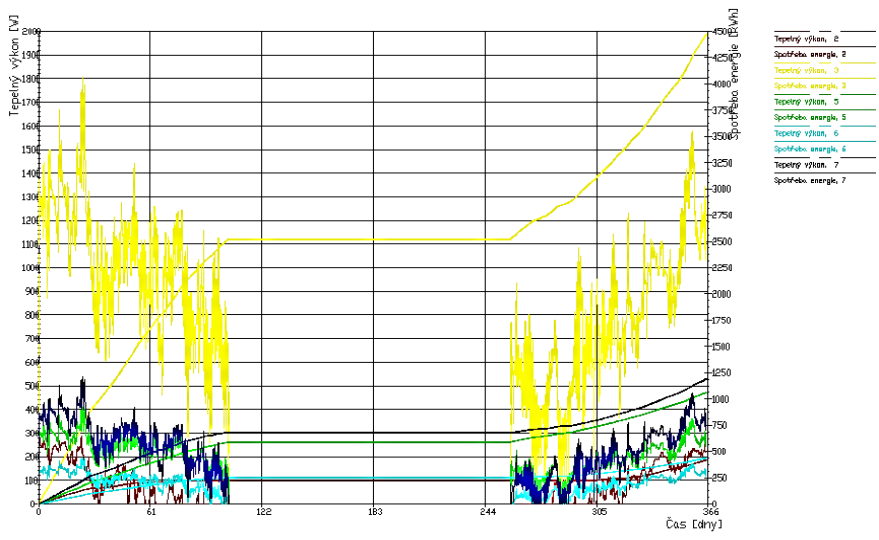
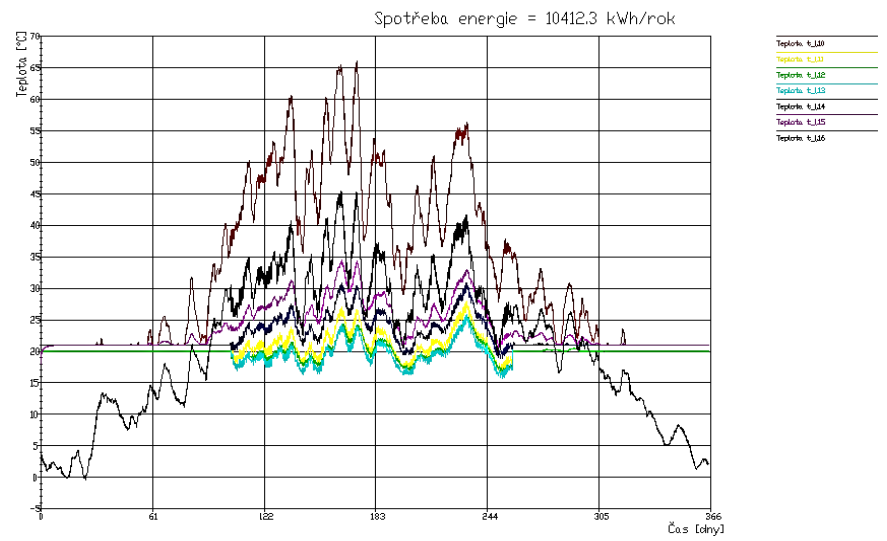
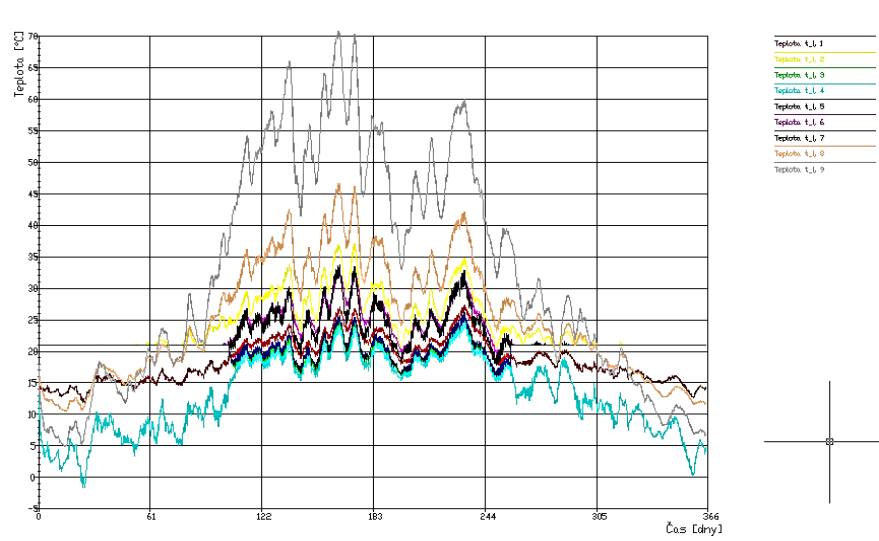
Spotřeba energie = 11041.5 kWh/rok



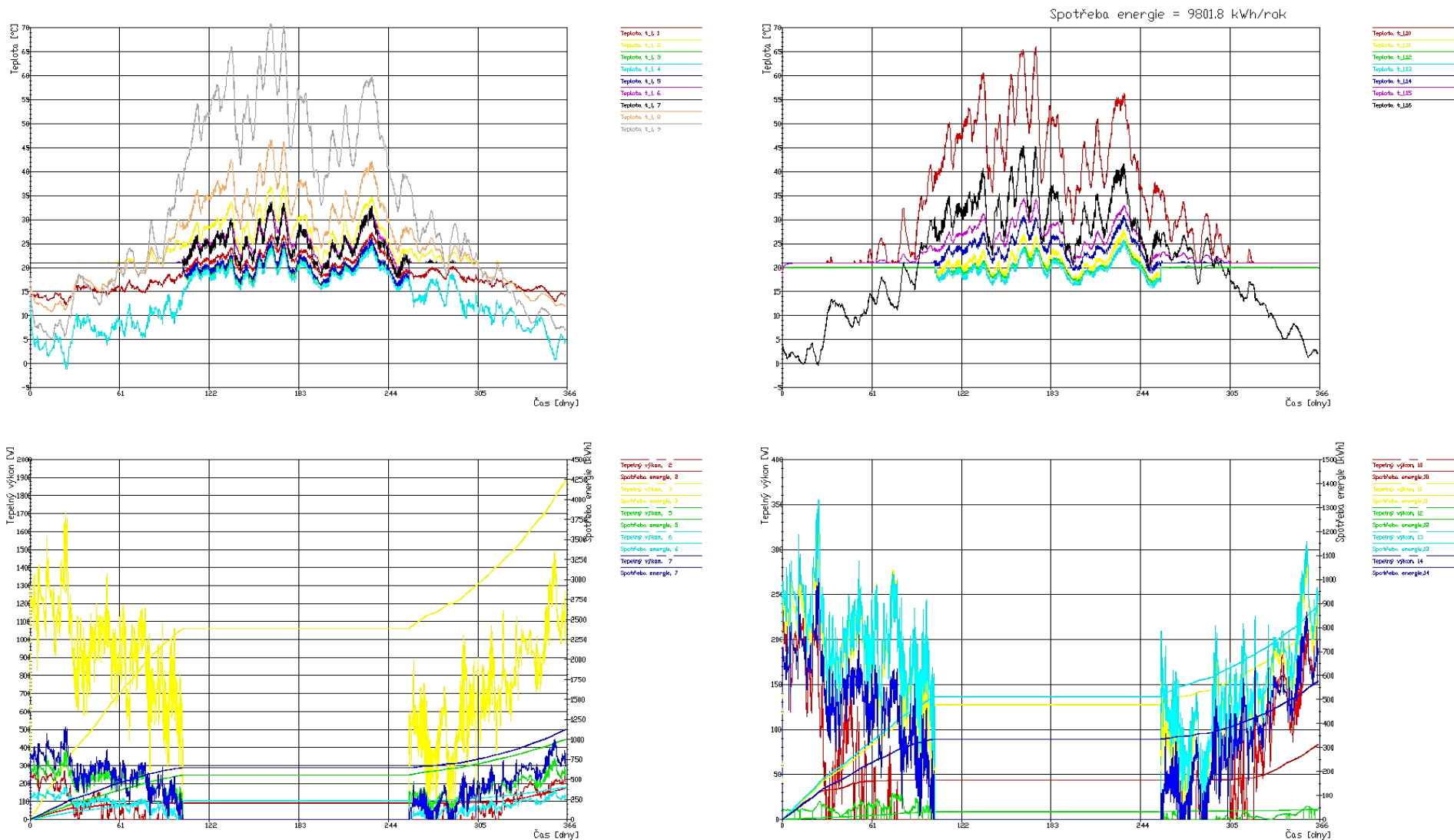
Obr. 49: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro  $n_{h,z} = 0,8 \text{ h}^{-1}$  a  $n_{h,l} = 1,2 \text{ h}^{-1}$



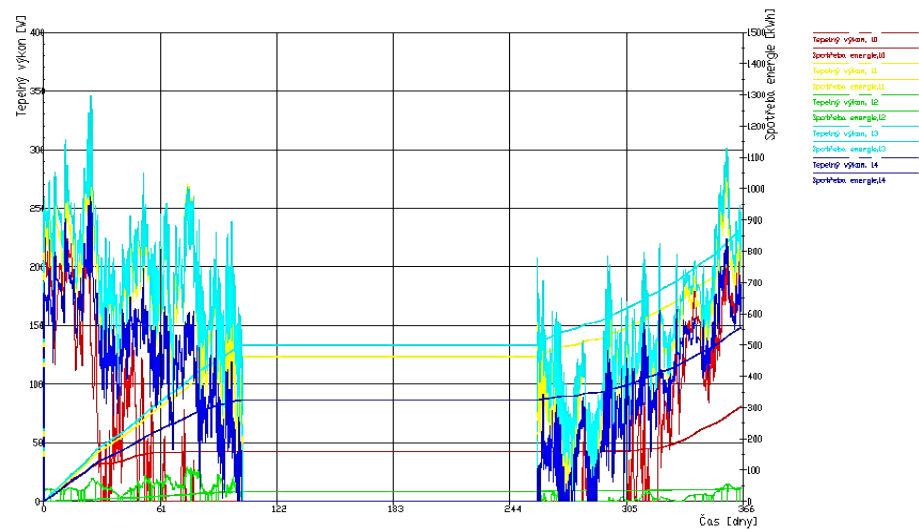
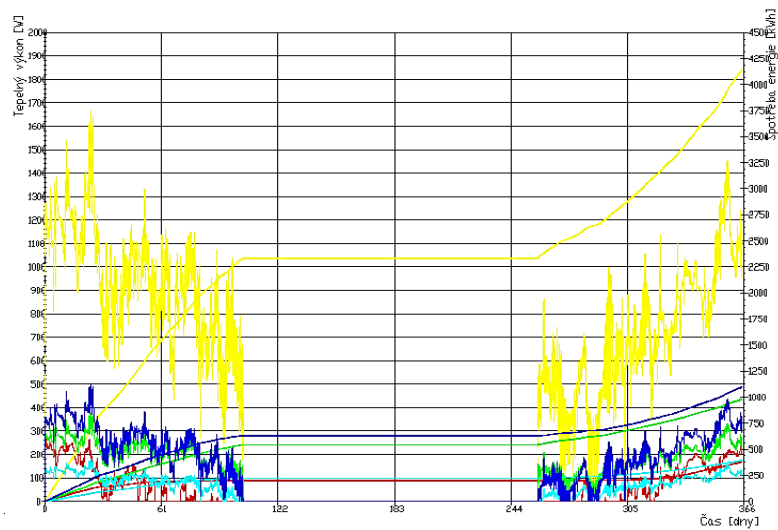
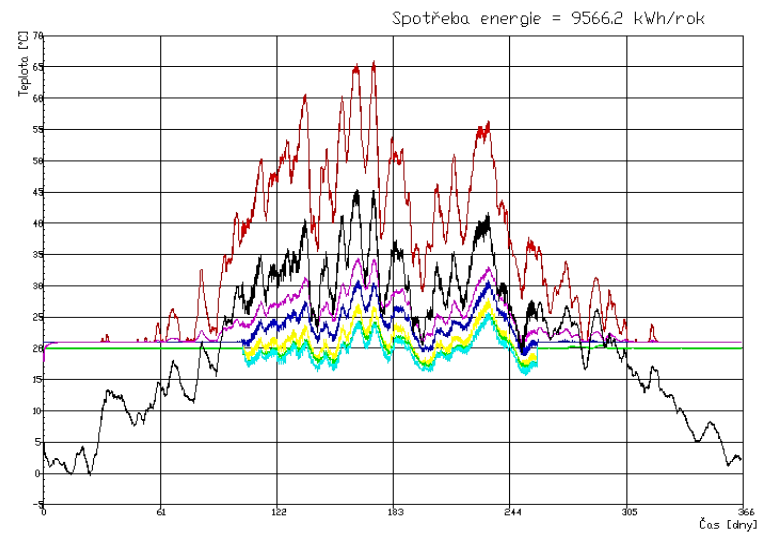
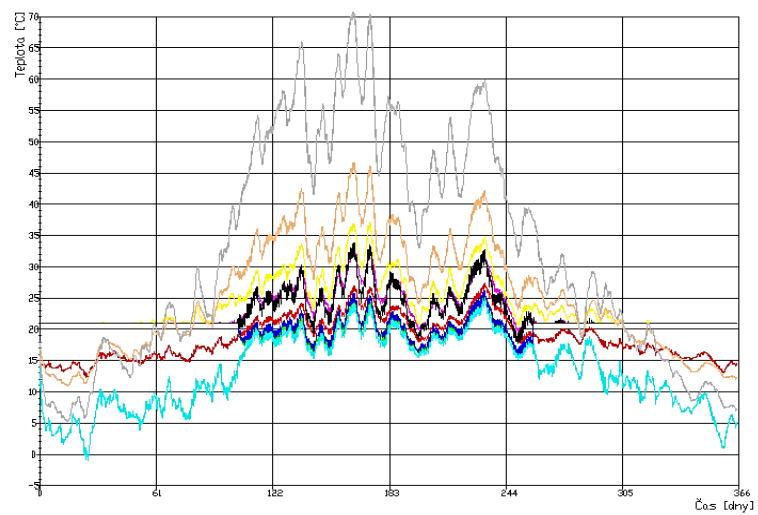
Obr. 50: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro  $n_{h,z} = 0,8 \text{ h}^{-1}$  a  $n_{h,l} = 1,8 \text{ h}^{-1}$



Obr. 51: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro nastavené dotažení kování na 0% a  $n_{h,1} = 0,8 \text{ h}^{-1}$



Obr. 52: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro nastavené dotažení kování na 50% a  $n_{h,1} = 0,8 \text{ h}^{-1}$



Obr. 53: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro nastavené dotažení kování na 100% a  $n_{h,1} = 0,8 \text{ h}^{-1}$

## 7.9 Poznátky z výpočtového modelování tepelné náročnosti budovy a nejvyššího denního vzestupu teploty v místnosti

Podle grafických závislostí jsou oba posuzované výpočtové parametry, a to spotřeba tepla na vytápění a nejvyšší teplota vzduchu v místnostech v letním období, závislé na míře výměny vzduchu  $n_{h,z}$  a  $n_{h,l}$ . Přehled výpočtových veličin je souhrnně uveden v tabulce 17.

Tab. 17: Přehled výpočtových parametrů programem *SIM\_Stabil* posuzované dřevostavby

$n_{h,z}$ (h <sup>-1</sup> )	$n_{h,l}$ (h <sup>-1</sup> )	spotřeba tepla (kWh/rok)	nejvyšší letní teplota (°C)
0,3	0,8	5794,1	71
0,5	0,8	7902,7	71
0,8	0,8	11027,8	71
0,8	1,2	11041,5	64
0,8	1,8	11050,2	57
0 %	0,8	10412,3	71
50 %	0,8	9801,8	71
100 %	0,8	9566,2	71

Pro zimní období použité výpočtové parametry  $n_{h,z}$  je patrné, že se zvyšující hodnotou výměny vzduchu v místnostech se zvyšuje výpočtová spotřeba tepelné energie na udržení zadaných vnitřních mikroklimatických podmínek v jednotlivých místnostech v domě. Právě míra výměny vzduchu v místnostech představuje velmi citlivý parametr ovlivňující spotřebu energie. Pro zachování hygienického požadavku vnitřního prostředí staveb se požaduje hodnota  $n_{h,z}$  v oblasti spodní přípustné hranice výměny vzduchu 0,3 h<sup>-1</sup>, která souvisí s požadavky pasivního stavitelství. U nízkoenergetických staveb bývá hodnota  $n_{h,z}$  vyšší, v rámci projektových návrhů se volí v okolí  $n_{h,z} \cong 0,5$  h<sup>-1</sup>.

Z hlediska letní tepelné ochrany budov se ukazuje, že pro dosažení přípustných hodnot nejvyššího denního vzestupu teploty v místnosti bude potřebné upravit míru výměny vzduchu na vyšší hodnotu. Extrémní tepelné zisky vycházející z oslunění místností orientované jižním a západním směrem bude potřebné eliminovat vhodným zastíněním oken například pergolou. V provedeném výpočtovém posouzení není využito předpokladu letního zastínění oken, proto výpočtově vnitřní teploty dosahují teplotní úrovně až okolo +70°C.

Z přehledu výpočtových hodnot uvedené v tabulce 17 je patrné, že skutečná míra dotažení kování rovněž ovlivňuje spotřebu tepla na vytápění. Z provedeného laboratorního měření vyplývá, že pro běžné hodnoty dotažení kování (50%) vychází spotřeba energie na vytápění úrovně, jež koresponduje s mírou výměny vzduchu v rozmezí  $n_{h,z} \in (0,5; 0,8)$  h<sup>-1</sup>.

V zimním období lze tedy běžným uživatelským nastavením celoobvodového kování za běžných podmínek dosáhnout v místnostech výměny vzduchu splňující obvyklé hodnoty.



## 8 Dosažené poznatky, přínos práce pro praxi

Práce se zaměřuje na problematiku celkové průvzdušnosti konkrétní dřevěné stavby ve vztahu k tepelné a energetické bilanci při použití dřevěných otvorových výplní s různým stupněm dotažení celoobvodového kování. Pozornost je věnována jak samotným otvorovým výplním z hlediska jejich průvzdušnosti, tak průvzdušnosti stavby a výměně vzduchu posuzované stavby v jednotlivých místnostech.

Výsledky laboratorní zkoušky průvzdušnosti vybraných typů okenních konstrukcí při definovaném stupni dotažení celoobvodového kování prokázaly, že stupeň dotažení kování může výrazným způsobem ovlivnit průvzdušnost celého okna, a tím i celkovou průvzdušnost obálky budovy. Změnou průvzdušnosti obálky tak dochází k různým výsledkům tepelné, resp. energetické bilance.

Měření průvzdušnosti konkrétního objektu prokázalo, že změnou nastavení kování z 50% na 0% došlo k mírnému zvýšení průvzdušnosti budovy. V případě, že by u této konkrétní stavby byla použita okna jiného typu, například jednoduchá plastová nebo méně těsná dřevěná okna, zvýšení průvzdušnosti celého objektu by bylo výrazně vyšší než při použití stávajících velmi těsných dřevěných oken.

S ohledem na skutečnost, že při zkouškách průvzdušnosti budov není předepsáno, jaký stupeň dotažení mají mít při zkoušce otvorové výplně, dá se předpokládat, že výsledné hodnoty průvzdušnosti a hodnoty výměny vzduchu  $n_h$  se mohou výrazně lišit podle konkrétně definovaného stupně dotažení kování a mohou tak v některých případech ovlivnit i výslednou klasifikaci měřené budovy.

Na základě těchto zjištění by bylo vhodné navrhnout doplnění zkušební normy o jednotné nastavení stupně dotažení kování tak, aby výsledné změřené hodnoty byly porovnatelné a bylo tak zajištěno, že budovy jsou reálně klasifikované do příslušné třídy a úrovně v návaznosti na změřenou hodnotu výměny vzduchu  $n_h$ .

Energetický stav konkrétního měřeného a posuzovaného objektu byl proveden pomocí simulačního programu na principu nestacionárního tepelného proudění budovou *SIM\_Stabil*. Přestože jsou v platné technické legislativě k dispozici závazné postupy pro stanovení energetické náročnosti budov a vyčíslení tepelných ztrát běžně užívaných budov, tyto postupy nebyly využity, protože využívají pouze zjednodušeného stacionárního předpokladu o tepelném šíření.

Výpočtový simulační program využívá k řešení Fourierovy rovnice Crank-Nicolsonovou metodu s maticovým řešením diskrétního časového kroku řešené úlohy v závislosti na

dlouhodobé sledování tepelných procesů. Simulační program umožňuje započítat tepelné účinky výměny vzduchu, vnitřní tepelné zdroje, nestacionární šíření tepla ve stavebních konstrukcích, účinky oslunění budovy podle časově závislé polohy Slunce na obloze. Roční spotřeba energie je stanovena s ohledem na reálný průběh zatížení objektu slunečním zářením se zahrnutím vlivu denní dráhy Slunce v průběhu celého roku.

Pro provedení výpočtových simulací tepelného chování konkrétního posuzovaného objektu byl program *SIM\_Stabil* použit pro zjištění spotřeby roční energie objektu v závislosti na nastavení dílčích parametrů průvzdušnosti v závislosti na stupni dotažení kování otvorových výplní a se zahrnutím vlivu oslunění. Výpočtem se prokázalo, že největší vliv na energetickou spotřebu objektu má změna intenzity výměny vnitřního vzduchu otvorovými výplněmi. Podle tohoto parametru se ukazuje, že intenzitu větrání konkrétního objektu je potřebné udržovat na různých úrovních v závislosti na ročním období.

S podporou výpočtového programu *SIM\_Stabil* lze v projektové fázi „vyladit“ konstrukční návrh obvodového pláště posuzovaného objektu, energetické důsledky při použití různých typů oken a dveří, rozložení účelu místností aj.

Při modelování tepelných toků je hodnotícím parametrem kvality návrhu stavebního objektu roční spotřeba energie potřebná pro krytí celkové tepelné ztráty prostupem všemi obálkovými konstrukcemi hodnocené stavby, a to při respektování proměnných podmínek okolního prostředí v průběhu roku. Konkrétně se jedná o nalezení takového návrhu vybraných výplňových konstrukcí hodnoceného objektu, aby bylo dosaženo nízké předpokládané spotřeby energie při zohlednění dosud platných návrhových normových požadavků.

Geometrická charakteristika objektu se popisuje podle technických normativů pomocí poměru  $A/V$ , tedy povrchu plochy obálky objektu a vnitřního obestavěného prostoru. Ověřovací výpočty byly prováděny pro dřevostavbu s konkrétními okenními konstrukcemi, kde rozdělení prostoru bylo uvedeno co nejbližší reálným poměrům.

Disertační práce má svým zaměřením podpořit současné trendy ve stavebnictví, a to především snahou o ekologický přístup k životnímu prostředí a nastíněním dalších možných způsobů šetření energiemi při využití zjištěných poznatků pro optimální návrh uspořádání staveb. Jde rovněž o zajištění dlouhodobé funkční spolehlivosti samotného objektu i vnitřního zařízení.

Je zřejmé, že problematika energetické náročnosti stavebních objektů je zvláště citlivým společenským tématem.

## 9 Závěr

Cílem této práce je navázat na současnou úroveň poznatků o hodnocení energetické náročnosti stavebních objektů vzhledem k vlastnostem použitých výplňových konstrukcí oken a dveří, zejména jejich průvzdušnosti, se zaměřením na bytové objekty s požadovanou vnitřní teplotou udržovanou v zimním období na konstantní teplotě odpovídající podmínkám tepelné pohody vnitřního prostředí a v letním období hodnocené podle nejvyššího denního vzestupu teploty vzduchu v místnostech. Objekty rodinných domů jsou provozované celoročně, u nichž vnitřní klima je ovlivněno klimatickými podmínkami zimního a letního období.

Podle různých autorů se ukazuje, že platí závislost mezi hodnocením roku výstavby na hodnotu vzduchové průvzdušnosti  $n_h$ . Přestože výsledky prokazují jen nízký stupeň závislosti (bez vlivu na použitý konstrukční systém dřevostavby), poznatek se opírá o trend hodnot vzduchové průvzdušnosti v jednotlivých letech. V kategorii pasivních domů je trend mírně stoupající a největšího zlepšení hodnot vzduchové průvzdušnosti dosahují budovy s přirozeným větráním. Tento trend tak potvrzuje předpoklad zlepšování utěsnění celého domu.

Pozornost byla soustředěna na tepelné procesy v objektu vybrané dřevostavby, kde bylo provedeno rozsáhlé měření vzduchové průvzdušnosti metodikou podle ČSN EN ISO 9972 s použitím zařízení pro metodu Blower-door s různým nastavením stupně dotažení kování oken. Ukazuje se, že právě míra dotažení kování oken může sehrávat významnou roli pro velikost výměny vzduchu ve stavbě. Předmětem posouzení byla jednak výpočtová spotřeba tepla na vytápění v zimním období a také teplota nejvyššího denního vzestupu v místnosti při oslunění v letním období. V tomto případě jde sice o porovnání výsledků získaných výpočtovou simulací, které nemusí zcela korespondovat s reálnými výsledky z měření in situ, avšak v rámci těchto simulací se projeví trend změny sledovaných parametrů.

Podle zjištěných výsledků měření lze prokázat, že konkrétní úroveň výměny vzduchu v dané místnosti je závislá na použitém typu okna, jeho velikosti a stupni dotažení kování okna. I když se při běžných výpočtech posuzování energetické náročnosti budov využívá hodnoty výměny vzduchu  $n_h = 0,5 \text{ h}^{-1}$ , bylo zjištěno, že skutečná míra výměny vzduchu nabývá vyšší hodnoty a rovněž závisí na míře dotažení kování okna. Takto zjištěné skutečné hodnoty výměny vzduchu mohou navýšit úroveň předpokládané spotřeby tepla na vytápění oproti projektovým předpokladům.

V letním období se normativní požadavek na vnitřní klima v obytných místnostech opírá o zásady letní tepelné ochrany budov vzhledem k nejvyšší teplotě vzduchu v místnosti. Uvedený požadavek naopak implikuje potřebu vysoké míry výměny vzduchu tak, aby bylo

dosaženo přijatelného zvýšení teploty v místnosti. To může být zajištěno pouze dostatečnou výměnou vzduchu větráním otevřenými okny nebo odstíněním slunečních paprsků pronikajících okny do místnosti. Tento požadavek však nelze zajistit ani ovlivnit nastavením úrovně stupně dotažení kování okna.

V publikacích souvisejících s energetickou náročností budov a větráním v budovách nejsou konkrétní informace zcela běžně dostupné, neboť jde o skutečná zjištění stavu parametrů v budovách, které představují citlivé údaje, které správci či majitelé objektů nejsou obvykle ochotni zveřejnit. Je zřejmé, že jde o náklady, které se reálně projeví až ve výsledných fakturacích.

Objekty rodinných domů dokončené v posledním období obvykle nemají větší měrnou energetickou spotřebu než kterýkoliv jiný běžně vytápěný či klimatizovaný objekt. Z hlediska udržitelného trendu ve výstavbě objektů je potřebné se zabývat tímto parametrem, neboť na jediném objektu lze ovlivnit spotřebu energie v desítkách procent, a to jak úsporou tepla na vytápění, tak i množstvím emisí sledovaného CO<sub>2</sub>.

## 11 Seznam použité literatury

- [1] Polášek, M., Sláčík, P., Zapletal, M., Mitáček, P., Ajdarów, M.: *A7 – Navrhování výplní otvorů budov dle principů trvale udržitelné výstavby*. Projekt EdUR – Edukace udržitelného rozvoje CZ.1.07/3.2.04/02.0024. Národní stavební centrum s.r.o., Brno 2012, 80 s., ISBN: 978-80-87665-06-0 [Skripta v elektronické podobě]
- [2] Haupt, W., *Zur Simulation von auftriebsinduzierten Innenraumströmungen*, Dissertation Universität Kassel, 2001
- [3] Stríbrná, E. *Zelená kniha o PVC*. Dostupné na <http://www.mzp.cz> (cit. 06/2018)
- [4] Siskovic, S., *Auswahl und Bewertung geeigneter Innendämmsysteme im Bestand*, Diplomová práce Technische Universität Wien, Fakultät für Bauwesen, 2007
- [5] Fotoarchiv zkoušených vzorků. Zkušebna STV Zlín, 2019
- [6] ČSN EN 1026. Okna a dveře - Průvzdušnost - Zkušební metoda. UNMZ Praha 2017
- [7] ČSN EN 1027. Okna a dveře - Vodotěsnost - Zkušební metoda. UNMZ Praha 2017
- [8] ČSN EN 12211. Okna a dveře - Odolnost proti zatížení větrem - Zkušební metoda. UNMZ Praha 2017
- [9] ČSN 73 0540-2. Tepelná ochrana budov - Část 2: Požadavky. UNMZ Praha 2017
- [10] MENDELU, Fyzikální a mechanické vlastnosti. [Online] <http://wood.mendelu.cz>;
- [11] Székyová, Marta, Ferstl, Karol a Nový, Richard. *Větrání a klimatizace*: Jaga, 2006
- [12] Hudec, M. *Pasivní rodinný dům*. Praha, Grada Publishing 2008. 112 s. ISBN 978-80-247-2555-0
- [13] *Historie pasivních domů*. Slavona, 2010. [online]. [citace 20.4. 2016] Dostupné na <http://www.slavona.cz/pasivni-domy/historie-pasivnich-domu.html>
- [14] *Historie pasivních domů*. Zelené zprávy, [online]. Praha: 19. září 2010 [cit. 20.4. 2016]. Dostupné na <http://www.zelenezpravy.cz/historie-pasivnich-domu/>
- [15] *Z historie pasivních domů*. Centrum pasivního domu, [online]. Brno:27. leden 2013 [cit. 20.4.2016]. Dostupné z: <http://www.pasivnidomy.cz/z-historie-pasivnich-domu/t1083>
- [16] Počinková, M., Čuprová, D., at all. *Úspěšný dům*. Brno: ERAgroup, 2008. ISBN 978-80-7366-131-1
- [17] Tywoniak, J. at all. *Nízkoenergetické domy 2*. Praha: Grada Publishing, 2008. 204 s., ISBN 978-80-247-2061-6
- [18] Zídek, J., *Hodnocení průvzdušnosti pasivních dřevostaveb metodou blower-test*. Praha: 2013. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická

a dřevařská

- [19] Zahradníček, J., Horák, P. *Moderní dřevostavby*. Brno: Computer Press, 2011. 155 s. ISBN 978-80-251-3568-6
- [20] Co je pasivní dům? Centrum pasivního domu, [online]. Brno: [2016], [cit. 20.4.2016]. dostupné na <http://www.pasivnidomy.cz/co-je-pasivnidum/t2?chapterId=1634>
- [21] Hamplová, M. *Pasivní a nízkoenergetické budovy*. Plzeň, 2012. Diplomová práce. Západočeská Univerzita v Plzni, Fakulta elektrotechnická
- [22] Co je „nulový dům“? Nulové domy [online]. Praha: 2016 [cit. 21.4.2016]. Dostupné na <http://www.nulovedomy.org/co-jsou-nulovedomy/co-je-nulovy-dum.htm>
- [23] Tywoniak, J. *Nulové domy*. TZB-info, [online]. Seminář: Dřevostavby: 5. září 2011 [cit. 21.4.2016]. Dostupné na <http://stavba.tzbinfo.cz/smernice-2010-31-eu/7785-nulove-domy>
- [24] Kuhková, E. *Pasivní, aktivní, nulový dům*. HOME, [online]. Praha: 19. únor 2016 [cit. 21.4.2016]. Dostupné na <http://homebydleni.cz/dum/ned-a-pasivni-domy/pasivniaktivni-nulovy-dum-vite-co-presne-tyto-pojmy-znamenaji/>
- [25] Tywoniak, J. *Metodika hodnocení nízkoenergetických rodinných domů*. TZB-info, [online]. Praha: 22. září. 2008. [cit. 21. duben 2016]. Dostupné na <http://www.tzb-info.cz/5088-metodika-hodnoceninizkoenergetickych-rodinnych-domu>
- [26] Chybík, J. *Energeticky úsporné výstavby*. Brno: Cerm, 2012. ISBN 978-80-7204-813-7
- [27] Rosskhol, D. *Energeticky úsporné domy*. Olomouc: 2014. Bakalářská práce. Univerzita Palackého v Olomouci. Pedagogická fakulta
- [28] Hrubý, L. *Umístění, tvar a rozložení místností pasivního domu*. TZB-info, [online]. Brno 2016 [cit. 27.5.2016]. Dostupné na <http://stavba.tzb-info.cz/pasivni-domy/13877-umisteni-tvar-a-rozvrzenimistnosti-pasivniho-domu>
- [29] Shermann, M. H., Chan, W. R. *Building airtightness: research and practice*. [online]. Berkeley: Lawrence Berkeley National Laboratory, 2004. 46 s. Dostupné na <http://epb.lbl.gov/publications/pdf/lbnl-53356.pdf>
- [30] Novák, J; Paleček, S. *Měření vzduchotěsnosti budov v ČR – současnost a budoucí vývoj v evropském kontextu*. TZB-info, [online]. Praha: 9. 4. 2012. [cit. 11.7.2016]. Dostupné na <http://stavba.tzbinfo.cz/tepelne-izolace/7010-mereni-vzduchotesnosti-budov-v-crsoucasnost-a-budouci-vyvoj-v-evropskem-kontextu>
- [31] Balaras, A. C., Drutsa, K., Dascalaki, E.a Kontoyiannidis, S. *Heating energy consumption and resulting environmental impact of European apartment building*.

- Energy and Buildings. 2005, Vol, 37, Issue 5, s. 429–442
- [32] Hübner, H., Hermelink, A. *Passivhäuser für Mieter – Eine Chance für nachhaltiges Bauen und Wohnen*. [online]. GAIA - Ecological Perspectives for Science and Society. 2002, Vol. 11, No. 2, s.129-133(5). Dostupné na <http://docserver.ingentaconnect.com/deliver/connect/oekom/09405550/v11n2/s10.pdf?expires=1469396090&id=88238510&titleid=6690&accname=Guest+User&checksum=E202CBB9347F3F694F759526156B598E>
- [33] Schster, G. a Lipp, B. *Das ökologische Passivhaus*. Grundlagenstudie. Doonau-Universität. Krems, Zentrum für Bauen und Wohnen. [online]. Wien: 2001. Dostupné na [http://download.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht\\_schuster.pdf](http://download.nachhaltigwirtschaften.at/download/endbericht_schuster.pdf)
- [34] *Certification as „Quality Approved Passive House“*, Criteria for Residential-Use Passive Houses. Pasiv Haus Institut, [online]. Darmstadt: 2009 [cit. 15.7.2016] Dostupné na [http://www.passivhaus.org.uk/filelibrary/Passivhaus%20Standards/PH\\_Certification\\_Criteria\\_-\\_domestic.pdf](http://www.passivhaus.org.uk/filelibrary/Passivhaus%20Standards/PH_Certification_Criteria_-_domestic.pdf)
- [35] Kořínek, V. *Hodnocení průvzdušnosti nízkoenergetických dřevostaveb metodou blower-test*. Praha: 2013. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská
- [36] Vyhláška č. 148/2007 Sb., o energetické náročnosti budov, 2007
- [37] TNI 73 0329:2010 Zjednodušené výpočtové hodnocení a klasifikace obytných budov s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění – Rodinné domy, UNMZ Praha 2010
- [38] Halahyja, M., *Stavebná tepelná technika, akustika a osvetlenie*, Alfa 1985, ISBN 80-88905-04-4
- [39] Mrlík, F., *Vlhkostné problémy stavebných konštrukcií*, ALFA/SNTL 1984 7
- [40] Katalog Winkhaus – návod na údržbu a použití, Grodig Rakousko, 2011
- [41] Meteorologická data pořízená v síti měřicích stanic ČHMÚ Komořany, 2006
- [42] Řehánek, J., *Způsob stanovení spotřeby energie na vytápění budov při přerušovaném provozu*. Staveb. Čas. č. 3, VEDA, Bratislava 1981
- [43] Šťastník, S., *Tepelné toky ve vybraném objektu zemědělskopotravinářského komplexu*, Disertační práce Mendelova universita v Brně, 2017
- [44] ČSN EN ISO 9972:2017 – Tepelné chování budov - Stanovení průvzdušnosti budov - Tlaková metoda. UNMZ Praha 2017
- [45] ČSN EN 12114 Tepelné chování budov – Stanovení průvzdušnosti stavebních dílců a prvků – Laboratorní zkušební metoda. ČNI 2001

- [46] Vaverka, J., Chybík, J., Sedlák, R., *Energetické hodnocení budov a tepelná pohoda vnitřního prostředí*, VUT Brno 1992 72
- [47] ČSN EN ISO 832: 2000, Tepelné chování budov – Výpočet potřeby energie na vytápění – Obytné budovy, ČNI 2000
- [48] ČSN EN ISO 5167-2 Měření průtoku tekutin pomocí snímačů diferenčního tlaku vložených do zcela zaplněného potrubí kruhového průřezu – Část 2: Clony. ČNI 2003
- [49] Höptner, S., *Messungen zum Lüftungs- und wärmetechnischen Verhalten an Raumlüftungsgeräten und in Räumen*, Diplomarbeit Universität Siegen, Fachbereich Physik, 2001



## Seznam obrázků

Obr. 1: Časové schéma zkušební diagramu průvzdušnosti podle ČSN EN 1026 [6] .....	12
Obr. 2: Okno při zkoušení průvzdušnosti s použitím detekčního plynu [5] .....	12
Obr. 3: Zkušební diagram zkoušky vodotěsnosti podle ČSN EN 1027 [7] .....	13
Obr. 4: Okno zabudované do zkušební skříně při zkoušení vodotěsnosti [5] .....	13
Obr. 5: Zkušební diagram pro zkoušku odolnosti proti zatížení větrem podle ČSN EN 12 211 [8] .....	14
Obr. 6: Vzorek okna při zkoušení odolnosti proti zatížení větrem [5] .....	14
Obr. 7: Doporučená prostorová výměna vzduchu v místnostech podle tělesné produkce tepla a přípustné koncentrace CO <sub>2</sub> .....	18
Obr. 8: Doporučený stav vnitřního vzduchu ve vztahu k teplotě, absolutní a relativní vlhkosti vzduchu .....	19
Obr. 9: Rozdělení druhů výměny vzduchu v místnosti nebo v budově při volném a mechanickém větrání .....	21
Obr. 10: Znázornění tlakových poměrů ve vytápěné místnosti v zimě a související tlakové rozdíly a proudění vzduchu oknem .....	22
Obr. 11: Schéma rozdělení tlaků vyvolaných gravitací [11] .....	23
Obr. 12: Rozložení tlaků vzduchu v okenním otvoru vyvolaný gravitací [11] .....	24
Obr. 13: Znázornění různých systémů větrání bytů [15] .....	26
Obr. 14: Znázornění závislosti účinnosti zpětného získávání tepla na míře infiltrace [49] .....	27
Obr. 15: Znázornění doby provětrávání a zbývající doby zdržení v místnosti (bod P je náhodně zvolen) [49] ...	31
Obr. 16: Vyobrazení možností proudění vzduchu v místnosti [49] : .....	32
Obr. 17: Znázornění průtoku vzduchu místnosti při laminárním jednosměrném větrání [49] .....	33
Obr. 18: Porovnání spotřeby energie na provoz domu dřívější výstavby, po normové úpravě požadavků, ND a PD [26] .....	36
Obr. 19: Příklad ideálního umístění domu s účinným osluněním jižní fasády [28] .....	41
Obr. 20: Vyobrazení teplotního gradientu $\frac{d\theta}{dx}$ a tepelného toku $q$ [38] .....	45
Obr. 21: Zobrazení proudění vzduchu a teploty u povrchu tělesa v závislosti na ohřívání vzduchu [39] .....	45
Obr. 22: Schématické zobrazení dopadající sálavé energie na povrch tělesa [zdroj: autor] .....	48
Obr. 23: Schéma při sálání mezi dvěma obecně situovanými plochami. [38] .....	50
Obr. 24: Schéma výměny sáláním mezi plochou $S_1$ a rovnoběžnou plochou $S_2$ . [38] .....	50
Obr. 25: Schéma celoobvodového kování [40] .....	54
Obr. 26: Způsob nastavení přítlaku křídla na celoobvodovém kování [40] .....	54
Obr. 27: Řez dřevěným oknem jednoduchým, typ EURO IV-68 [zdroj autor] .....	56
Obr. 28: Řez dřevěným oknem jednoduchým, typ EURO IV-78 [zdroj autor] .....	58
Obr. 29: Řez plastovým oknem jednoduchým, typ GEALAN [zdroj autor] .....	60
Obr. 30: Řez plastovým oknem jednoduchým, typ DIMEX [zdroj autor] .....	62
Obr. 31: Řez plastovým oknem jednoduchým, typ DIMEX [zdroj autor] .....	64
Obr. 32: Uspořádání půdorysu v INP měřeného objektu .....	67
Obr. 33: Půdorys 2NP měřeného objektu .....	68
Obr. 34: Svislý řez dřevěným oknem, typ SOLID COMFORT SC92 .....	70
Obr. 35: Svislý řez dřevěnými vnějšími dveřmi, typ SC92 KLASIK [zdroj autor] .....	72

Obr. 36: Jihovýchodní a jihozápadní pohled na měřenou stavbu.....	81
Obr. 37: Severovýchodní a severozápadní pohled na měřenou stavbu .....	81
Obr. 38: Osazení měřicího zařízení (BLOWERDOOR) v měřené stavbě .....	81
Obr. 39: Nastavení polohy kování na přítlak 0% .....	82
Obr. 40: Neutrální nastavení polohy kování na přítlak 50% .....	82
Obr. 41: Nastavení polohy kování na přítlak 100% .....	82
Obr. 42: Zobrazení tepelných vazeb uvnitř a vně budovy [zdroj: autor] .....	94
Obr. 43: Znázornění úhlů dopadajícího slunečního záření na nakloněnou rovinu [zdroj: autor] .....	96
Obr. 44: Geometrie paprsků záření dopadající na plochu $A_s$ orientovanou kolmo ke Slunci a na vodorovnou plochu $A_{hor}$ [zdroj: autor].....	96
Obr. 45: Schématické průběhy klimatických dat v roce (statisticky zpracováno podle meteorologických dat ze stanice Brno – Tuřany z let 1992 až 2006) [41] [43].....	97
Obr. 46: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro $n_{h,z} = 0,3 \text{ h}^{-1}$ a $n_{h,1} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ .....	101
Obr. 47: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro $n_{h,z} = 0,5 \text{ h}^{-1}$ a $n_{h,1} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ .....	102
Obr. 48: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro $n_{h,z} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ a $n_{h,1} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ .....	103
Obr. 49: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro $n_{h,z} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ a $n_{h,1} = 1,2 \text{ h}^{-1}$ .....	104
Obr. 50: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro $n_{h,z} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ a $n_{h,1} = 1,8 \text{ h}^{-1}$ .....	105
Obr. 51: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro nastavené dotažení kování na 0% a $n_{h,1} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ .....	106
Obr. 52: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro nastavené dotažení kování na 50% a $n_{h,1} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ .....	107
Obr. 53: Průběh teploty vzduchu, potřebného tepelného výkonu a spotřeby energie v místnostech objektu dřevostavby pro nastavené dotažení kování na 100% a $n_{h,1} = 0,8 \text{ h}^{-1}$ .....	108

## Seznam tabulek

Tab. 1: Běžně vyráběné rozměry dřevěných okenních profilů a jejich součinitele prostupu tepla	9
Tab. 2: Vliv počtu komor na součinitel prostupu tepla	10
Tab. 3: Přehled hodnot součinitele tepelné vodivosti materiálů pro výrobu otvorových výplní [10]	15
Tab. 4: Přehled hodnot intenzit výměny vzduchu pro bytové místnosti	20
Tab. 5: Orientační hodnoty výměny vzduchu v místnosti $n_h$ podle nastavení okna [14] .	24
Tab. 6: Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ [37]	28
Tab. 7: Doporučené hodnoty celkové intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ a měrné spotřeby tepla [37]	29
Tab. 8: Přehled o potřebě energie na vytápění a energetických parametřů obvodového pláště stavby [27]	37
Tab. 9: Základní rozdělení budov podle energetické náročnosti [19] .	38
Tab. 10: Požadované hodnoty průměrného součinitele prostupu tepla pro budovy s převažující návrhovou teplotou 18°C až 22°C [9]	39
Tab. 11: Přehled doporučených hodnot intenzity výměny vzduchu $n_{50,N}$ [9] .	41
Tab. 12: Základní požadavky energeticky nulové budovy [9]	43
Tab. 13: Hodnoty součinitelů přestupu tepla $h$ podle [46] [47]	52
Tab. 14: Zjištěné hodnoty intenzity výměny vzduchu $n_{50}$ v měřené budově	92
Tab. 15: Přehled hodnot $n_{h,z}$ podle míry dotěsnění oken	99
Tab. 16: Přehled hodnot průvzdušnosti okenní / dveřní spáry podle nastavení míry dotažení kování	100
Tab. 17: Přehled výpočtových parametrů programem <i>SIM_Stabil</i> posuzované dřevostavby	109

## Přehled použitých zkratek, značení a symbolů

### Seznam použitých zkratek a symbolů

Symbol	Jednotka	Název / popis
ND		nízkoenergetický dům
PD		pasivní dům
OSB		deska z orientovaných plochých třísek (Oriented Strand Board)
$a$	[m <sup>2</sup> . s <sup>-1</sup> ]	součinitel teplotní vodivosti
$a_s$	[°]	azimut slunce
$d, d_j$	[m]	tloušťka stěny, tloušťka $j$ -té materiálové vrstvy
$\tau_{nom}$	[h]	nominální hodnota časové konstanty
$C$	[W. m <sup>-2</sup> . K <sup>-4</sup> ]	součinitel sálání reálného „šedého“ povrchu tělesa
$C_\varepsilon$	[W. m <sup>-2</sup> . K <sup>-4</sup> ]	součinitel sálání absolutně černého tělesa ( $C_\varepsilon \cong 5,67 \text{ W. m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ )
$c_{air}$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	tepelná kapacita vzduchu (za normálních podmínek)
$C_p^\pi$	[J.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrná tepelná kapacita vody $\pi=w$ , plynu $\pi=g$ a skeletu $\pi=s$
$h_i, h_e$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	součinitel přestupu tepla u vnitřního a vnějšího povrchu stěny
$h_0$	[°]	výška slunce nad obzorem
$h_k$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-1</sup> ]	součinitel přestupu tepla
$I_{dif,hor}$	[W.m <sup>-2</sup> ]	intenzita difuzního slunečního záření na horizontálním povrchu
$I_{dir,hor}$	[W.m <sup>-2</sup> ]	intenzita přímého slunečního záření na horizontálním povrchu
$I_{G,hor}$	[W.m <sup>-2</sup> ]	intenzita globálního slunečního záření na horizontálním povrchu
$k_f$	[-]	korekční faktor (pro vyjádření součinitele tepelné vodivosti)
$l$	[m]	charakteristický rozměr
$H_{ref}$	[h <sup>-1</sup> ]	celková intenzita výměny vzduchu při referenčním tlakovém rozdílu
$V_{ref}$	[m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	referenční objemový tok vzduchu
$V_{50}$	[m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> ]	objemový tok vzduchu při referenčním tlaku 50Pa
$n_{50}$	[h <sup>-1</sup> ]	intenzita výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa
$n_{50,N}$	[h <sup>-1</sup> ]	doporučená hodnota celkové intenzity výměny vzduchu při tlakovém rozdílu 50 Pa
$n_h$	[h <sup>-1</sup> ]	míra výměny vzduchu v místnosti
$n_{hz}$	[h <sup>-1</sup> ]	míra výměny vzduchu v místnosti v zimním období
$n_{hl}$	[h <sup>-1</sup> ]	míra výměny vzduchu v místnosti v letním období
$p_b$	[Pa]	barometrický tlak vzduchu
$p_n$	[Pa]	normální tlak vzduchu
$E_A$	[kWh/(m <sup>2</sup> .a)]	měrná potřeba tepla na vytápění
$\mu$	[-]	faktor difuzního odporu

$s_d$	[m]	ekvivalentní difuzní tloušťka
$\Delta t$	[K]	rozdíl teplot mezi interiérem a exteriérem
$h$	[m]	světla výška měřeného objektu
$V_{env}$	[m <sup>3</sup> /h]	objemový tok vzduchu procházející skrz plášť budovy
$C_{env}$	[m <sup>3</sup> /(h.Pa <sup>n</sup> )]	koeficient průtoku vzduchu
$N$		exponent průtoku vzduchu
$C_L$	[m <sup>3</sup> /(h.Pa <sup>n</sup> )]	koeficient unikajícího vzduchu
$q_{50}$	[m <sup>3</sup> /(h.m <sup>2</sup> )]	průvzdušnost při rozdílu tlaků 50 Pa
$q, q_j$	[W/m <sup>2</sup> ]	hustota tepelného toku stěnou, hustota tepelného toku $j$ -tou materiálovou vrstvou
$q_d$	[kg.m <sup>-2</sup> .s <sup>-1</sup> ]	hustota difuzního toku
$q_m$	[W.m <sup>-3</sup> .K <sup>-1</sup> ]	měrný tepelný zisk v mrazárně
$q_{ok}$	[W/m <sup>2</sup> ]	hustota tepelného toku proudící oknem (okenní rám a zasklení)
$q_k$	[W/m <sup>2</sup> ]	hustota tepelného toku proudící mezi okolním vzduchem a povrchem konstrukce
$q_{glob}$	[W/m <sup>2</sup> ]	intenzita globálního slunečního záření
$Q$	[J]	množství tepla
$Q_{celk}$	[W]	celkový tepelný zisk hodnoceného prostoru
$C_\varepsilon$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-4</sup> ]	součinitel sálání absolutně černého tělesa
$C$	[W.m <sup>-2</sup> .K <sup>-4</sup> ]	součinitel sálání skutečného tělesa
$R$	[m <sup>2</sup> .K.W <sup>-1</sup> ]	tepelný odpor konstrukce
$R_i, R_e$	[m <sup>2</sup> .K.W <sup>-1</sup> ]	přestupové tepelné odpory u vnitřního a vnějšího povrchu
$R_t$	[m <sup>2</sup> .K.W <sup>-1</sup> ]	tepelný odpor vlastního panelu ve vysušeném stavu
$R_T$	[m <sup>2</sup> .K.W <sup>-1</sup> ]	tepelný odpor při prostupu tepla stěnou
$s$	[W/(m.K)]	výběrová směrodatná odchylka série výsledků měření
$S, A$	[m <sup>2</sup> ]	plocha konstrukce
$T$	[K]	termodynamická teplota ( $T \cong 273,15 + \theta$ )
$T_n$	[K]	normální termodynamická teplota, $T_n = 273,15$ K
$T_{ok}$	[-]	činitel prostupu slunečního záření oknem
$U$	[W/m <sup>2</sup> .K]	součinitel prostupu tepla stěnou
$U_w$	[W/m <sup>2</sup> .K]	součinitel prostupu tepla oknem
$U_D$	[W/m <sup>2</sup> .K]	součinitel prostupu tepla dveřmi
$U_f$	[W/m <sup>2</sup> .K]	součinitel prostupu tepla rámu (okna, dveře)
$U_g$	[W/m <sup>2</sup> .K]	součinitel prostupu tepla zasklením
$R_w$	[dB]	vzduchová neprůzvučnost (laboratorní)
$R'_w$	[dB]	vzduchová neprůzvučnost (stavební)

$v$	[m.s <sup>-1</sup> ]	rychlost proudění (kapaliny, plynu, ...)
$v_a$	[m.s <sup>-1</sup> ]	rychlost proudění vzduchu
$V$	[m <sup>3</sup> ]	objem
$V_{celk}$	[m <sup>3</sup> ]	celkový objem
$x$	[m]	směr šíření (např. tepla), souřadnice vzdálenosti
$s$	-	vektor dopadajících paprsků od slunce
$n$	-	vektor normály nakloněné plochy
$\delta$	[s]	součinitel difuzní vodivosti pórovité látky
$\delta(\vartheta)$	[°]	solární deklinace
$\gamma$	[N.m <sup>-1</sup> ]	povrchové napětí
$\theta_{ilt}$	[°]	úhlu dopadu slunečních paprsků na obecně nakloněnou plochu
$\vartheta$	[°]	denní úhel
$\theta$	[°C]	Teplota
$\theta_a$	[°C]	teplota vzduchu
$\theta_e$	[°C]	teplota vnějšího prostředí
$\theta_j, \theta_k$	[°C]	teplota v určených místech konstrukce $j, k$
$\theta_i$	[°C]	teplota vnitřního prostředí
$\theta_s$	[°C]	teplota povrchu konstrukce
$\lambda, \lambda_j$	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	součinitel tepelné vodivosti materiálu, dtto $j$ -té materiálové vrstvy
$\lambda_{eq}$	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	ekvivalentní hodnota součinitel tepelné vodivosti
$\lambda_{eff}$	[W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> ]	efektivní hodnota součinitele tepelné vodivosti (multifázové médium)
$\varphi_a$	[%]	relativní vlhkost vzduchu v okolí
$\tau$	[s]	čas

*Pozn. V této práci jsou také použity další symboly fyzikálních veličin, které jsou uvedeny přímo v souvisejícím textu.*

## Příloha A

### Popis měřeného objektu dřevěné stavby

#### Základní údaje k měřené stavbě

Pro měření byl vybrán objekt dokončené stavby na bázi dřeva s osazenými dřevěnými otvorovými výplněmi typu EURO IV-92. Z projektové stavební dokumentace jsou níže uvedeny základní informace týkající se předmětného posuzovaného objektu.

#### Účel užívání stavby, základní kapacity funkčních jednotek

Stavba rodinného domu bude sloužit k bydlení. V domě vznikne jedna bytová jednotka s dispozicí 5+kk o podlažní ploše 193,3 m<sup>2</sup>. Předpokládaný počet obyvatel je 4 (max 6).

#### Celkové urbanistické a architektonické řešení

Jedná se o novostavbu samostatně stojícího rodinného domu ve stávajícím zastavěném území navazujícím na stávající rozvolněnou zástavbu vesnického charakteru. Dům je osazen na mírně svažitém pozemku, který je tak stavbou rozčleněn na dvě základní úrovně - pobytová zahrada na pozemku a příjezd k domu. Hlavní jihozápadní část zahrady bude vyrovnána a s následným pozvolným svahováním k navazujícímu pozemku. Dům je zastřešen sedlovou střechou s přesahy kdy střecha v jednotném sklonu přechází na vystupující část domu s kotelnou. Dům má všechny obytné místnosti orientovány na jih, východ a západ s výhledy na údolí obce. Převážná část zázemí domu je orientována do přízemí k severní fasádě domu. Zahrada vznikne vyrovnáním terénu a vytvoří vyrovnanou travnatou plochu, která bude svahována k navazujícímu pozemku.

Dům je navržen půdorysně, jako spojení dvou hranolů s rozdílnou velikostí kdy střecha přes obě hmoty probíhá v jedné rovině. Dům je zasazen do vyrovnaného terénu. Dům je rozčleněn kombinací kamenného soklu a dřevěného obkladu částí fasády, který tak kontrastuje s bílou omítkou hlavní části objektu.

#### Celkové provozní řešení

Dispoziční řešení: Dům je přízemní s obytným podkrovím bez podsklepení. Vstup do domu je řešen přes zádveří do centrální haly se schodištěm. Z haly je vstup do obývacího pokoje kuchyní na WC a do pokoje / pracovny. Na halu navazuje také zádveří zadního vstupu na zahradu odkud je přístupná kotelna a přímý výstup na zahradu. Kotelna je členěna na dvě části s kotlem a

akumulační nádobou teplé vody a část „čistou“ s technickým vybavením. V patře je po dvouramenném schodišti s podestou přístupná centrální chodba, odkud je vstup do tří pokojů, koupelny a samostatného WC. Pokoj v jihovýchodní části uvažovaný jako ložnice má samostatnou šatnu přístupnou přímo z pokoje. V patře je z chodby přístupný také podkrovní prostor nevytápěné půdy, odkud je komínovým výlezem umožněn přístup ke komínu. Takto navržený dům má dispozici 5+1.

### **Základní charakteristika objektu**

Navržená stavba je řešena jako dřevostavba běžnými stavebními technologiemi bez speciálních požadavků na provádění a potřebu mechanizace.

Stavba svým rozsahem, navrhovaným konstrukčním řešením a zatížením základové půdy nepřesahuje standardní požadavky na nosné konstrukce drobné stavby rodinného domu. Geotechnicky se jedná o jednoduchou stavbu s předpokladem jednoduchých základových poměrů, tzn. založení stavby lze posuzovat podle první geotechnické kategorie - návrhové únosnosti základové spáry. Předpokládá se minimální únosnost základové spáry 150 kPa. Při výstavbě bude tento předpoklad ověřen zodpovědným geologem a potvrzen zápisem do stavebního deníku. Technické řešení a navržené konstrukce stavby vyhovují na běžné využití pro rodinný dům.

### **Základy**

Založení objektu bude na základových pasech provedených do nezámrazné hloubky min. 900 mm pod upravený terén. Výška základového pasu bude min. 400 mm a šířka 550 mm s výztuží z kari sítě a následným provázáním s nadezdívkou ze zmonolitněného zdiva tvárnice ztraceného bednění s doplněním o betonářskou výztuž. Po provedení výkopových prací bude základová spára posouzena odpovědnou osobou případně geologem a výsledek zjištění bude zapsán do stavebního deníku a v případě zjištění jiných než uvažovaných podmínek bude provedeno přehodnocení a úprava založení objektu projektantem. Založení základových pasů musí být provedeno na rostlou zeminu. Po provedení svislých základových konstrukcí bude provedeno vyrovnaní terénu a provedení hutněných násypů šterku pod podkladní betony. Na vyrovnaný podklad bude provedena železobetonová nosná deska podkladního betonu vyztužena kari sítěmi s provázáním na betonářskou výztuž základových pasů a po obvodu bude provedeno posílení výztuže věncem z betonářské výztuže.



## **Hydroizolace**

Spodní stavba - na podkladní beton bude provedena hydroizolace z asfaltových pásů s nosnou vložkou odpovídající protiradonové izolaci pro středním radonový index (např. BITUELAST). Spodní voda se nepředpokládá a je navržena hydroizolace pouze proti zemní vlhkosti – 1 vrstva asfaltového pásu. Jako jedna vrstva hydroizolace nesmí být použit asfaltový pás s vložkou z Al plechu jako jediná vrstva hydroizolace! Pásky budou důsledně nalepeny na penetrovaný podklad dle předpisů použitého výrobce pásů. Použitá hydroizolace bude splňovat parametry dané radonovým průzkumem.

## **Drenáž a odvodnění**

Kolem objektu (základového zdiva) bude proveden systém drenáží. Základové pasy a svislé stěny budou mít po celém obvodu provedeno napojení svislé hydroizolace na hydroizolaci ležatou. Základy budou zatepleny XPS a provedeny s krytím nopovou fólií (systém GUTTABETA – fólie T20, případně jiným systémem s odpovídajícími vlastnostmi). Hydroizolace bude provedena z jedné vrstvy asfaltového pásu celoplošně nataveného. Přesah svislé hydroizolace bude až na základové konstrukce s přesahem na základy a svislé stěny min 250 mm asfaltového pásu. Fólie bude kotvena nad úroveň upraveného terénu a ukončena systémovou lištou umožňující odvětrání a zachování větrané mezery mezi hydroizolací a nopovou fólií. Odvod přebytečné vody je řešen systémem drenážních trub umístěných po celém obvodu objektu s umístěním drenážních trub 1x DN 150 mm minimálně 350 mm pod úroveň hrubé podlahy suterénu. Dno výkopu bude vyloženo geotextilií a drenážní trubky budou uloženy do štěrkového lože a obsypány s min tl. obsypu štěrku 150 mm kolem drenážních trub. Po provedení zásypu štěrkem bude provedeno uzavření vložené geotextilie, tak aby štěrkové lože plnilo drenážní funkci a nedocházelo k zanášení drenážních trub. V rozích a lomech vedení budou osazeny revizní šachty. Drenážní trubky budou zaústěny do vsakovacích jímek. Drenážní trubky budou od nejbližšího konce do vsakovacích jam spádovány v min. spádu 0,5% s ohledem na zaústění do horní části štěrkového lože. Dešťová voda z objektu je svedena do vsakovací jímký, do které je svedena také přečištěná voda z čističky odpadních vod. Vsakovací jímka průměru 1,5 m má hl. 2 m se dnem vysypaným štěrkovým ložem frakce 8/16 tl. 150 mm a vrstvou pro akumulaci vody štěrk frakce 32/64 v tl. 1 m. Vrstva štěrku pro akumulaci vody bude vyložena geotextilií a po vysypání štěrku bude štěrkové lože uzavřeno, aby nedocházelo k zanášení. Poměr části pozemku schopné vsakovat dešťovou vodu k celkové výměře pozemku je 0,94 (4.503. m<sup>2</sup> zeleně / 4.771 m<sup>2</sup> pozemku).

### **Svislé konstrukce**

Zdivo suterénu tvoří dřevěná sloupková konstrukce s jednostranným opláštěním OSB deskou a vloženou tepelnou izolací krytou z exteriérové strany izolační deskou z dřevovláknité hmoty.

Vnitřní příčky přízemí jsou navrženy jako dřevěná sloupková dřevěné konstrukce s oboustranným opláštěním OSB deskami. Příčky plní funkci nosné stěny a dřevěné konstrukce je posuzována jako celek! Případné změny je nutno zohlednit v prováděcí dokumentaci případně odsouhlasit statikem. Drobné přízdívky a příčky budou provedeny z přesných pórobetonových tvárnic - příčkovek Ytong v odpovídajících tloušťkách 7.5, 10 a 15 cm.

### **Vodorovné konstrukce**

Strop nad 1.NP je navržen jako dřevěný trámový s nosným prkenným záklopem a provázáním se svislou sloupkovou konstrukcí.

### **Podlahy**

Na vrstvu hydroizolace bude položena v celé ploše podlah izolace tepelná z EPS 100 S v tl. 160 mm s následným provedením roznášecí vrstvy z anhydritu (část s podlahovým topením část bez). Následně bude na betonovou mazaninu provedena skladba dle typu finální podlahy. Podlaha v kotelně bude provedena jako betonová mazanina s leštěným betonovým povrchem (drátkobeton). Po obvodu a od všech nosných k-cí budou podlahy dilatovány pruhem Miralon nebo min vaty v tl. min 10 mm. Podlahy v patře – na roznášecí prkenný záklop bude položena kročejové izolace v tl. min 25 mm s následně provedenou roznášecí vrstvou z anhydritu a provedeným podlahovým topením. Na vrstvu anhydritu bude provedena finální podlaha (PVC, ker. Dlažba atd. v koupelně bude vrstva doplněna o hydroizolační stěrku pod keramické obklady a dlažby.

### **Krov**

Krov je navržen jako dřevěný vázaný krov s vaznicemi a ztužujícími kleštinami. Mezi krokve bude vložena tepelná izolace s doplněním tepelné izolace také na rošt pod krokve a se záklopem ze SDK desek (Systém Rigips, příp. Knauf). Pod rošt SDK bude vložena parotěsná zábrana reflexní s důsledným přelepením spojů a veškeré elektroinstalace budou vedeny v prostoru mezi parotěsnou zábranou a SDK deskou na roštu. Případné prostupy budou důsledně utěsněny a přelepeny páskou.

## **Zastřešení**

Na krově je přes kontralatě tvořící provětrávanou mezeru uložena betonová skládaná střešní krytina černá TEGALIT. Pod kontralatěmi bude provedena celoplošně kontaktní difuzní fólie s překrytím a přelepením spár a bude provedena s rovinatostí zajišťující v celé ploše provětrávanou mezeru 50 mm. Pod okapem bude krytina doplněna o krycí přísavací mřížku stejně jako ukončení u větraného hřebene. Veškeré doplňky budou řešeny jako systémové s ohledem na zvolenou střešní krytinu. Střecha bude opatřena systémovými prvky pro zadržení sněhu a tyto budou v místě hlavního vstupu zhuštěny tak, aby bylo zabráněno sesuvu sněhu a došlo pouze jeho postupnému odtávání.

## **Komíny a vytápění**

Vytápění objektu je řešeno kotlem na tuhá paliva umístěným v kotelně v přízemí RD. Kotel bude mít vedeno odkouření do systémového komína s komorou pro externí přísávání vzduchu (např. Heluz, Schiedel) s vyústěním nad střechu objektu. Vybírací otvor komínu je umístěn v kotelně a přístup ke komínu je ze střechy komínovým výlezem na střechu. Přístup je řešen přes nevytápěnou půdu přístupnou sklápěcími schůdky z chodby 2.NP. Vytápění je navrženo s nízkoteplotním spádem jako kombinace podlahového vytápění a vytápění otopnými tělesy.

## **Omítky a obklady**

Vnitřní omítky na zděných konstrukcích budou vápenné, štukové hladké, plstí hlazené. Stěny v koupelnách budou obloženy keramickým obkladem. Obvodové stěny a vnitřní příčky budou provedeny ze sádrokartonových desek s malbou.

## **Podhledy**

V podkroví v patře bude proveden sádrokartonový podhled (systém Knauf, alt. Rigips).

## **Výplně otvorů**

Okna budou dřevěná z europrofilů se zasklením izolačním trojsklem s teplým distančním rámečkem a celkovým součinitelem prostupu tepla min. 1,1 W/m<sup>2</sup>K. Připojovací spáry oken a prosklených stěn budou těsněny těsnicí folií nebo páskou (interiérová strana parotěsná, exteriérová strana paropropustná) od spol. Illbuck Building Systeme. Vnitřní dveře a zárubně budou dřevěné, provedené jako bezfalcové. Prosklené dveře budou zaskleny izolačním dvojsklem pro větší hlukový a tepelný útlum. Vstupní dveře budou provedeny s vloženou tepelnou izolací. Vstupní dveře budou opatřeny bezpečnostním zámkem.

## **Nátěry**

Dřevěné prvky stavby budou opatřeny nátěrem proti dřevokaznému hmyzu a houbám. Pohledové prvky budou natírány bezbarvým přípravkem a následně napuštěny olejem. Případné barevné řešení je potřeba předem odsouhlasit s investorem a architektem.

## **Malby**

Vnitřní nové vápenné omítky budou opatřeny dvojnásobným vápenným pačokem. Malby budou provedeny přípravkem Primalex v odstínu bílá. Případná barevnost vnitřních maleb bude řešena v rámci projektu interiéru.

## **Truhlářské výrobky**

Jedná se zejména o veškeré dveře a zárubně, které jsou uvažovány jako dřevěné masivní. Jako dřevěná konstrukce jsou také navrženy vnitřní hlavní schody

## **Schodiště**

Vnitřní schodiště je navrženo jako dvouramenné s podestou. Konstrukčně je schodiště řešeno s hrubou nosnou konstrukcí s opláštěním SDK deskami a přiznanými dřevěnými masivními nášlapy. Finální povrchová úprava SDK desek bude s bílou malbou. Podstupnice budou ošetřeny omyvatelnou barvou.

## **Zámečnické prvky**

Budou provedeny z oceli s povrchovou úpravou žárovým zinkováním. Jedná se zejména o venkovní kotevní prvky sloupků a vstupní a pojezdovou bránu.

## **Klempířské prvky**

Jsou navrženy z poplastovaného plechu v odstínu antracit. U okenních výplní jsou nahrazeny typovými AL parapety v odstínu antracit – dodávka v rámci dodávky oken.

## **Vzduchotechnika**

Navrženo je k přímému větrání okny doplnění o řízené větrání s rekuperací. Rekuperační jednotka je navržena v technické místnosti (kotelně) s nasáváním pod přesahem střechy a s vyústěním odpadního vzduchu přes fasádu pod ukončením štítu. Jednotlivé rozvody VZT potrubí budou vedeny ve sníženém podhledu schodišťové haly v přízemí a chodby v podkroví.

## **Zpevněné plochy**

V rámci stavby budou vybudovány také zpevněné plochy pocházená a pojízdné. Zpevněné plochy jsou navrženy jako dlážděné betonovou dlažbou polopropustné s odvodněním do zatravněných částí pozemku. Kolem domu bude proveden dlážděný chodník š 50 cm, který je doplněn dřevěnou terasou při západní fasádě. Jako dlážděný bude řešen také přístup od branky ke vstupu do domu a příjezdová cesta, která bude pokračovat jako příjezd na pozemek podél východní fasády domu.

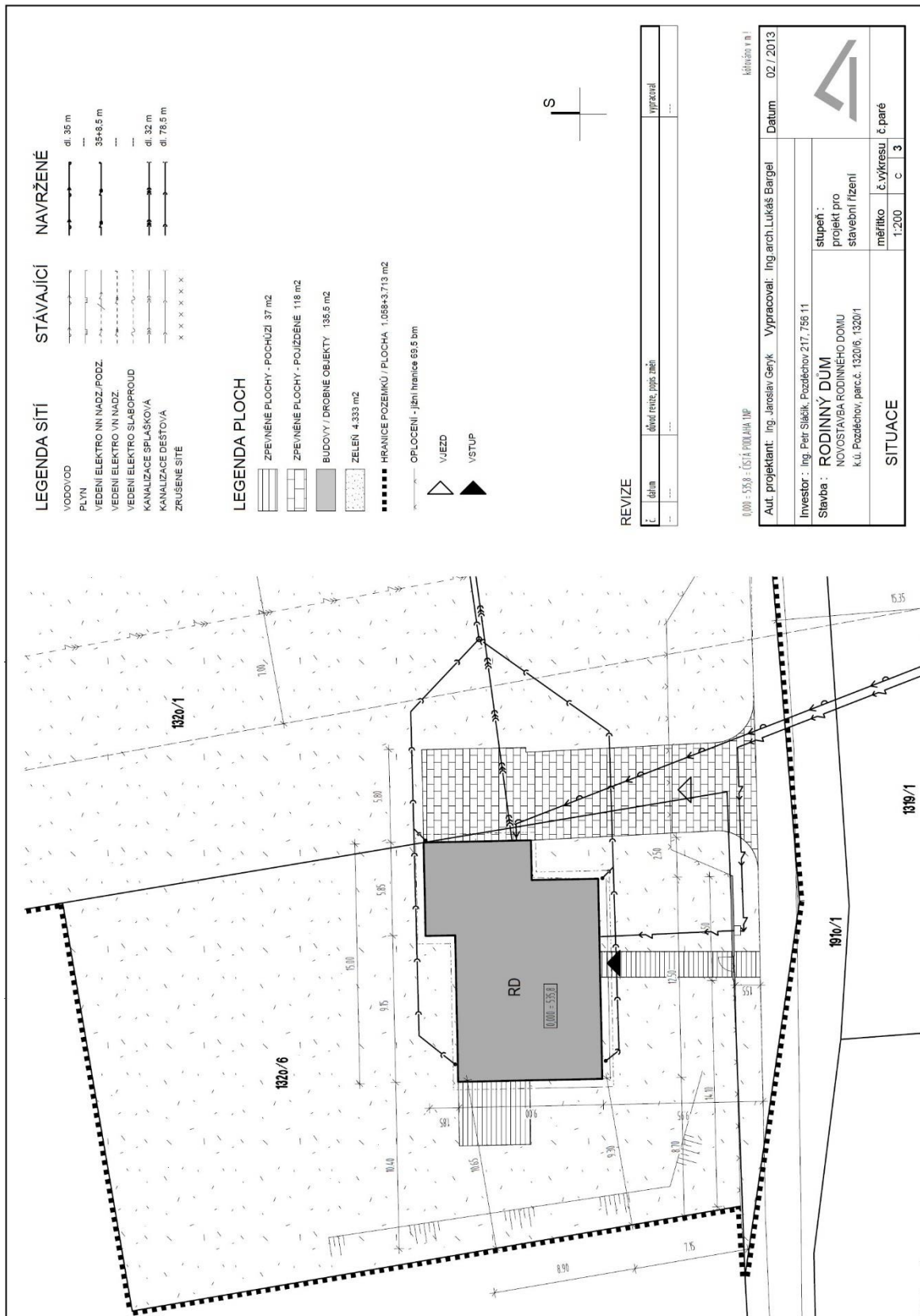
## **Oplocení**

Jižní hranice pozemku přiléhající ke komunikaci bude oplocena. Oplocení je řešeno z poplastoveného pletiva výšky 1,2 m vypnutého mezi systémové sloupky a prvky oplocení. Oplocení je doplněno zděnou částí, která je prolomena brankou a tvoří pilíř pro elektrickou přípojku, schránku a zvonek. Zděná část je tvořena z betonových tvarovek tl. 30 cm založených do nezámrzné hloubky min. 900 mm a výšky 1,2 m nad upravený terén. Zděná část plotu je provedena v délce 6,5 m ve vzdálenosti 1,55 m od jižní hranice. U vjezdu je plánována posuvná elektricky ovládaná brána, která je řešena jako ocelová konstrukce.

## **Terénní úpravy**

Po vytvoření základové desky bude terén kolem domu vyrovnán na úroveň -0,250 od čisté podlahy přízemí. Větší terénní úpravy se předpokládají při západní hranici, kdy budou provedeny násypy pro vyrovnání s domem a k navazujícímu pozemku bude terén plynule svahován.

# Výkresová dokumentace stavby – situační plán




LEGENDA SÍTÍ	STÁVAJÍCÍ	NAVRŽENÉ
VODOVOD	—	—
PLYN	—	—
VEDENÍ ELEKTRONNÍ NADZ. / POZ.	—	—
VEDENÍ ELEKTROVNÍ NADZ.	—	—
VEDENÍ ELEKTROSLABOPROUD	—	—
KANALIZACE SPLAŠKOVÁ	—	—
KANALIZACE DEŠŤOVÁ	—	—
ZRUŠENÉ SÍTĚ	X X X X X	

LEGENDA PLOCH
ZPEVNĚNÉ PLOCHY - POCHŮZÍ 37 m <sup>2</sup>
ZPEVNĚNÉ PLOCHY - POJÍZDNÉ 118 m <sup>2</sup>
BUDOVY / DROBNÉ OBJEKTY 135,5 m <sup>2</sup>
ZELENĚ 4 333 m <sup>2</sup>
HRANICE POZEMLŮ / PLOCHA 1,058+3,713 m <sup>2</sup>
OPLOCENÍ - jižní hranice 66,5 bm
VJEZD
VSTUP

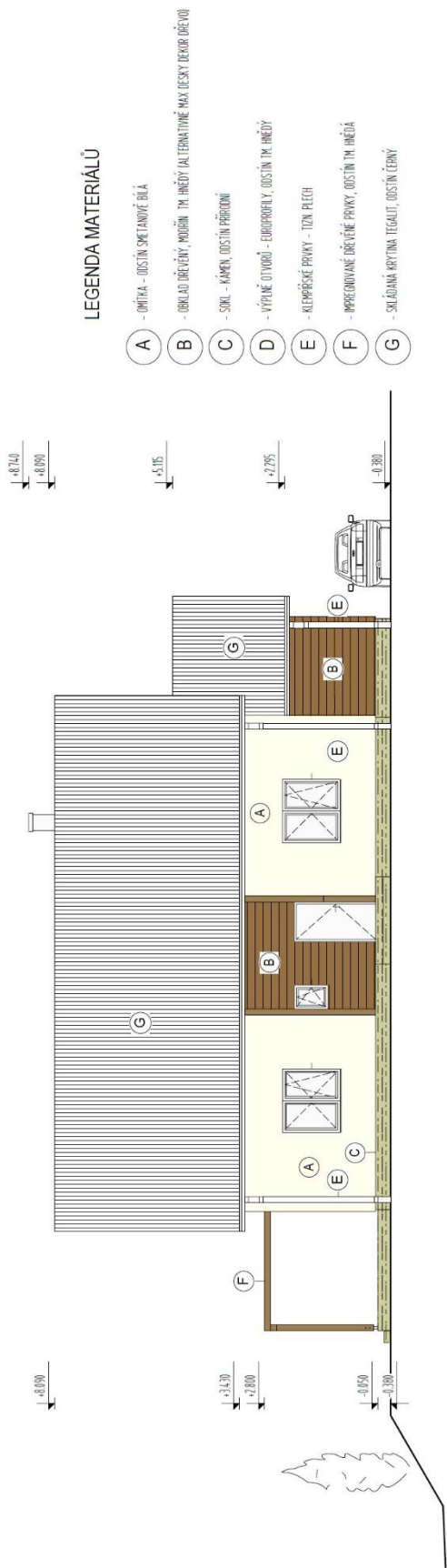
## REVIZE

č.	datum	obsah revize, popis, znění	vypravení
1			

000-353.8 - ČISTÁ PLOCHA DNÍ		kótované v m!	
Aut. projektant: Ing. Jaroslav Geryk		Vypracoval: Ing. arch. Lukáš Bargerl	Datum 02 / 2013
Investor: Ing. Petr Slačáček, Pozděchov 217, 756 11			
Stavba: RODINNÝ DŮM NOVOSTAVBA RODINNÉHO DOMU k.ú. Pozděchov, parc.č. 1320/6, 1320/1			
SITUACE		č. výkresu	č. paré
		1:200	C 3

# Výkresová dokumentace stavby – jižní a východní pohled

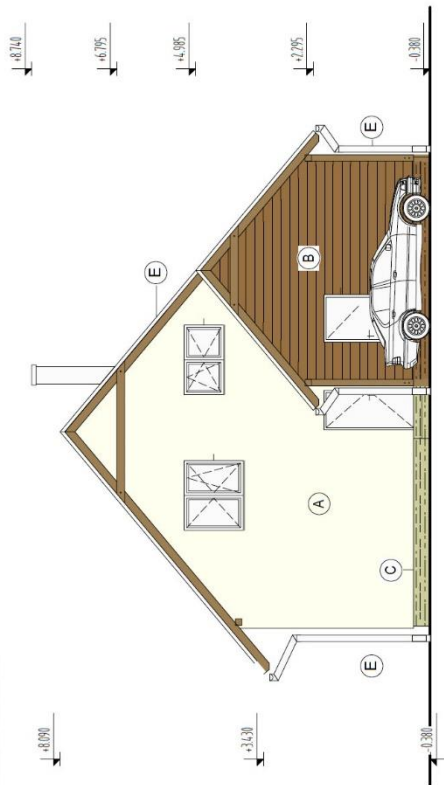
POHLED JIŽNÍ



## LEGENDA MATERIÁLŮ

- A - DÍŤKA - ODSŤNÁ ŠKEMANOVĚ BÍLÁ
- B - OBKLAD DŘEVĚNÝ, MODŘÍN TM. HNĚDÝ (ALTERNATIVNĚ MAX. DESKY DEKOR DŘEVO)
- C - SKAL - KÁMEN, ODSŤNÁ PŘÍRODNĚ
- D - VÝPLNĚ OTVORŮ - EUROPROFILY, ODSŤNÁ TM. HNĚDÝ
- E - KEMPRSKÉ PRVKY - TĚN. PLECH
- F - IMPRAGNOVANÉ DŘEVĚNÉ PRVKY, ODSŤNÁ TM. HNĚDÁ
- G - SMLÁDANÁ KRYTINA TEGALIT, ODSŤNÁ ČERNÝ

POHLED VÝCHODNÍ



Je-li v dokumentaci uvedeno systémové řešení, je třeba dodržet technologický postup a pravidla pro aplikaci systému, stanovená jeho dodavatelem ( autorem, řešitelem ).  
 Nem-li vyslovené v PD uvedeno jinak, je nutno dodržovat technologická pravidla a postupy stanovená výrobcí ve stavbě použitých materiálů. Dodavatel, případně jeho subdodavatelé, je či jsou povinni se s technologickými předpisy výrobce použitých materiálů seznámit.

## REVIZE

č.	datum	důvod revize, popis změny	vypracoval

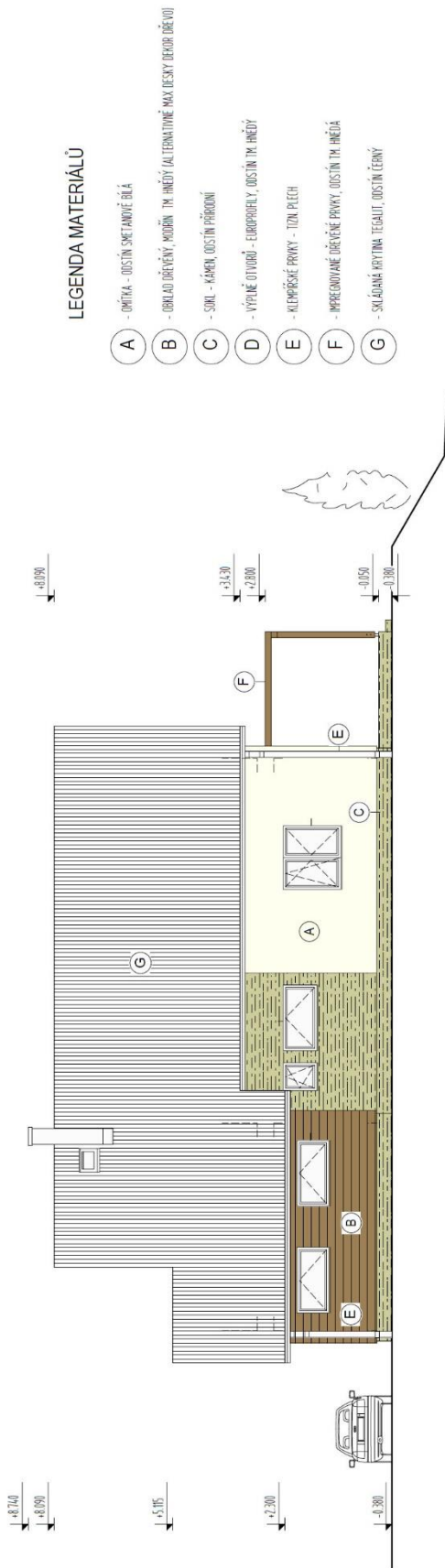
0.000 : ± 0,55,8 - číselná podlaha NTP

kolováno v m. l

<b>Aut. projektant:</b> Ing. Jaroslav Geryk	<b>Vypracoval:</b> Ing. arch. Lukáš Bargel	<b>Datum</b>	02 / 2013
<b>Investor :</b> Ing. Petr Sládek, Pozděchov 217, 756 11			
<b>Stavba :</b> RODINNÝ DŮM NOVOSTAVBA RODINNÉHO DOMU k.ú. Pozděchov, parc.č. 1320/6, 1320/1			
<b>POHLED J, V</b>		<b>č. výkresu</b>	<b>č. paré</b>
		1:100	D.1   5

# Výkresová dokumentace stavby – severní a západní pohled

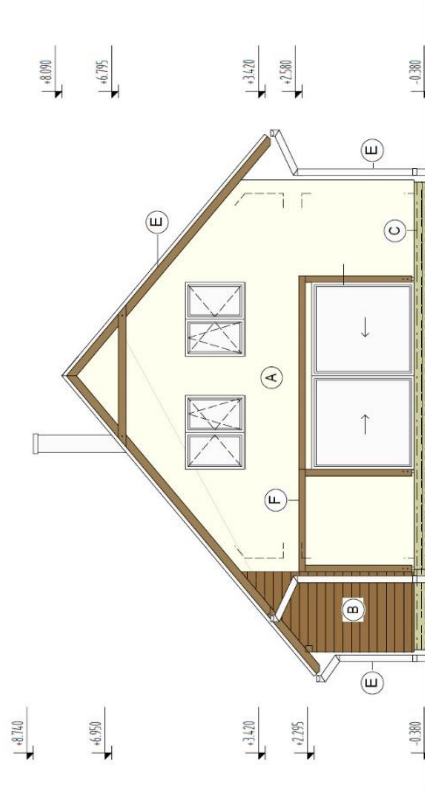
POHLED SEVERNÍ



## LEGENDA MATERIÁLŮ

- A** - DĚLTA - ODSŤIN SME TANVĚ BÍLÁ
- B** - OBKLAD DŘEVĚNÝ, MODRĚN TĚM HNĚDÝ ALTERNATIVNĚ MAXI DESKY DEKOR DŘEVŮ
- C** - SOUL - KAMEN, ODSŤIN PŘÍRODNÍ
- D** - VÝPLNĚ OTVORŮ - EUROPROFILY, ODSŤIN TĚM HNĚDÝ
- E** - KLEMĚNKOVÉ PRVKY - TON PLECH
- F** - IMPREGNOVANÉ DŘEVĚNÉ PRVKY, ODSŤIN TĚM HNĚDÁ
- G** - SKLÁDANÁ KRYTINA TEGALIT, ODSŤIN ČERNÝ

POHLED ZÁPADNÍ



Je-li v dokumentaci uvedeno systémové řešení, je třeba dodržet technologický postup a pravidla pro aplikaci systému, stanovená jeho dodavatelem ( autorem, řešitelem ).  
 Nemí-li vyslovené v PD uvedeno jinak, je nutno dodržovat technologická pravidla a postupy stanovená výrobcí ve stavbě použitých materiálů. Dodavatel, případně jeho subdodavatelé, je či jsou povinni se s technologickými předpisy výrobce použitých materiálů seznámit.

## REVIZE

č.	datum	důvod revize, popis změny	vypřevzal

0:000 - +:55:8 - číslo jednání NP

kótováno v m l

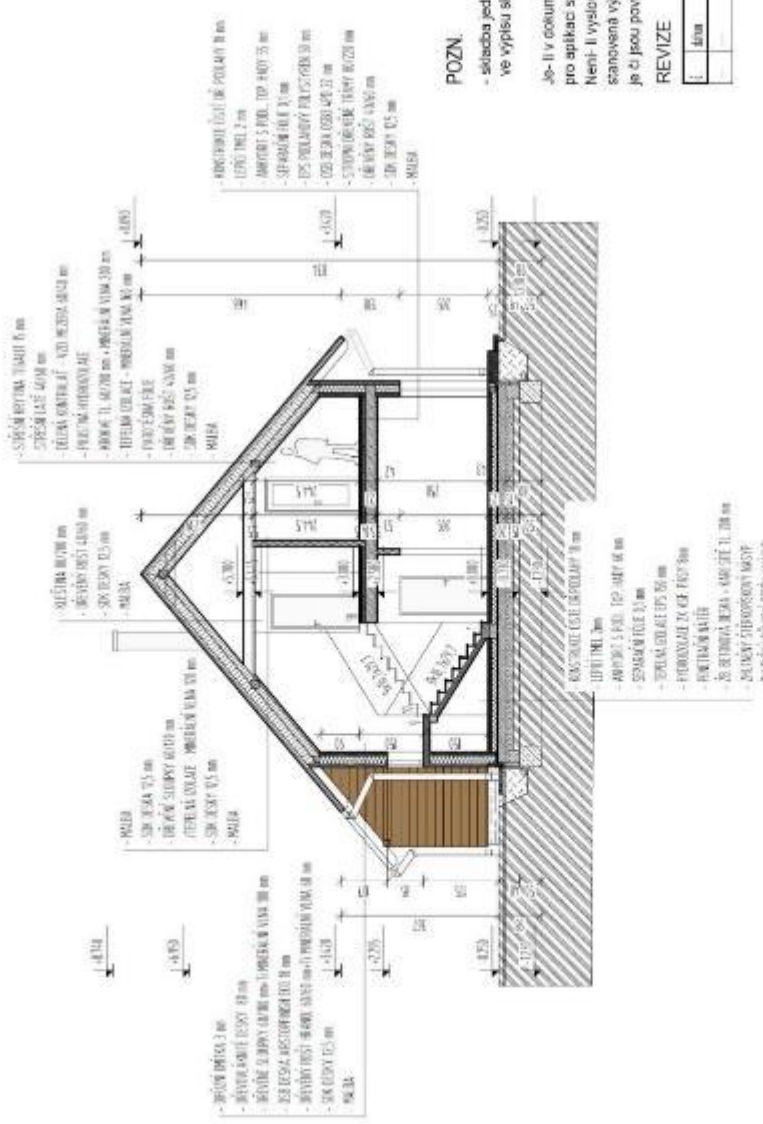
Aut. projektant:	Ing. Jaroslav Geryk	Vypracoval:	Ing. arch. Lukáš Bargel	Datum	02 / 2013
Investor:	Ing. Petr Sládek, Pozděchov 217, 756 11	stupně:	projekt pro územní a stavební řízení		
Stavba:	RODINNÝ DŮM NOVOSTAVBA RODINNÉHO DOMU k.ú. Pozděchov, parc.č. 1320/6, 1320/1	měřítko	č. výkresu		
			1:100	D.I.	6



# Výkresová dokumentace stavby – svislý řez stavbou

## LEGENDA MATERIÁLŮ

- VNĚJŠÍ SENOVICOVÁ STĚNA, SLOUPKY 60x160 mm PO 500x500 mm TL 353,5 mm
- VNITŘNÍ SENOVICOVÁ STĚNA, SLOUPKY 60x160 mm PO 500x500 mm TL 145 mm
- TEPelná IZOLACE - EPS/APS
- TEPelná IZOLACE - MINERÁLNÍ VLNĀ
- BETON PROSTY
- ZTRACENÉ BEZNĚNÍ
- ŠTERKOPÍSEK
- ZEMINA V NĀSBYPU
- PŮVODNÍ ZEMINA
- KOMIN. SYSTĚMOVĚ TVĀRNICĚ (SHIEDEL)



### POZN.

- skladba jednotlivých senovicových stěn bude blíže určena ve výpisu sklašené konstrukci.

- Je-li v dokumentaci uvedeno systémové řešení, je třeba dozorět technologický postup a pravidla pro aplikaci systému stanovena jeho dodavatelem ( autorem řešeníem) .

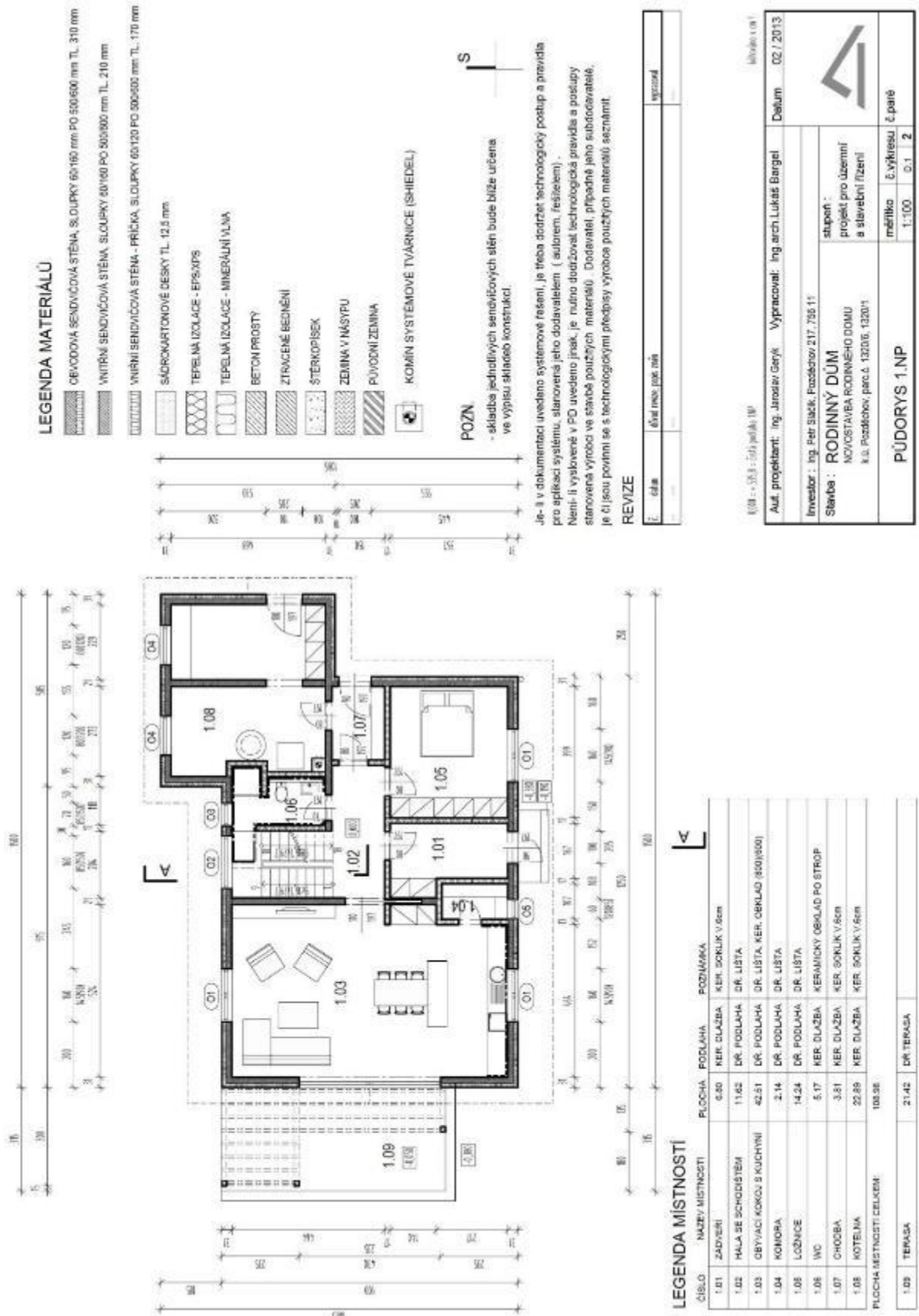
- Není-li výtvarně v PD uvedeno jinak, je nutno dozorět technologická pravidla a postupy stanovena výrobcí ve stavbě použitých materiálů. Dodavatel, případně jeho subdodavatelé, je-li jsou povinni se s technologickými předpisy výrobce použitých materiálů seznámit.

### REVIZE

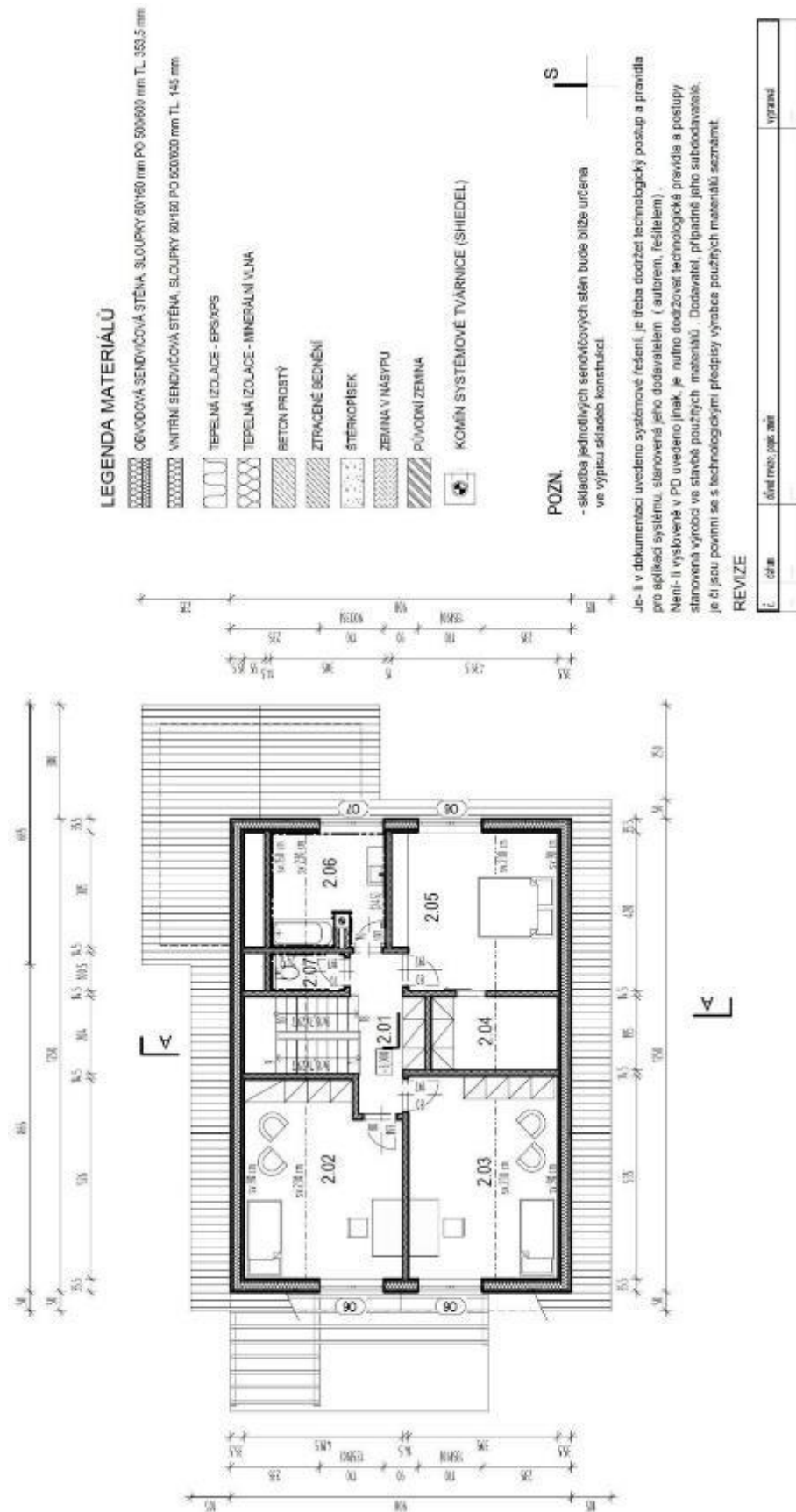
č.	datum	účel revize	zpracoval
1			

Aut. projektant: Ing. Jerošek, Gejřek		Vypracoval: Ing. arch. Lukáš Bargel		Datum: 02 / 2013	
Investor: Ing. Petr Sládek, Pozdětkov 217, 756 11					
Stavba: RODINNÝ DŮM NOVOSTAVBA RODINNĚHO DOMU k.ú. Pozdětkov, parc.č. 1320/8, 1320/1					
mřížka		č. výkresu		č. paré	
1:100		0.1		4	

# Výkresová dokumentace stavby – půdorys 1 NP



# Výkresová dokumentace stavby – půdorys 1 NP



## LEGENDA MÍSTNOSTI

ČÍSLO	NÁZEV MÍSTNOSTI	PLOCHA	PODLAHA	POZNAMKA
2.01	CHOZBA	6,44	DR. LÍŠTA	DR. LÍŠTA
2.02	POKOJ	20,89	DR. PODLAHA	DR. LÍŠTA
2.03	POKOJ	21,15	DR. PODLAHA	DR. LÍŠTA
2.04	SÁHNA	6,54	DR. PODLAHA	DR. LÍŠTA
2.05	LODŽICE	17,88	DR. PODLAHA	DR. LÍŠTA
2.06	KOUPELNA	6,04	NER. HLÁZBA	KER. OKR. PO SÍŤOP
2.07	WC	1,81	NER. HLÁZBA	KER. OKR. PO SÍŤOP
PLOCHA MÍSTNOSTI CELKEM:		83,56		

1:000 = + 50 l - 100 podla 1 NP		Měřítko
Aut. projektant:	Ing. Jaroslav Gejzl	Vypracoval:
Investor:	Ing. Petr Sládek, Pozděchov 217, 756 11	Datum:
Stavba: <b>RODINNÝ DŮM</b> NOVOSTAVBA RODINNÉHO DOMU k.ú. Pozděchov, parc.č. 1320/6, 1320/1		02 / 2013
PŮDORYS 2.NP		č. výřezu: 1 č. paré: 3

## Příloha B

### Opis vstupních dat popisného souboru posuzované budovy

12 (okna)	(B,H,h_i,s_r_v,s_r_h,k_ok)							
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1	nulové okno v1		1
1.56	1.41	0.15	0.175	0.115	0.71	okno O1		2
1.56	0.67	0.15	0.115	0.115	0.71	okno O2		3
0.69	0.69	0.15	0.115	0.115	0.71	okno O3		4
1.56	0.69	0.15	0.115	0.115	0.71	okno O4		5
0.56	0.91	0.15	0.115	0.115	0.71	okno O5		6
1.71	1.31	0.15	0.175	0.115	0.71	okno O6		7
1.71	0.96	0.15	0.175	0.115	0.71	okno O7		8
4.30	2.33	0.15	0.180	0.180	0.82	okno HS 1.NP		9
1.42	2.05	0.15	0.250	0.180	0.80	dveře vstupní 1.NP	DV1	10
1.22	2.05	0.15	0.180	1.025	0.80	dveře vstupní	DV2	11
0.85	2.0	0.05	0.425	1.000	3.00	dveře vnitřní		12

11 (výčet materiálových vlastností)	(lambda, objemovka, tep.kapacita)			
0.17	450	2510	1-drevo	
0.25	650	2300	2-OSB	
0.038	35	1250	3-EPS	
1.58	2450	1020	4-beton	
0.04	35	860	5-MW	
0.82	1810	1000	6-VPC KM Beta	
0.25	1600	860	7-SDK	
0.043	190	2510	8-DVD Pavatex	
0.80	1800	1020	9-anhydrit	
0.80	1600	980	10-omítka difuzní	
0.05	1.3	1050	11-vzduch	

7 (vzory stěn)	(n_vrstev, tloušťka, id_materiál)			
6	obvodová stěna neprůsvitná			1
1	.013	7	SDK vnitřek	
2	.04	11	vzduch	
1	.025	2	OSB	
6	.180	5	MW	
2	.060	8	DVD Pavatex	
1	.005	10	omítka	
3	vnitřní nosná stěna			2
1	.013	7	SDK	
5	.16	5	MW	
1	.013	7	SDK	
3	vnitřní nenosná příčka			3
1	.013	7	SDK	
4	.12	5	MW	
1	.013	7	SDK	
4	podlaha 1. NP			4
1	.018	1	dřevo	
2	.06	9	anhydrit	
5	.15	3	EPS	
2	.20	4	beton	

7 podlaha 2. NP 5  
 1 .018 1 dřevo  
 2 .055 9 anhydrit  
 5 .05 3 EPS  
 1 .022 2 OSB  
 5 .22 1 dřevěný trám  
 2 .060 1 dřevo  
 1 .013 7 SDK

3 podlaha půda 6  
 1 .200 11 dřevěna podlaha - vzduch  
 2 .060 1 dřevo  
 1 .013 7 SDK

5 střecha 7  
 1 .0125 7 SDK  
 1 .060 1 drevo  
 5 .16 5 MW  
 1 .022 2 OSB  
 1 .200 5 MW

89 (stěn) (id\_stěna, h\_i, h\_e, plocha, id\_okno, id\_room\_in, id\_room\_ext, při „-“, orientace, sklon plochy)

1	8	23	12.2	2	3	-1	180	90	1
1	8	23	22.4	9	3	-1	270	90	2
1	8	23	14.2	2	3	-1	0	90	3
2	8	8	12.6	12	3	2			4
2	8	8	12.6	1	3	2			5
3	8	8	6.0	12	3	1			6
4	8	99	49.4	1	3	-2	0	0	7
5	8	8	23.5	1	3	11			8
5	8	8	25.3	1	3	1			9
1	8	23	3.2	6	4	-1	180	90	10
3	8	8	6.0	1	4	1			11
4	8	99	2.9	1	4	-2	0	0	12
5	8	8	1.4	1	10	11			13
5	8	8	1.4	1	10	12			14
1	8	23	4.7	12	1	-1	180	90	15
3	8	8	9.8	1	1	5			16
3	8	8	4.7	12	1	2			17
4	8	99	7.0	1	1	-2	0	0	18
5	8	8	7.0	1	1	12			19
1	8	23	10.9	2	5	-1	180	90	20
1	8	23	9.8	1	5	-1	90	90	21
3	8	8	6.5	1	5	7			22
3	8	8	4.5	12	5	2			23
3	8	99	16.1	1	5	-2	0	0	24
5	8	8	16.1	1	5	13			25
1	8	23	4.5	12	7	-1	90	90	26
2	8	8	6.5	12	7	8			27
3	8	8	4.5	12	7	2			28
4	8	99	4.4	1	7	-2	0	0	29
3	8	8	4.4	1	7	13			30
1	8	23	6.6	1	9	-1	180	90	31
1	8	23	12.9	12	9	-1	90	90	32
1	8	23	6.6	5	9	-1	0	90	33
2	8	8	12.9	12	9	8			34

4	8	99	12.7	1	9	-2	0	0	35
7	8	23	14.7	1	9	-1	0	30	36
1	8	23	7.7	5	8	-1	0	90	37
1	8	23	4.8	1	8	-1	270	90	38
3	8	8	8.2	1	8	6			39
4	8	99	12.7	1	8	-2	0	0	40
7	8	23	6.4	1	8	-1	0	30	41
5	8	8	9.4	1	8	14			42
1	8	23	3.7	4	6	-1	0	90	43
3	8	8	6.1	1	6	2			44
2	8	8	3.7	12	6	2			45
4	8	99	5.5	1	6	-2	0	0	46
5	8	8	5.5	1	6	15			47
1	8	23	5.8	3	2	-1	0	90	48
4	8	99	5.2	1	2	-2	0	0	49
4	8	99	6.2	1	2	-2	0	0	50
7	8	8	6.2	1	2	2			51
1	8	23	2.7	1	2	-1	0	90	52
3	8	8	10.8	12	2	1			53
3	8	8	2.2	12	2	11			54
3	8	8	5.5	1	2	12			55
3	8	8	2.5	12	2	13			56
3	8	8	3.7	12	2	14			57
3	8	8	2.2	12	2	15			58
3	8	8	5.8	12	2	15			59
7	8	23	5.8	1	2	-1	0	30	60
7	8	23	6.2	1	2	-1	0	30	61
1	8	23	6.6	1	10	-1	0	90	62
7	8	23	11.0	1	10	-1	0	30	63
6	8	8	12.1	1	10	16			64
1	8	23	10.3	1	10	-1	270	90	65
3	8	8	13.5	1	10	11			66
1	8	23	10.3	1	11	-1	270	90	67
1	8	23	6.6	1	11	-1	180	90	68
7	8	23	11.0	1	11	-1	180	150	69
6	8	8	12.1	1	11	16			70
3	8	8	10.8	1	11	12			71
1	8	23	2.5	1	12	-1	180	90	72
7	8	23	4.2	1	12	-1	180	150	73
6	8	8	4.7	1	12	16			74
3	8	8	13.5	1	12	13			75
3	8	8	5.2	1	12	2			76
1	8	23	5.3	1	13	-1	180	90	77
7	8	23	8.9	1	13	-1	180	150	78
6	8	8	9.8	1	13	16			79
1	8	23	10.3	7	13	-1	90	90	80
3	8	8	9.3	1	13	14			81
1	8	23	15.8	8	14	-1	90	90	82
1	8	23	3.8	1	14	-1	0	90	83
7	8	23	9.8	1	13	16			84
7	8	8	6.1	1	14	15			85
1	8	23	1.4	1	15	-1	0	90	86
6	8	23	1.4	1	15	16			87
7	8	23	24.6	1	16	-1	0	30	88
7	8	23	24.6	1	16	-1	180	150	89

16 (místnosti)		(objem, t <sub>i</sub> , topí/netopí)				
17.6	15	0	0	0	1-zadveri	
45.7	21	1	0	0	2-hala se schodištěm a chodbou	
109.7	21	1	0	0	3-obyvak	
5.5	18	0	0	0	4-komora	
36.8	21	1	0	0	5-loznice 1.NP	
13.3	21	1	0	0	6-koupelna s WC 1.NP	
9.8	21	1	0	0	7-chodba do TN 1.NP	
59.1	18	0	0	0	8-kotelna	
27.8	18	0	0	0	9-TN 1.NP	
46.1	21	1	0	0	10-pokoj 2.02	
49.5	21	1	0	0	11-pokoj 2.03	
12.7	20	1	0	0	12-šatna 2.04	
38.9	21	1	0	0	13-loznice 2.05	
21.4	21	1	0	0	14-koupelna 2.06	
4.2	18	0	0	0	15-WC 2.07	
42.5	5	0	0	0	16-pudní prostor	