

Tepelné izolace

© Ing. Roman Šubrt

sdružení Energy Consulting
roman@e-c.cz

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracována v rámci Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2004 – část A.

Sdružení Energy Consulting
Alešova 21, České Budějovice
www.e-c.cz

Anotace:

Publikace **Tepelné izolace domů v otázkách** vychází z autorovy dlouholeté praxe energetického poradce. Její snahou je populární formou odpovědět na nejčastější dotazy, se kterými se autor při poradenství setkával. Jednotlivé otázky jsou sestaveny tak, aby pokud možno v třinácti kapitolách plně pokryly běžné případy použití stavebních tepelných izolací.

V příloze jsou tabulky s některými hodnotami vztahujícími se k tepelným izolacím tak, aby běžný uživatel nemusel údaje získávat z norem, odborných publikací či jiných materiálů. Další informace o tepelných izolacích je pochopitelně možné získat na internetu.

České Budějovice září 2004

Obsah - Tepelné izolace domů v otázkách

1.	Úvodem	9
2.	Energie na vytápění a finanční stránka tepelných izolací	11
2.1	Stavím rodinný domek. Čím je nejlepší jej vytápět?	11
2.2	Jaké jsou ceny energií na vytápění? Které palivo bude v budoucnu nejlevnější?	12
2.3	Je možné získat nějaké dotace na zateplování?	14
2.4	Prosím vás o zevrubné zhodnocení návratnosti investice zateplení rodinného domu.	15
2.5	Kolik procent energie uniká z rodinného domku okny?	17
3.	Novostavby	19
3.1	Co je to nízkoenergetický a pasivní dům a kolik takový dům stojí?	19
3.2	Jak silnou tepelnou izolaci má dům mít? Jaký mají mít tepelný odpor a součinitel prostupu tepla jednotlivé konstrukce?	21
3.3	Z čeho je nejlepší postavit rodinný dům?	25
3.4	Mám vypracovaný projekt na stavbu nepodsklepeného rodinného domu s podkrovím. Zdivo je z cihel Therm, vytápění bude plynové, v přízemí částečně podlahové, v ostatních místnostech radiátory. Stavebnictví nerozumím, a proto si nechám postavit stavbu na klíč. Kde mohou vznikat největší problémy a na co bych si měl dát pozor?	29
3.5	Rozhodujeme se využít při stavbě RD z důvodů dobrých tepelně izolačních vlastností systém VELOX. Je třeba se obávat malé prodyšnosti systému?	33
3.6	Mám novostavbu z cihel POROTHERM. Nyní se chystám dělat omítku. Mám tuto stavbu ještě zateplovat?	34
3.7	V příštím roce plánujeme stavbu rodinného domku, který by měl být postaven z betonových skořepinových tvárnic. Jaká je zkušenost s touto stavební technologií?	35
3.8	Chceme si postavit srub. Stačí dřevěná stěna silná 25 cm, nebo musí být silnější?	37
3.9	Uvažuji o zateplení rodinného domu postaveného z pórobetonu (Ytong).	38
3.10	Při větru máme v podkroví zimu. Je to tím, že nám stavební firma špatně udělala zdi? Nebo co by toho mohlo být příčinou?	39

4.	Okna	41
4.1	Kolik utíká tepla okny? Je pravda, že jimi uniká nejvíce tepla?	41
4.2	Jaká okna jsou nejlepší? Mám starší okna vyměnit za plastová?	43
4.3	Jsou z hlediska prevence plísní vhodnější okna dřevěná?	45
4.4	Kde v ostění má být umístěno okno? Jak daleko od vnitřního, nebo vnějšího líce?	46
4.5	Jak lze zlepšit tepelně izolační vlastnosti starých oken?	47
4.6	Jaké jsou možnosti výměny meziokenních vložek u panelového domu?	48
4.7	V našem novém bytě jsme vyměnili okna za plastová. Máme je cirká 2 týdny a zdá se mi, že se zvýšila vlhkost v bytě a okna jsou neustále zarosená. Můžete mi poradit, čím to může být způsobené a jak to odstranit?	49
4.8	V obývacím pokoji máme špaletové okno, které se v zimním období nadměrně rosí na vnějším skle. Dá se to nějak odstranit?	50
4.9	Asi před rokem nám obec vyměnila v domě stará špaletová okna za okna nová. Dělníci se s prací příliš nepárali - nejvíce odflákli zaizolování ostění oken. V zimě bylo u oken cítit výrazný chlad, přestože okna sama těsnila dobře. Časem se v bezprostřední blízkosti oken na zdi objevil plíseň. Co s tím?	51
4.10	Co máme na našem panelovém domě provést dřív - zateplit, nebo vyměnit okna?	52
5.	Zateplování podlah a stropů	53
5.1	Jak je nejlepší izolovat strop mezi posledním podlažím a půdou? Půdu nevyužíváme.	53
5.2	Jaký systém mi doporučíte k zateplení posledního stropu bytového domu se sedlovou střechou (tvrdý, betonový strop, rok výstavby 1955).	54
5.3	Jak zateplit poslední strop u staršího činžovního domu?	55
5.4	Jak máme zateplit plochou střechu? Jde o hurdiskový strop, na něm je pěnový polystyrén a na něm asfaltová lepenka. Mám přilepit zespodu na strop kazety z pěnového polystyrénu?	56
5.5	Je správné řešení podlahy následující skladbou? Základová deska, hydro/radonová izolace Argo P (4), polštáře (dřevěné hranoly) výška 100 mm, mezi polštáři výplň izolací Orsil 100 mm a zaklopeno 27 mm palubkami.	57
5.6	Jak by se daly zvýšit tepelně-izolační vlastnosti škvárobetonové podlahy, která je v obytné místnosti nad sklepem ? Existují nějaké speciální krytiny?	58

6.	Zateplování stěn	59
6.1	Proč je vhodné domy zateplovat? Vyplatí se to vůbec?	59
6.2	Jak silnou tepelnou izolaci má dům mít? Jaký mají mít jednotlivé konstrukce tepelný odpor a součinitel prostupu tepla ?	60
6.3	Je možno použít u panelových domů také jinou izolaci než polystyrénovou? Jak tato jiná izolace vychází ve srovnání s polystyrénovou cenově?	62
6.4	Chci provést izolaci vnitřní zdi v dětském pokoji proti chladu.	63
6.5	Je možné dodatečně izolovat budovu, v jejímž obvodovém zdivu jsou použity nepálené cihly? S ohledem na kondenzaci vlhkosti ve zdivu, kde by nepálené cihly mohly ztratit pevnost.	64
6.6	Máme staré vesnické stavení s kamennými zdmi, a proto je nemůžeme podříznout (a odizolovat proti vlhkosti ze země). Jak máme tuto stavbu zateplit?	65
6.7	Jaký mají význam reflexní fólie za radiátory? Slyšel jsem, že mohou ušetřit až 6 % tepla.	66
6.8	Slyšel jsem o tepelné izolaci na bázi odrazivosti tepelného záření. Prý je možné použít reflexní nátěry speciálními barvami (například nátěrovou hmotou THERMOSHIELD), anebo reflexní fólie.	67
6.9	Jak máme nejlépe zateplit rodinný dům typu OKAL?	59
6.10	Jak je možné snížit úniky tepla z panelového domu?	70
6.11	Jak se má zateplit hala z betonových prefabrikátů?	72
6.12	Jaká tepelná izolace je vhodnější na starší rodinný dům? Pěnový polystyrén, nebo minerální vata?	73
6.13	Máme panelový dům na štítu zateplený hliníkovými žaluziemi. Připadá mi, že toto zateplení není moc účinné, alespoň pokud porovnávám spotřebu tepla v našem domě a v sousedním domě, který není vůbec zateplený.	74
6.14	Bydlíme v rodinném domku, jehož stáří je cca 50 let. Dům je omítnut stříkaným březolitem. Prosím o radu, zda před zateplením budovy polystyrenem je nutné tuto omítku odstranit. Nutno podotknout, že omítky má dobrou přilnavost.	75
6.15	Mám rodinný dům s kamennými zdmi o tloušťce cca 60 cm. Uvažuji o venkovní izolaci pěnovým polystyrénem, ale někde jsem četl, že od určité tloušťky zdi je venkovní izolace prakticky neúčinná. Jaký je váš názor?	76
6.16	Chtěl bych tímto požádat o rady týkající se zateplení, či nezateplení novostavby rodinného domu. Cihlářské firmy mě od zateplení odrazují s tím, že dům nedýchá, drží se v něm voda. Samozřejmě bych tím pádem nakoupil silnější a dražší materiál na zdivo. Naopak firma zabývající se zateplováním přirozeně svůj systém doporučuje a námitky cihlářských firem vyvrací.	77

7.	Zateplování podkroví	78
7.1	Rozhodl jsem se pro rekonstrukci podkroví na obytnou část. Vzhledem k tomu, že nelze rozebrat střešní krytinu, chci použít fólii za krokve. Lze tento způsob řešení použít a kde jsou necitlivější místa na úniky tepla? Popřípadě jak mám postupovat při realizaci?	78
7.2	Kde jsou nejcitlivější místa na úniky tepla při izolaci podkroví, popřípadě jak mám postupovat při realizaci?	80
7.3	Děláme novou střechu nad obytným podkrovím. Tepelná izolace bude mezi krokvemi a pod nimi. Nad ní necháme 4 cm vzduchovou vrstvu. Seshora pak bude bednění, thérový papír (lepenka A 330 H) a eternit. Zespodu bude sádkarton a fólie. Kam se má umístit horní fólie?	82
7.4	Jaká je nejlepší tepelná izolace na podkroví? Pěnový polystyrén nebo minerální vlna ORSIL, ROCKWOLL?	83
7.5	Jaké jsou možnosti použití tepelných izolací při budování podkroví?	84
8.	Difuze vodní páry, větrání, plísně	86
8.1	8.1 Jak souvisí tepelné izolace s vlhkostí v konstrukci a proč dochází ke srážení vodní páry ve zdech?	86
8.2	Mám dát parotěsnou fólii do stropu?	89
8.3	Zateplujeme panelový dům a máme spor, zda máme odvětrávací otvory pro spížirny zrušit a zateplit, či ponechat?	90
8.4	Osadili jsme elektroakumulační kamna místo lokálních kamen na hnědé uhlí. Brzy nato se nám v koutě objevila plíseň. Je to proto, že se snažíme šetřit a v místnosti nyní máme chladněji?	91
8.5	Zateplili jsme starší chalupu. Asi po dvou letech se objevila plíseň na zateplených stěnách u podlahy. Je to proto, že jsme zateplovali pěnovým polystyrénem, který stavbu uzavřel?	92
8.6	Je lepší použít na tepelnou izolaci stěny minerální vlnu, nebo pěnový polystyrén? Slyšel jsem, že když se stěna uzavře polystyrénem, tak dům nedýchá.	93
8.7	Bydlím v panelovém domě (46 bytů). V současné době zvažujeme výměnu oken se současným zateplením domu. Obávám se, zda současným použitím plastových oken a polystyrénového zateplení nebudou byty příliš utěsněny a nedojde ke vzniku plísní v bytech.	94
8.8	Dojde vlivem netěsností v parozábraně ke vzniku plísní, či jak jsem snad četl i ke zvýšení tepelných ztrát v místnosti?	95

9.	Tepelné mosty	96
9.1	Co je to tepelný most a proč tak vadí?	96
9.2	Jak mám řešit u nové stavby tepelnou izolaci základu?	98
9.3	Kde lze zjistit, jak je možné řešit tepelné mosty?	99
9.4	Jak poznám tepelný most?	100
10.	Druhy tepelných izolací	101
10.1	Jaké jsou druhy tepelných izolací?	101
10.2	Je pravda, že pěnový polystyrén sublimuje? Nemusím se bát, že se mi z konstrukce ztratí?	106
11.	Teorie a výpočtové postupy	107
11.1	Jak se spočítají tepelné ztráty objektu?	107
11.2	Co je tepelná ztráta objektu a potřeba tepla na vytápění?	109
11.3	Jak se hodnotí potřeba tepla na vytápění u staveb?	110
11.4	Jak se spočítá, kolik tepla je potřeba na vytápění?	113
11.5	Jaké jsou požadavky na tepelné izolace?	117
11.6	Co je to energetický průkaz a energetický štítek budovy?	119
11.7	Rád bych se zeptal, jestli existují nějaké publikace nebo studie o použití popínavých rostlin na budově. Zajímá mě vliv rostlin v létě (jestli snižuje tepelné zatížení budovy osluněním) i v zimě (jestli snižuje vliv na tepelné ztráty budovy).	120
11.8	Jsou nějaké programy na vypočítávání tepelného odporu, potřeby tepla na vytápění a na hodnocení stavby, zda vyhovují její tepelné izolace? Kde se dají sehnat?	121
11.9	Jaký vliv má vlhkost zdiva na tepelné ztráty?	122
11.10	Proč má být na střeše silnější tepelná izolace? Je to proto, že teplo uniká nahoru?	123
11.11	Slyšel jsem, že zvýšení teploty v místnosti o 1°C znamená zvýšení spotřeby paliva na vytápění o 6%. Je to pravda?	124
11.12	Koupil jsem si projekt na novostavbu rodinného domu, ale nikde jsem v něm nenašel hodnocení, jestli ten dům splňuje požadavky na potřebu tepla na topení. Má to být součástí projektu?	125
12.	Speciality	126
12.1	Chtěl bych si v domě postavit bazén. Na co je třeba si dát pozor?	126
13.	Infrakamera	127
13.1	Zajímá mě infrakamera a chtěl bych si ji koupit. Kde je možné ji koupit a kolik stojí?	127
13.2	Můžete mi infrakamerou změřit tepelné ztráty objektu a kolik takové měření stojí?	129

Přílohy:

1	Seznam symbolů, zkratk a jednotek	130
2	Seznam některých souvisejících norem a zákonů	133
3	Tabulka maximálních hodnot měrné potřeby tepla na vytápění eVN dle vyhlášky 291/2001 Sb.	134
4	Roční maximální potřeba energie pro pasivní dům	135
5	Tabulka součinitelů prostupů tepla U některými konstrukcemi	136
6	Tabulka redukčních součinitelů b podle vyhlášky 291/2001 Sb.	144
7	Průměrné klimatické podmínky pro zimní období v ČR	145
8	Tabulka požadavků ČSN 73 0540-2/2002 na minimální součinitele prostupu tepla U	148
9	Tabulka požadavků ČSN 73 0540-2/2002 na minimální povrchovou teplotu konstrukcí	151
10	Tabulka požadavků ČSN 73 0540-2/2002 na minimální povrchovou teplotu oken	152
11	Tabulka parametrů propustnosti skel pro sluneční energii a součinitelů prostupu tepla U	153
12	Ukázka protokolu o výpočtu energetické náročnosti objektu U	154
13	Ukázka energetického štítku U	155
14	Tabulka přibližných výhřevností paliv a účinností kotlů	156
15	Procentuální úniky tepla jednotlivými konstrukcemi, tabulka a graf	157
16	Vysychání plynosilikátového zdiva, tabulka a graf	160
17	Graf závislosti povrchových teplot a tepelných ztrát na poloze okna	166
18	Součinitelé tepelné vodivosti l některých materiálů	167
19	Bilance kondenzace vodní páry ve stěně při různých skladbách stěn	171

Seznam vyobrazení:

1	Ilustrativní obrázek počítaného domu	172
2	Novostavba rodinného domu	173
3	Srubová stěna včetně základu	174
4	Průběh teplot ve srubové stěně	175
5	Schéma tepelných ztrát oknem	176
6	Schéma osazení okna ve stěně	177
7	Průběh teplot v místě osazení okna do zdiva	178
8	Schéma zateplení posledního dřevěného trámového stropu pod půdou Climatizérem plus - nutno nakreslit strop - omítka, rákos, podbití, foukaný Climatizér s hadicí, záklop, násyp 3 cm, půdovky	179
9	Fotografie ukotvení tepelné izolace a opláštění u odvětrávané fasády	180
10	Ukázka panelového domu zatepleného minerální vlnou a plechovými lamelami	181
11	Ukázka principu vedení tepla u zateplení minerální vlnou a plechovými lamelami	182
12	Schéma detailu napojení štítové stěny na tepelnou izolaci v úrovni stropu podkroví	183
13	Termogram rodinného domu	184
14	Termogram rodinného dvojdomku, kde na levé části byla provedena nástavba a byla zateplena. Na pravé části jsou patrné větší úniky tepla.	185
15	Schéma tepelného mostu u základu	186
16	Termogram tepelných mostů v podkroví	187
17	Termogram střechy zateplené pěnovým polystyrénem, který byl sežehnut plamenem.	188
18	Průběh teplot ve zdivu se zateplením v ustáleném teplotním stavu.	189
19	Termogram podkroví, na kterém je patrná nosná část sádrokartonu a krovu.	190
20	Termogram dvojdomu; pravá polovina domu je zateplena systémem Rockwool, levá polovina je nezateplena.	191
21	Řez oknem a ukázka místa pronikání vlhkosti konstrukcí při zateplení z interiéru	192
22	Řez zateplovanou stěnou u základu	193
23	Schéma větrání při vytápění lokálními palivy	194
24	Podhled v Lehkého stropu	195
25	Termogram Lehkého stropu bez vyvolání podtlaku	196
26	Termogram Lehkého stropu s vyvoláním podtlaku	197
27	Termogram Vestavby podkroví	198

1. Úvodem

Vážení čtenáři, dovoluji mi nejprve, abych se představil. Vzděláním jsem stavař se zaměřením na tepelné izolace a již mnoho let se věnuji odbornému poradenství a popularizaci tepelných izolací. V tomto oboru mi již vyšlo několik publikací určených pro laiky i odborníky. Během posledních let jsem odpovídal na mnoho dotazů týkajících se nejen tepelných izolací, ale i způsobů vytápění, obnovitelných zdrojů energií a s tím související problematiky. Tato knížka uvádí odpovědi na nejčastější dotazy, se kterými jsem se setkal. Jako podklad této publikace sloužily i dotazy vznesené na internetovém serveru určeném pro energetické poradenství. Některé otázky jsou upraveny, aby se na ně dalo co nejširěji odpovědět, a jsou vybrány tak, aby pokud možno obsáhly celou problematiku tepelných izolací. Není zde pochopitelně věnována pozornost různým speciálním případům, jako jsou bazény, vodojemy a podobné provozy. Nebo naopak provozy s nízkou teplotou, kde se lze setkat se zajímavými úkazy, jež souvisejí s tepelnými izolacemi, jako jsou kryté ledové plochy, chladírenské provozy a podobně.

Knížka je určena laikům. Možná, že však zaujme i projektanty, protože za posledních osm let, kdy se intenzivně věnuji energetickému poradenství, jsem se v praxi setkal s malým množstvím projektů novostaveb, které by splňovaly požadavky na tepelné izolace podle platných českých norem. Dá se říci, že podstatná část projektů novostaveb nesplňuje tyto normy pro tepelné izolace. Bohužel se s řadou realizací setkávám až poté, kdy stavebník zjistí, že má na domě nějaké nedostatky a dohaduje se s projektantem o odstranění vad, které jsou často dodatečně neodstranitelné. Velké množství chyb v projektové dokumentaci stavebník vůbec neodhalí, protože jsou pro něj i při provozu domu těžko posouditelné. I když se projevují větší energetickou náročností, než jakou by dům mohl mít, kdyby byl vyprojektován bez chyb, neprojevují se viditelně (plísněmi či kondenzovanou vodní párou nebo jinými poruchami). Stavebník tedy platí za teplo na vytápění více, než kolik by musel, kdyby projekt byl zpracován bez vad.

Další velké množství chyb vzniká přímo na stavbě, kdy nejsou dodrženy výrobní technologie, či si řemeslníci nějakým nevhodným způsobem ulehčí práci a odvedou nekvalitní dílo. S těmito případy se pak lze setkat při vypracování posudků a při zjišťování chyb pomocí infrakamery.

Několik slov k charakteru knížky. Přes to, že se na první pohled může zdát, že publikace Tepelné izolace domů v otázkách je velmi úzce zaměřena, jde o poměrně rozsáhlou problematiku a je jistě účelné ji rozdělit do několika okruhů. Zde vymezené okruhy se však vzájemně prolínají a někdy není jednoznačné, kam příslušnou otázku zařadit. Proto prosím, pokud hledáte odpověď na nějaký svůj problém, nadržte se striktně ve vymezeném oddíle, ale prohlédněte si i ostatní. Možná, že právě zde najdete odpověď, která vám pomůže při řešení vašeho problému.

2. Energie na vytápění a finanční stránka tepelných izolací

2.1 Stavím rodinný domek. Čím je nejlepší jej vytápět?

Jedno z pravidel říká, že začít negativním přístupem jakoukoliv publikaci určenou široké veřejnosti je nevhodné, protože se již na začátku mnoho čtenářů odradí. Přesto tak činím, protože tato otázka je velmi častá. Bohužel je nevhodně položená a navíc obvykle odstartuje zdoluhavou debatu o tepelných izolacích, protože z čeho a jak stavět tázající často neví. Přitom stavba a způsob užívání ovlivňují výběr způsobu vytápění i použité palivo.

Pro odpověď na otázku čím vytápět je v první řadě nutné znát přesně, co se bude vytápět, dále jaké jsou možnosti a požadavky na vytápění. Každému je jisté jasné, že pokud bude dům velmi dobře tepelně izolován, bude mít rekuperaci vzduchu, bude tepelná ztráta (potřeba příkonu energie) minimální. Může činit například 2 kW při vnější teplotě -15°C a vnitřní $+20^{\circ}\text{C}$, pak je nejjednodušší použít pro vytápění nějaký malý a vysoce komfortní zdroj tepla, protože investovat velké částky do tepelného čerpadla, a nebo si pořizovat kotel na dřevo, který má výkon minimálně 18 kW, je nesmyslné. Obvykle říkám, že takto tepelně izolovaný dům je možné vytápět třeba i žehličkou, i když jde samozřejmě o nadsázku.

Naopak pokud bude potřeba vytápět rozsáhlou usedlost například typu Karlštejna, která je umístěná na samotě v lesích a vlastní ji nezaměstnaný, jenž ani v budoucnu zřejmě nesežene dobře honorovanou práci, pak je nejlevnější v létě si připravit dřevo na vytápění a v zimě jím topit.

Záměrně uvádím dva mezní extrémy, s nimiž jsem se zatím v praxi nesetkal. Je z nich ale patrná nutnost vědět, co budeme vytápět, jaké máme požadavky na komfort obsluhy i cenu paliva a jaké energetické zdroje jsou k dispozici.

2.2 Jaké jsou ceny energií na vytápění? Které palivo bude v budoucnu nejlevnější?

Ceny energií na vytápění podléhají velmi častým změnám a ani výhledově se ceny nebudou stabilizovat. V odpovědi na tuto otázku nelze proto přesně říct, že vytápění jednou energií je výhodnější než vytápění jiným zdrojem. Když uvažujeme o cenách energií, je nutné si uvědomit mnoho nákladů, které je v souvislosti s energiemi nutné vynaložit. V první řadě se jedná o účinnost tepelného zdroje. Jistě je každému jasné, že elektřina se na teplo přemění téměř beze ztrát, ale při spalování hnědého uhlí vznikají obvykle veliké ztráty. Účinnost přeměny energie obsažené v uhlí je obvykle mezi 55% (u klasických kotlů) až 80% (u automatických kotlů). Velká část energie nám tedy uniká. Jednak je kotlem vyžárena bez užitku do prostoru kotelný, jednak uniká formou velmi teplých kouřových plynů. Tato účinnost může však být ještě nižší, což může být dáno nedokonalým spalováním, kdy se uhlík nemění na oxid (kysličník) uhličitý, ale pouze na oxid (kysličník) uhelnatý. Část energie může dokonce zůstat jako nespálené zbytky v popelu.

Jedním z podstatných faktorů ovlivňujících cenu tepla je tedy účinnost zdroje. Dalším faktorem jsou investiční náklady, které se musí do zdroje během jeho životnosti rozpustit. Pokud si tedy pořídíme kotel na vytápění za 45 000,-Kč a uvažujeme, že vydrží 15 let, znamená to roční náklady ve výši 3 000,- Kč. Jestliže si však pořídíme tepelné čerpadlo za 300 000,- Kč, tak při stejné životnosti to znamená, že ročně na investici přispíváme 20 000,-Kč.

Dalším nákladem je cena obsluhy zařízení a cena stálých nákladů. Je sice pravda, že i přes nízkou účinnost kotle na uhlí je tato energie v současnosti nejlevnější. Pokud ale k její ceně připočteme čas, který stráví obsluha zatápěním, přikládáním, vybíráním popela apod., tak se uhlí může hezky prodražit, pokud čas bude oceňován tak, jak je ohodnocen v zaměstnání či při příležitostné práci. I stálé poplatky mohou mít svůj význam. Je nutné platit za kominíka, odvoz popele, revize plynu apod. Naopak kladně při rozhodování o použití elektřiny či zemního plynu může naše úvahy ovlivnit to, že při vytápění elektřinou či zemním plynem budeme mít nižší sazbu za ostatní energii, kterou spotřebováváme na ohřev vody, vaření a další provoz domácnosti.

Při uvažování o budoucím vývoji cen energií je nutné si uvědomit, že se uvažuje o zavedení ekologické daně, kterou by se mělo platit za produkci skleníkových plynů. Zde se pomýšlí na to, že různá paliva budou mít různý koeficient odpovídající jeho produkci emisí při výrobě a zpracování. Proto například elektřina bude pravděpodobně zatížena koeficientem 4, neboť účinnost výroby elektřiny a jejího přenosu k zákazníkovi je okolo 25%.

Pokud bychom si chtěli vypočítat cenu vytápění, je nutné vzít jednotkovou cenu paliva, vydělit ji výhřevností (nebo spalným teplem) a vynásobit účinností kotle. Tím získáme cenu tepla v korunách na jednotku energie. Pokud budeme ve výpočtu uvádět výhřevnost v kWh, získáme cenu v korunách na kWh. Pozor! u kotlů na zemní plyn je nutné buď uvádět výhřevnost (a nikoliv spalné teplo, ve kterém je plyn fakturován) a nebo je nutné výrazně snížit ve výpočtech účinnost kotlů.

Přibližné výhřevnosti jednotlivých paliv a kotlů jsou uvedeny v příloze 14.

2.3 Je možné získat nějaké dotace na zateplování?

Bohužel získání dotací na zateplování je v současné době velmi problematické. Záleží samozřejmě na typu žadatele a na fondu či dotačním titulu, ze kterého chcete podporu čerpat. Dnes však obecně platí, že podporu na dodatečné tepelné izolace není možné s výjimkou obnovy panelových domů získat. U panelových domů lze dostat podporu ve výši 4% dotace úroků z úvěru. Musí se ale jednat o komplexní opravu panelového domu. Dotace vychází z programu Panel, který podporuje rekonstrukce domů panelové výstavby většiny stavebních soustav.

Aktuální informace o datacích na zateplení a ekologická opatření lze najít například u České energetické agentury na www.ceacr.cz, u Státního fondu životního prostředí na www.sfzp.cz nebo na Ministerstvu pro místní rozvoj na www.mmr.cz, popřípadě i na dalších institucích a serverech tak, jak budou jednotlivé dotační tituly obhospodařovat. V tomto směru je dobrá publikace Podpora v podnikání, kterou každý rok vydává ministerstvo průmyslu a obchodu. Zde bývají veškeré možné dotace uvedeny aspoň heslovitě.

2.4 Prosím vás o zevrubné zhodnocení návratnosti investice zateplení rodinného domu.

Již v úvodu mé reakce na tuto prosbu musím konstatovat, že dodatečné tepelné izolace leckdy nejsou ekonomicky opodstatněné. Je však nutné si uvědomit, že účelem tepelné izolace není pouze spořit tepelnou energii, ale její význam je širší. Vyloučí se například tepelné mosty, které mohou vést ke vzniku plísní, zvýší se povrchová teplota stěn, což zvyšuje komfort bydlení. U panelových domů i u některých dřevostaveb má dodatečná tepelná izolace velmi kladný vliv na stárnutí celé konstrukce domu, a proto je velmi vhodné provést správné zateplení, neboť se tím výrazně prodlouží životnost stavby. To ostatně může platit i pro ostatní domy. Nemalý význam při zateplování objektů má i estetická stránka věci, která dokáže z nudných šedých domů udělat radostné a tvůrčí prostředí. Bohužel při zateplování může vzniknout i strakatá kýčovitá fasáda či fasáda sice barevná ale stále působící uniformně.

Na hodnocení návratnosti tepelných izolací má velký vliv cena této tepelné izolace. Pokud se například bude zateplovat dům s výbornou omítkou, je cena přibližně 1400,-Kč/m². Jestliže však bude nutné na této stěně provést novou omítku, lze odečíst náklady na opravu této stěny. Především tedy postavení a pronájem lešení, dále penetraci podkladu, oplechování parapetů, povrchovou vrstvu apod. Výsledkem bude, že náklady spojené se zateplením budou přibližně 400,-Kč/m², což je cena tepelné izolace vč. lepidla, kotvicích a dalších prvků a práce na toto. Zbývající náklady budou vynaložené pouze na opravu, a není tedy možné je do ceny investice započítávat.

Rozdílná cena může být způsobena i tím, že nám práci provede některý soused, nebo že si ji provedeme částečně sami. Zde je nutné varovat před sousedy – praktiky, kteří často v dobré víře pomohou, ale jejich názory nejsou v souladu s posledními znalostmi.

Do ekonomického výpočtu je nutné doplnit druhou stranu, tedy výdaje na teplo v závislosti na druhu paliva. Pokud vytápíme propan-butanem, bude nám jistě návratnost vycházet diametrálně kratší, než pokud vytápíme dřevem, které si sami kácíme.

Jak je z výše uvedeného patrné, nelze obecně spočítat návratnost zateplování. Při těchto výpočtech je vhodné si uvědomit, jak velké procento energie na vytápění je možné ušetřit a kolik nás tato energie stojí. Pokud si spočítáme, či necháme spočítat, kolik by nás dodatečná tepelná izolace stála, velmi rychle dojdeme k výpočtu návratnosti izolace.

Na závěr bych chtěl říci, že podle mých zkušeností se obvykle na každém domě najde místo, na němž je možné velmi efektivně provést tepelnou izolaci, a náklady na ni se nám rychle vrátí. Tím místem může být stěna mezi nevytápěnou kůlnou a obytnou částí, či strop nad garáží. Obecně je to takové místo, kde není nutné provádět náročné povrchové úpravy, jako jsou omítky, izolace proti vodě apod.

2.5 Kolik procent energie uniká z rodinného domku okny?

Na tuto otázku není jednoduché odpovědět, protože jednak vždy záleží na tom, o jak izolovanou stavbu se jedná, jednak jaké jsou tepelné zisky z vnitřního prostředí a jaké ze slunce. Poněvadž jde o velmi častou otázku a protože ji výrobci různých materiálů často zneužívají pro propagaci svých systémů, je zde spočítán jeden obvyklý rodinný domek v různých variantách použitých materiálů. Výsledky jsou uvedeny v příloze 15. Zde je zajímavé nejen procentuální rozložení tepelných ztrát mezi jednotlivé konstrukce, ale i různé roční potřeby tepla pro různé provedení jednoho a téhož domu.

Pro výpočet byl zvolen jednotný tvar domu, který je typický pro 70. léta. Pro výpočet tepelných ztrát však není ani tak rozhodující tvar domu jako velikost a kvalita jednotlivých konstrukcí oddělující vnější prostor od vnitřního. Důležitá je pochopitelně i orientace ke světovým stranám a zastínění jednotlivých stran. Počítaný dům má čtvercový půdorys 10 x 10 m, dvě obytná vytápěná podlaží. Okna mají celkovou plochu 30 m², stěny 210 m², obestavěný prostor je 600 m³. Možný vzhled domu je na obr. 1, ale dům může mít i jiný vzhled. Dům byl vždy posuzován s využitím tepelných zisků z oslunění a z vnitřních zdrojů a bez nich (varianta A a B). Tento dům se počítal v následujících variantách:

Varianta 1: Klasický starší dům, stěny se součinitelem prostupu tepla $U = 1,4 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ (například cihelná stěna z plných cihel o tloušťce 45 cm), okna dvojí, strop hurdiskový s izolací z pěnového polystyrénu o síle 4 cm, podlaha na terénu s izolací 2 cm a tepelné mosty ve výši $\Delta U = 0,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

Varianta 2: Stejný dům, ale stěna je zateplená 10 cm pěnového polystyrénu.

Varianta 3: Opět stejný dům, ale okna jsou vyměněná za plastová se součinitelem prostupu tepla $U = 1,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

Varianta 4: Opět stejný dům, pouze střecha má dodatečnou tepelnou izolaci o síle 10 cm.

Varianta 5: Tato varianta představuje celý dům tepelně izolován tak, jak popisují předchozí varianty 2 až 4.

Varianta 6: Tato varianta prezentuje stejný dům provedený podle požadavků současné normy na tepelné izolace

Varianta 7: Opět vychází z normy. Tentokrát jsou však použity doporučené hodnoty tepelných izolací. Navíc předpokládáme lepší řešení tepelných mostů, které se projeví jejich minimalizací na polovinu.

Varianta 8: Tato varianta představuje dům, který je možné si v současné době běžně postavit bez nějakých extrémních nákladů na stavbu. Plastová okna mají součinitel prostupu tepla $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, stěna je sendvičová s 16 cm tepelného izolantu, na stropě je 26 cm izolace, v podlaze 10 cm. Předpokládá se, že pozornost bude věnována zejména tepelným mostům, které se zde snížily na hodnotu $\Delta U = 0,02 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

3. Novostavby

3.1 Co je to nízkoenergetický a pasivní dům a kolik takový dům stojí?

Hodnocení energetické potřeby domu se děje mnoha různými způsoby, respektive energie potřebná pro provoz domu se vyčísluje různě - viz kapitola Teorie a výpočtové postupy. V německy mluvících zemích se začaly prosazovat úspory energií poněkud dříve než u nás a tehdy se z propagačních důvodů začaly domy podle toho různě nazývat. Pro domy s nízkou potřebou energie se používalo označení nízkoenergetický. A protože je v těchto zemích zvykem hodnotit potřebu tepla na vytápění v kWh za rok přepočtenou na 1 m^2 , stanovilo se postupně, že dům je nízkoenergetický, pokud má potřebu tepla na vytápění nižší než 50 kWh/m^2 za rok. Postupem doby se začaly projektovat a stavět domy s výrazně nižší potřebou tepla než kýžených 50 kWh/m^2 za rok. Ty se pak začaly nazývat pasivními. Zde činí maximální potřeba tepla na vytápění 15 kWh/m^2 za rok. Postupně se však zjistilo, že u těchto domů jsou nároky na příkon energie na vytápění tak malé, že je nutné se zaobírat domem jako celkem. Vznikla tabulka, ve které jsou uvedeny maximální potřeby energií na celý provoz rodinného domku. V příloze 4 jsou uvedeny maximální roční potřeby energie pro pasivní dům. Celková roční potřeba energie zahrnuje nejen vytápění, ale i praní, chlazení, vaření, osvětlení, provoz motorů a podobně. Primární energie pak navíc zahrnuje ztráty, jež při výrobě energie pro dům vznikají, je zde tedy zohledněna nízká účinnost tepelných elektráren či jiné výroby energie dále pak v domě používané. Zde je nutné si uvědomit, že uvedená čísla, jež charakterizují pasivní dům, jsou orientační.

Uvažujeme-li s různými klimatickými podmínkami, můžeme velmi lehce zvýšit či snížit výpočtovou potřebu tepla a tím dům do kategorie dostat, nebo z ní naopak vyloučit. Jeden dům může mít v závislosti na klimatických a dalších podmínkách vyčíslenou potřebu tepla na vytápění např. od 12 do 19 kWh/m^2 za rok.

I potřeba tepla definovaná pro pasivní domy jde ještě důslednějším projektováním, maximalistickým používáním tepelných izolací a využíváním nejmodernějších materiálů a postupů snížit, což vedlo ke vzniku další kategorie – domy s nulovou potřebou energie. Tyto domy jsou z hlediska potřeb tepla na vytápění zcela soběstačné a není nutné je vytápět dalšími palivy.

Pokud se jedná o cenu stavby, tak nelze hovořit o úměře mezi cenou stavěného domu a úsporami energie. Obvykle se tvrdí, že nízkoenergetický dům je o cca 10 až 15% dražší než obvyklý dům. Tato čísla vycházejí z různých rakouských studií porovnávajících obvyklou konstrukci domu s domem se zesílenou tepelnou izolací. U nás je obvyklým domem dům provedený z cihel typu THERM pero + drážka, je tudíž možné vhodnou záměnou této konstrukce za jinou (betonové tenkostěnné tvárnice, dřevostavba, dvouvrstvý sendvič) použít levnějších konstrukcí s nižší potřebou doplňkových konstrukcí jako jsou překlady a podobně. Tím je možné cenu nosné konstrukce natolik snížit, že přidání kvalitní tepelné izolace cenu celého domu nezvýší nad úroveň obvyklé ceny stavby. Může se i stát, že celá stavba bude nakonec při započítání všech kladů levnější než klasická stavba, která má ostatní užité vlastnosti stejné.

Při snížení investičních nákladů na hrubou stavbu se současným snížením potřeby energie na vytápění si můžeme jako stavebníci dovolit zvolit teplovzdušné vytápění s rekuperací a tepelným čerpadlem, u něhož budou pořizovací náklady téměř srovnatelné s klasickým teplovodním vytápěním zemním plynem u klasického domu. Tento způsob vytápění je u takto energeticky málo náročných domů efektivní a přinese další provozní úspory a větší užité vlastnosti domu, například čistší vzduch, možnost jeho filtrace, chlazení, zvlhčování apod.

3.2 Jak silnou tepelnou izolaci má dům mít? Jaký mají mít tepelný odpor a součinitel prostupu tepla jednotlivé konstrukce?

Tuto otázku lze pojmout dvěma způsoby. Jedním z nich je, jaké mají být součinitele prostupu tepla podle normy a druhým je, co lze z praktického hlediska považovat za moudré. Nyní se budu věnovat otázce, jaká síla tepelných izolací mi připadá moudrá a popřípadě i proč. Požadavky normy jsou uvedeny v jiné části této knížky. Za praktické návrhové tloušťky tepelných izolací lze považovat následující parametry:

konstrukce		minimální hodnota dle ČSN	doporučeno dle ČSN	technicky optimální hodnota
1	dodatečné zateplení zdiva z cihel plných tl. 45 cm	8 cm izolantu	13,2 cm izolantu	12 až 16 cm izolantu
2	obvodové zdivo novostaveb	$U = 0,38 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	sendvičové zdivo s tepelným izolantem 25 cm, popřípadě nosné zdivo dodatečně zateplené minimálně 16 cm izolantu
3	obvodové stěny novostaveb z lehkých konstrukcí	$U = 0,30 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	tepelná izolace o síle cca 30 cm s vyřešenými tepelnými mosty
4	tepelná izolace podkroví	16 cm izolantu mezi krokve a 7 cm nepřerušované tepelné izolace nad ně, nebo pod ně, v případě přerušení minimálně 12 cm	24 cm tepelné izolace bez jakéhokoliv přerušení jinou konstrukcí (krokvemi, nosnými lištami...)	nedělat klasické obytné podkroví s krovem, ale projektovat buď ploché střechy, půdy, a nebo podkroví dělat z těžkých konstrukcí, či lehkých samonosných
5	tepelná izolace ploché a jiné těžké střechy	např. 12 cm souvislého tepelného izolantu	např. 19 cm souvislého tepelného izolantu	30 až 50 cm tepelné izolace
6	tepelná izolace podlahy na terénu	$U = 0,6 (0,38) \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	$U = 0,4 (0,25) \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	tepelná izolace o síle 15 až 20 cm
7	tepelná izolace podlahy na terénu s podlahovým vytápěním	např. 13 cm tepelného izolantu	např. 20 cm tepelného izolantu	tepelná izolace o síle 20 až 25 cm

K těmto parametrům, které jsou pochopitelně velmi poplatné době, kdy jsou vysloveny, momentálním cenám a technickým možnostem vedou tyto důvody:

- ad. 1. Tepelná izolace musí sledovat nejen ochranu budovy před tepelnými ztrátami, ale je také nutné, aby dům plnil svou estetickou funkci. Dále je nutné sledovat technické možnosti řešení. Je vhodné používat hmoždinky s ocelovým trnem, jejich hlavy zapustit do tepelného izolantu a překrýt tepelnou izolací (např. špuntem z polystyrénu, nebo přestříknout PUR pěnou).
- ad 2. Vnější obvodová konstrukce by se měla stavět tak, aby pokud možno splňovala nejen současné požadavky na stavění, ale aby zároveň dům pokud možno co nejlépe vyhovoval po celou dobu životnosti stavby. Z těchto důvodů je vhodné stavbu provádět s co nejvyšším tepelným odporem konstrukcí. Sendvičová konstrukce navíc umožní elegantně vyřešit mnohé stavební detaily, které jsou jinak z hlediska tepelných mostů velmi obtížně řešitelné, jako je např. osazení otvorových výplní, tepelné mosty u základů, překladů, ztužujících věnců apod.
- ad 3. Lehké stěny se ve velké míře sestávají z tepelné izolace, která vyplňuje prostor okolo nosné konstrukce. Nejsme tedy omezeni tloušťkou stěny a vzhledem k tomu, že stěna má minimální akumulční vlastnosti, je vhodné ji zaizolovat co nejvíc. Problémem zde bývají tepelné mosty, způsobené nosnou konstrukcí. Tyto tepelné mosty je nutné minimalizovat stejně jako tepelné vazby (mosty) mezi jednotlivými svislými konstrukcemi, při styku s podlahou, se stěnou apod.
- ad 4. Krokve a další konstrukce způsobují výrazné tepelné mosty, takže jsme již ani podle požadavků minulé normy nebyli schopni tyto požadavky pokrýt tepelnou izolací vloženou mezi běžné krokve. Dochází ke zpřísnění těchto požadavků, a je proto na projektantech, aby se zamysleli nad celkovou koncepcí stavby. S ohledem na tyto požadavky by měli navrhovat nové konstrukce tak, aby nedocházelo ke lpění na tradičních způsobech stavby na úkor ekonomiky staveb. Je několik možných cest a vždy záleží na projektantovi, kterou cestou se vydá.

Ploché střechy skýtají podstatně větší využití posledního podlaží. Konstrukčně jsou jednoduché a díky novým stavebním materiálům a hlubší znalosti fyzikálních jevů je možné je navrhovat jako plně funkční s velmi dlouhou životností. Ploché střechy je možné využít i k rekreaci. Po osázení rostlinami rozšiřují zelené plochy. Obě tyto možnosti jsou výhodné zejména v městských a vilových zástavbách, v nichž je každý kousek zeleně a soukromého prostoru vítán. Ploché střechy mohou být i estetické, což nám dokazuje funkcionalismus třicátých let minulého století i některé současné stavby, viz obr 2.

Další možností je vrátit se ke klasické stavbě, kdy pod střechou byla neobývaná půda. Je také možné volit konstrukci střechy ze samonosných tepelně izolačních prvků a podpůrnou konstrukci pod nimi dělat pouze tak, jak je nutné pro tyto prvky (obvyklý rozpon je 3 až 5 metrů). Lze se také zabírat klasickou šikmou střechou, zhotovenou však z obdobných konstrukcí, jako se provádějí stropy spodních podlaží. Toto řešení také způsobí, že celá stavba bude řešena jako těžká a nebude tedy docházet ke kombinaci těžké stavby ve spodních podlažích a lehké stavby ve střešní nástavbě realizované dřevěnou skeletovou konstrukcí (krovem).

- ad 5. Co se týká síly tepelné izolace, konstrukce střechy nás obvykle vůbec neomezuje. Střechou uniká více tepla, neboť dochází k "studenému osálávání" z vesmíru. Je zde proto vhodné jít na takovou sílu tepelné izolace, u níž dochází k vyvážení energetických potřeb na její výrobu a zabudování do stavby s množstvím energie, kterou ušetří za dobu předpokládané životnosti. „Studené osálávání“ je v podstatě jev, který nastává proto, že tělesa si vzájemně vyměňují energii sáláním. Pokud však jedním z těles je obloha, která má při jasném počasí teplotu blízkou se $-273\text{ }^{\circ}\text{C}$ dochází vlastně k únikům tepla z pozemských těles do vesmíru bez návratu jakékoliv tepelné energie zpět. Jedná se tedy o výrazné radiační ochlazování.

- ad. 6. Tepelná izolace podlahy na terénu je dána jednak požadavkem, aby pruh v šířce 1 m od okolního prostředí měl stejný součinitel prostupu tepla U jako je u vnější obvodové konstrukce, v ploše podlahy pak tato hodnota může být snížena na cca $\frac{1}{2}$. V praxi to znamená, že v šířce 1 m od exteriéru má být tepelná izolace silná minimálně cca 10 cm, v ostatní ploše cca 6 cm. Doporučuje se pak síla v pásu 1 m od exteriéru 15,3 cm a v ostatní ploše 9,3 cm. Protože je zejména u menších objektů konstrukčně složité dělat rozdílnou sílu tepelné izolace, je vhodné se držet jednotné tloušťky po celém objektu. Silnější tepelná izolace nám navíc pomůže řešit problémy s detailem u navázání obvodové konstrukce.
- ad 7. Podlaha s vytápěním je obvykle těžkou konstrukcí, neboť hmotnost konstrukce mezi tepelnou izolací a interiérem překračuje hmotnost 100 kg/m^2 . Proto v požadavcích uvádím (podle normy) pouze hodnoty pro těžké konstrukce. Opět je lepší realizovat tepelnou izolaci o něco silnější, než se předepisuje. Zároveň tím dojde i k zohlednění výjimečných tepelných mostů, jako je např. prostup kanalizace apod.

3.3 Z čeho je nejlepší postavit rodinný dům?

Kdyby zodpovědět tuto otázku bylo tak jednoduché, jako ji položit, tak se staví pouze z jednoho materiálu. Odpověď je složitější a závisí na mnoha faktorech. V první řadě je nutné vědět, kdo bude stavbu realizovat a jaké jsou na dům kladeny požadavky, jaké jsou možnosti a mnoho dalšího.

V zásadě je možné stavět dům svépomocí, a nebo si objednat odbornou firmu.

Dále je možné stavět stavbu lehkou, nebo těžkou zděnou, či monolitickou, prefabrikovanou, či na místě stavěnou.

Osobně doporučuji stavět dřevostavby, které jsou o něco levnější a hlavně je u nich menší spotřeba energie na výrobu stavebních materiálů použitých ve stavbě. Nechuť k dřevostavbám je u nás zakořeněna od roku 1815, kdy vydal Císař římský František II. obnovené požární řády, ve kterých se zakazovalo v obydlených aglomeracích stavět dřevostavby. Toto nařízení mělo odstranit vysoká rizika požárů, neboť se v hojné míře používal otevřený oheň nejen na vytápění, ale i na vaření a osvětlení. Ostatně v dnešní době se dřevostavby používají ve větší míře, než si většina lidí uvědomuje. Pokud se staví rodinný dům obvyklým způsobem, tak se na obvodové zdivo použije cihelný blok typu Therm. Podkroví je řešeno zateplením v úrovni dřevěných krovů, takže podkroví je vlastně dřevostavba, v níž se jako nosné prvky použily dřevěné nosníky – krokve.

Dřevostavby je možné stavět jak montované, tak i stavěné na místě. Pro dnešní požadavky na tepelné izolace již nelze stavět klasické roubenky. Obvykle se jedná o stavby z nosných desek či sloupů. Dřevostavby mají v současné době jeden velký problém – je nutné je postavit tak, aby těsnily a aby nemohlo docházet k pronikání vzduchu z exteriéru do interiéru a naopak. Také je nutné zabezpečit, aby nemohl chladný vzduch proudit do konstrukce a tím ji ochlazovat. Pokud by například docházelo k zafukování exteriérového vzduchu mezi vnitřní povrch a tepelnou izolaci, pak by tato izolace nebyla funkční.

Dřevostavby je možné si objednat u některé firmy. Obvykle se jedná o montované stavby, v nichž je jako tepelná izolace použita minerální vlna. Druhou možností je systém K-KONTROL, který spočívá v tom, že je mezi dvě OSB desky vlepen pěnový polystyrén. U všech těchto staveb je nutné od dodavatele požadovat garanci na maximální provzdušnost při měření dle norem. Je vhodné splnit doporučené limity v ČSN 73 0540-2/2002. Dále je dobré požadovat garanci na pronikání vzduchu z exteriéru do tepelné izolace. Tato rizika hrozí zejména stavbám, u kterých je použita jako tepelná izolace minerální vlna. U systému K-KONTROL je v podstatě vyloučena, pokud nedojde k závažné technologické nekázni.

Druhou možností je postavit si vlastní dřevostavbu. Není to nic složitého, protože dřevo je poměrně lehké a krásně se s ním pracuje. Zde pak lze doporučit v místě stavby vybetonovat základové patky, do kterých se zabetonují ocelové U nosníky. K nim se pak přišroubují svislé sloupy tvořící nosnou konstrukci. Na ně se položí tepelná izolace a z obou stran jakákoliv povrchová vrstva a je to. Tepelná izolace musí mít pochopitelně dostatečnou tloušťku, z interiéru musí být provedena parotěsná izolace a naopak z exteriéru musí být difuzně otevřená neprodyšná vrstva, jež zabrání pronikání vzduchu.

Obvykle se za nevýhodu dřevostaveb považuje nižší tepelná akumulace, i když ta v mnoha případech může být naopak výhodou. Někdy je také akumulace zcela zbytečná, protože nemáme zdroje tepla, ze kterých bychom mohli teplo jímat a akumulovat. Nevýhodou dřevostaveb může být i relativně jednodušší násilné proniknutí skrz zeď.

U klasických zděných staveb je nutné si opět uvědomit, proč jsme si je oblíbili. Klasická zděná stěna je z bloků o síle 440 mm. Opět bychom se museli vrátit do doby Rakousko – Uherska, kdy byl vydán Stavební řád. V něm bylo zakotveno, že cihlová nosná zeď je silná 45 cm a na každé patro se rozšiřuje o 7,5 cm (přičemž bylo povoleno, aby se rozšiřovala každá dvě patra o 15 cm). Z této cihlové zdi (z klasických cihel) také vycházela naše první norma na tepelné izolace, jejíž požadavky platily do roku 1979. Od té doby požadavky několikanásobně vzrostly a tomu se museli přizpůsobit i výrobci. Dnešní cihelný blok typu Therm má zcela jiné fyzikální vlastnosti než původní plná pálená cihla.

Je tvořen sítí skořepinových přepážek, které mají za úkol maximálně cihlu odlehčit a vytvořit co nejvíce vzduchových komůrek, jež mají tepelně izolační vlastnosti. Navíc i surovina, z níž se cihla vypaluje, doznala výrazných změn. Přidávají se do ní různé další složky, které mají za úkol vylepšit její vlastnosti, například různá lehčiva, jež zvyšují pórovitost a tím i tepelně izolační vlastnosti. To se ale pochopitelně odráží i na dalších vlastnostech cihly jako je zvuková izolace, schopnost akumulace tepla, či její pevnost.

Zděné stavby je možné opět provádět jak svépomocí, tak i zadáním u stavební firmy. (Původně jsem místo stavební chtěl napsat odborné, ale pak jsem si uvědomil skutečný stav na našich stavbách a raději jsem to slůvko změnil.) V obou případech pak ale platí stejná zásada. Při současných vysokých nárocích na tepelné izolace je vhodnější oddělit různé funkce stěny a každou řešit speciálním materiálem. V praxi to znamená, že je vhodnější stavět vrstvené (sendvičové) zdi, kdy nosnou funkci přebírá pevný materiál, ať již se jedná o cihlu síly 175 až 240 mm, nebo betonovou tvárnici, a nebo jakýkoliv jiný materiál. Může jít např. o cihly ze starého domu a podobně. Na tuto nosnou zeď se pak dá tepelná izolace o síle minimálně 120 mm, ale lepší je 160 až 200 mm. Jako povrchovou úpravu je možné použít buď stěrkových omítek, které se používají např. při zateplování paneláků, a nebo je možné přizdít další stěnu, jež má za úkol ochránit tepelnou izolaci před povětrnostními vlivy. Místo stěrkové omítky pak lze v případě, že budeme dělat odvětrávanou fasádu, použít jakýkoliv vhodný obklad, ať již se jedná o prkna, cementovláknité desky, plastové lamely apod.

V poslední době je také dost těch, kteří propagují stavby domů z betonových tvárnici, v nichž se používá vnitřní zateplení. Jejich argumentem je, že se vytápí menší prostor než při vnějších izolacích a konstrukce mají minimální akumulaci, což je vhodné v době, kdy nikdo v objektu není přítomen. U těchto staveb je nutné věnovat zvýšenou pozornost všem detailům, u nichž by mohly vzniknout tepelné mosty. Jejich důsledné vyřešení je totiž nutnou podmínkou pro bezchybný provoz staveb s vnitřním zateplením. Dále je nutné řešit například možnost dilatování objektu. Nelze však obecně říci, že tyto konstrukce s vnitřním zateplením jsou nevýhodné, protože mají malou akumulaci tepla a protože tepelné izolace se mají dávat z vnější strany kvůli průběhům teplot v konstrukcích.

Pokud je stavba vyřešena systémově a nevznikají při její stavbě tepelné mosty, lze postavit výrazně levnější a přitom z hlediska tepelných izolací kvalitnější dům, než klasickým způsobem.

Závěrem lze tedy konstatovat, že dům je možné postavit z různých materiálů, ale je třeba si uvědomit, že každý materiál má svoje výhody i nevýhody a vlastnosti, které je nutné respektovat.

3.4 Mám vypracovaný projekt na stavbu nepodsklepeného rodinného domu s podkrovím. Zdivo je z cihel Therm, vytápění bude plynové, v přízemí částečně podlahové, v ostatních místnostech radiátory. Stavebnictví nerozumím, a proto si nechám postavit stavbu na klíč. Kde mohou vznikat největší problémy a na co bych si měl dát pozor?

V prvé řadě bych vám doporučil ještě jednou zvážit, zda by nebylo vhodnější nechat si postavit dřevostavbu, popřípadě bych ve vašem případě uvažoval o sendvičové stavbě, tedy slabé zděné stěně s přidáním silné tepelné izolace. Oba tyto systémy je totiž možné lépe kontrolovat, zda nebyly provedeny chybně. Pokud se však chcete držet vašeho projektu, je nutné si dát pozor na tato místa:

1. Tepelné mosty – všechna místa stavby musí splňovat požadavky ČSN 73 0540-2 z listopadu 2002, článek 5. V této kapitole jsou citované požadavky na nejnižší povrchové teploty konstrukcí. Tyto hodnoty jsou také uvedené v příloze 9 a 10. Ve vašem případě je možné se domnívat, že problémy vzniknou v těchto místech:

- **u základů**, tedy v místě postavení zdiva na základový beton. Zde dochází k vedení tepla svisle okolo tepelné izolace v podlaze. U podlahy tedy může být velmi chladné místo, v němž by mohlo docházet ke kondenzaci vodní páry. Tady doporučuji obložit z vnější strany základ a pokud možno ještě určitý kus zdiva tepelnou izolací z exteriéru, popřípadě je možné pod zdivo vložit desky z pěnového skla. Ty jsou však poměrně drahé.
- **na ostění okolo oken**. Zde je nutné použít speciální tvarovky pro ostění, které umožňují osadit okna na pěnový polystyrén.
- **vlastní okna**. Podle zmiňované normy sice musí být součinitel prostupu tepla okny $U \leq 1,8 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, ale pokud se provede podrobnější výpočet, dojde se k závěru, že u okna, které je na hraně požadavku stanoveného normou je problém splnit požadavek na nejnižší povrchovou teplotu okna. Prakticky by se měl součinitel prostupu tepla U rovnat $1,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Dále je nutné použít teplý („teplý“ znamená, že se nepoužije hliníkový, ale buď z nerezové oceli a nebo z plastu) rámeček mezi skla a ta musí být zasazena minimálně 28 mm do okenního křídla. U oken je další problém v rámech, které by měly být při použití měkkého dřeva široké 78 mm.

Ohledně plastových vícekomorových rámců nejsou seriózní informace k dispozici a tudíž není možné rozhodnout, které okenní rámy splňují podmínku minimální povrchové teploty. Je samozřejmé, že vyšší počet dutin dává předpoklad pro vyšší povrchovou teplotu v interiéru.

- **u ztužujícího věnce.** Klasicky se to na stavbách provádí tak, že se umístí na vnější líc ztužujícího věnce lignopor o tloušťce 50 mm. Jedná se o nedostatečnou izolaci.
- **u pozednice.** Zde obvykle bývá problém, že stavební firmy nedají do tohoto místa dostatečné množství tepelné izolace a neobalí celou pozednici minerální vatou.
- **u komína a ostatních svislých prostupů tepelnou izolací v podkroví.** Zde obvykle stavební firmy žádný tepelný most neřeší. Dochází tak často ke kondenzaci vodní páry na komínu a dalších svisle prostupujících konstrukcích v interiéru.
- **případné ztužující věnce v podkroví u tepelné izolace.** Pokud je ztužující věnec v místě tepelné izolace, je nutné si uvědomit, že teplo jím může proudit i svisle. V interiéru pak může dojít k poklesu teploty pod kritickou teplotu.
- **v podkroví, zejména u konstrukce krovu, ve styku izolací, u rozvodů elektroinstalace apod.** Zde je nutné si uvědomit, že tepelný most není jen místo, kde dochází k většímu tepelnému toku vedením, tedy kde teplo uniká skrz nějakou hmotu. Tepelný most je i místo, v němž dochází k únikům tepla prouděním, tedy provětráváním konstrukce. Nemusí ani docházet k infiltraci vzduchu do a z místnosti. Stačí jeho proudění mezi deskami tepelné izolace a sádkartonem. – v souvislosti s tepelnými mosty je také nutné se zmínit o tom, že v podkroví, kde mívají místnosti složitější tvar, záleží i na rozmístění nábytku a umístění radiátorů. Je nutné, aby do každého koutu mohl proudit teplý vzduch a aby v nich nevznikaly kapsy studeného vzduchu. Jednak je to velmi nepříjemné (často se v těchto místech nacházejí postele), jednak zde opět hrozí kondenzace vodní páry.

2. Tepelné izolace konstrukcí – již zmíněná norma 73 0540-2 udává minimální vlastnosti jednotlivých konstrukcí z hlediska tepelných izolací. Orientačně jsou tyto hodnoty uvedeny v příloze 8. Do uvedených maximálních součinitelů prostupu tepla se musí započítat i tepelné mosty. V praxi to tedy znamená, že není přípustné, aby zdivo typu Therm bylo doplňováno jakýmkoliv jiným materiálem, jako jsou jiné cihly, střešní tašky, a nebo malta, pak totiž zdivo jako celek nesplní tyto požadavky. Pokud je nutné cihlu zmenšit, není to možné udělat zednickým kladívkem, jak je běžné, ale cihla se musí uříznout pilou. Svislé spáry, pokud se jedná o tvarovky P+D (pero + drážka) se nepromaltovávají. Vodorovné spáry mají mít výšku maximálně 12 mm a malta by měla být nanесena nikoliv celoplošně, ale pouze v pásech. Zde doporučuji vyžádat si od dodavatele cihel technická pravidla zdění. Dále se obvykle chyby dělají u podlah. Zde je požadavek, aby podlaha na terénu v šířce 1 m od obvodového zdiva měla vlastnosti zdiva, tedy tepelnou izolaci přibližně o tloušťce 10 cm. Ostatní podlaha má pak mít tepelnou izolaci o tloušťce 6,5 cm. Pokud je v podlaze podlahové vytápění, musí být tepelná izolace silná minimálně 12,5 cm. Doporučuji Vám tuto tloušťku tepelné izolace zvýšit minimálně o 5 cm, lépe o 8 cm. Poslední problematiku místo je tepelná izolace podkroví. Zde je nutné si uvědomit, že se podle ČSN 73 0540-2 jedná o lehkou stavbu, navíc je nutné započítat tepelné mosty krokvemi, montážními sponami, latěmi apod. Požadavek na výslednou tloušťku tepelné izolace s ohledem na tyto lineární a bodové tepelné mosty poté vychází na 24 cm.

3. maximální provzdušnost je dalším požadavkem na stavbu. Ve zmíněné normě se nachází požadavek, který říká, že spáry mezi různými konstrukcemi musí být natolik vzduchotěsné, že jejich těsnost musí být větší, než je chyba měření vzduchotěsnosti. V praxi to tedy znamená, že by vám měl do domu proudit vzduch pouze funkčními spárami, což jsou spáry mezi pevnými a pohyblivými částmi stavby (okna, dveře). Vzduch by do místnosti neměl proudit zásuvkami, lustrem, spárami okolo střešních oken, spárou mezi sádkokartonem a zdivem apod.

Zde je vhodné od dodavatele stavby požadovat splnění doporučených hodnot, tedy aby při přetlaku 50 Pa docházelo k maximální doporučené výměně vzduchu, což ve vašem případě je $n = 4,5$ 1/hod. Tento požadavek znamená, že při rozdílu tlaku 50 Pa se vzduch v místnosti vymění 4,5krát. Jde o sice poměrně značnou výměnu vzduchu, ale je nutné si uvědomit, že se jedná o rozdíl tlaků 50 Pa, což je mnohokrát více, než je obvyklé.

4. těsnost parozábrany je dalším důležitým požadavkem na stavbu. Parozábrana musí být spojována speciální oboustrannou páskou (nikoliv izolepou) a ke zdivu a dalším konstrukcím musí být dotěšňována pěnovou páskou. Jakékoliv lokální poškození musí být správně přelepeno. Není přípustné např. proříznutí pro vedení elektroinstalace a podobně.

Dále vám doporučuji použít pro vytápění kondenzační plynový kotel a použít nízkoteplotní vytápění, což znamená, že při maximální zimě nebudete mít radiátory teplejší jak 55°C (lépe ještě méně). Při běžném počasí budou neustále mírně vlažné. Kotel by měl být dimenzovaný přesně na vypočtené tepelné ztráty. Neměl by mít větší výkon, než jsou tepelné ztráty, protože jinak má nižší účinnost a častěji se vypíná, což vede k jeho rychlejšímu opotřebení. Výrobce kotle doporučuji konzultovat se servisním střediskem, které se vám bude o kotel starat. Jistě vám doporučí takový typ kotle, jenž má málo poruch a zároveň takový, který je v dané oblasti obvyklý a tudíž jsou na něj náhradní díly běžně dostupné a ty obvyklé jsou na skladě. Případnou garanci bezporuchovosti, rychlosti oprav a podobně lze vyžadovat i od dodavatele kotle.

3.5 Rozhodujeme se využít při stavbě RD z důvodů dobrých tepelně izolačních vlastností systém VELOX. Je třeba se obávat malé prodyšnosti systému?

Obecně řečeno systém VELOX, pokud je správně proveden, nemá problémy s difuzí vodní páry. Nevadí tedy, že je neprodyšný (viz kapitola difuze). Otázkou je, jak silnou tepelnou izolaci vám dodavatel nabízí. Ta by měla být pochopitelně co největší.

3.6 Mám novostavbu z cihel POROTHERM. Nyní se chystám dělat omítku. Mám tuto stavbu ještě zateplovat?

Vaše otázka, ač zní poměrně jednoduše, je komplikovaná. Pokud máte dům dobře postaven, nemáte na něm výrazné tepelné mosty, maltová lože mezi cihlami jsou silná maximálně 12 mm, je u běžných paliv dodatečná tepelná izolace poměrně nákladná a úspory energií ji nezaplatí. Pokud však budete používat drahou energii (např. propan), a nebo dům není zcela správně proveden, doporučuji vám jej dodatečně zateplit. Vyhnete se tím možným problémům s tepelnými mosty, které mohou vést k plísním v interiéru. Podrobnější posouzení je pochopitelně možné pouze po obhlídce stavby na místě.

3.7 V příštím roce plánujeme stavbu rodinného domku, který by měl být postaven z betonových skořepinových tvárnic. Jaká je zkušenost s touto stavební technologií?

Jedná se o nový zdící systém Be - Tong. V projektu máme navrženo podlahové vytápění a vnitřní zateplení. Jelikož jsme se na internetových stránkách dočetli, že tento způsob je nevhodný, chtěli bychom se zeptat, zda se u tohoto systému může eventuálně použít zateplení z venku (10 cm polystyrén + fasáda), anebo jiný druh zateplení (případně jaký) a topení teplovodní radiátorové? Bude tak zajištěn optimální způsob zateplení a vytápění domu? Jde nám o to, aby nedošlo v budoucnu ke srážení vlhkosti a z toho následující plísni na stěnách.

Systém stavby domů s vnitřní tepelnou izolací nemá u nás žádnou tradici. To je jeden z důvodů, proč se k němu i v odborných kruzích chová nedůvěra. Mnoho komentátorů tohoto systému si totiž neuvědomuje, že se jedná o celý systém, jenž řeší i tepelné mosty. Představa, že se jedná o běžnou stavbu, ve které se provede zateplení stěn stejně jako u zateplovacích systémů, ale pouze z interiéru neodpovídá skutečnosti. Toto by pochopitelně nebyl vhodný způsob. Pokud však systém řeší tepelné mosty, je možné provádět tepelnou izolaci i z interiéru. Ostatně podobná konstrukce je i u dřevostaveb, kde je také tepelná izolace umístěna vevnitř (a zároveň i venku). Proti tomuto systému se také namítá, že nemá žádnou (nebo má pouze malou) akumulaci schopnost. I toto však záleží na zvážení, protože u mnohých staveb může tepelná akumulace zvýšit spotřebu energie na vytápění. Navíc je možné topný systém řešit s řízenou tepelnou akumulací, což je jistě vhodnější, než přirozená neřízená akumulace tepla.

Upozorňuji však ještě jednou, že zateplovat zevnitř je možné tam, kde jsou vyřešeny tepelné mosty a difuze vodních par, což lze pochopitelně u novostaveb systémově řešit. Dodatečné tepelné izolace z vnitřní strany u stojících domů jsou velmi problematické a je nutné k nim přistupovat velmi opatrně a s komplexním pohledem na celou stavbu.

Stavby z tenkostěnných betonových tvárnic se v ČR zatím příliš neprovádějí. Tato technologie se využívá hlavně ve Francii, ale také ve Spojených státech i jinde. Obecně lze říci, že se jedná o zajímavou technologii, která je poměrně levná, rychlá a má proti cihelným tvarovkám P+D malé nároky na stavební místo (zdi jsou slabší). Zateplení z interiéru přináší některé výhody, jež zatím neumíme docenit. Tím je např. velmi snadné vedení různých rozvodů, ať již se jedná o elektroinstalaci, topení či sanitární rozvody.

Stavbu ze skořepinových betonových tvárnic je možné samozřejmě zateplovat i z vnější strany. Zde pak platí všechna doporučení jako u jiných staveb, tedy co největší síla tepelné izolace, alespoň 160 mm. Zateplení z exteriéru je možné provést jakýmkoliv způsobem, tedy jak kontaktním zateplovacím systémem, tak i odvětrávanou fasádou.

3.8 Chceme si postavit srub. Stačí dřevěná stěna silná 25 cm, nebo musí být silnější?

V současné době je stanoven normou ČSN 73 0540-2 požadavek na nejnižší součinitel prostupu tepla U , který je v tomto případě pro stěnu těžkou (plošná hmotnost nad 100 kg/m^2) $U_N \leq 0,38 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. V praxi to tedy znamená, že pro splnění normových požadavků na maximální součinitel prostupu tepla U byste museli mít stěny srubu silné 45 cm. To je u nás nereálné. Doporučuji vám proto změnit konstrukci stavby. Pokud chcete setrvat u přírodních materiálů, je například možné postavit stavbu s dvojitou stěnou z plných dřevěných profilů a dutinu mezi nimi vycpat například tepelnou izolací z ovčí vlny.

Na obr. 3 je srubová stěna včetně základu a na obr. 4 je průběh teplot v této stěně. Je patrné i poměrně kritické místo v napojení základu na srubovou stěnu.

3.9 Uvažuji o zateplení rodinného domu postaveného z pórobetonu (Ytong).

Je otázkou, zda je ve vašem případě vhodné dávat dodatečnou tepelnou izolaci na novostavbu, jestli se vám to vyplatí. Závisí to pochopitelně na stávajících tepelně izolačních parametrech konstrukce, tedy zejména na tom, z jak silného zdiva je stavba postavená a dále jaký materiál byl použit. Pokud se však oprostíme od těchto ekonomických úvah, pro zvážení vhodnosti zateplení je nutné znát vlhkost stěny. Pórobeton se totiž vyrábí tak, že se při výrobě propaňuje, čímž se urychluje jeho tvrdnutí. Bohužel to s sebou nese skutečnost, že je díky výrobě značně vlhký. Běžně se uvádí, že plynosilikát má z výroby vlhkost 8%. Navíc při stavbě velmi často dojde k promočení tvárnic srážkovou vodou, takže je tento materiál velmi nasáklý. Jeho vysychání trvá poměrně dlouho. Protože doba vysychání záleží na mnoha podmínkách, jako je druh vnitřních a vnějších omítek, vlhkost zdiva v době dokončení stavby, vlhkost vzduchu v místnostech i konkrétní klimatické podmínky, není možné vám zodpovědně napsat co se stane po zateplení plynosilikátového zdiva s jeho vlhkostí. V příloze 16 je tabulka a graf vysychání plynosilikátového zdiva silného 375 mm s oboustrannou omítkou. Vlhkost zdiva je řešena pro 6 případů – zdivo s počáteční vlhkostí 8%, 12%, 16% bez dodatečné tepelné izolace a s dodatečnou tepelnou izolací z pěnového polystyrénu o tloušťce 50 mm. Výpočty byly provedeny pro vnitřní relativní vlhkost vzduchu 50%. Hodnocené období bylo dlouhé 20 let.

3.10 Při větru máme v podkroví zimu. Je to tím, že nám stavební firma špatně udělala zdi? Nebo co by toho mohlo být příčinou?

Děkuji za zajímavý dotaz, který zasahuje do méně obvyklé problematiky, a sice těsnosti objektu. Ve vašem případě je velmi pravděpodobné, že zvýšené tepelné ztráty, jak sám v dotazu uvádíte, souvisí s větrem. Může se jednat buď o pronikání vzduchu z exteriéru do interiéru, odborně řečeno o infiltraci, lidově řečeno o nadměrné větrání netěsnostmi. Druhým možným důvodem může být provětrávání tepelné izolace, tedy zafoukávání mezi sádrokarton či jiný materiál tvořící vnitřní konstrukci a tepelnou izolaci.

První případ nastává tam, kde je chybně provedena parotěsná fólie, popřípadě vůbec není a kde není ani vzduchotěsná vrstva, která by se měla dávat nad tepelné izolace. Často jako vzduchotěsná vrstva slouží pojistná hydroizolace. V normě ČSN 73 0540-2 je uvedeno, že všechny spáry mezi konstrukcemi musí být tak těsné, že při měření tam vzniká menší pronikání vzduchu, než je přesnost měření. Prakticky tedy musí být vždy vzduchotěsné. Bohužel stavby, zejména v podkroví a tam kde se jedná o lehkou stavbu tento požadavek nesplňují. Dokumentovat tento někdy až hrůzný stav je možné na obrázcích z podkrovní místnosti jedné novostavby. Na Obr. 24 je fotografie pohledu této místnosti, na obr. 25 je termogram stejného stropu v běžných případech a na obr. 26 pak té samé místnosti, ovšem po vyvolání podtlaku v místnosti, čímž byl simulován ostrý vítr v exteriéru. Myslím, že obrázky není nutné příliš komentovat. Rozdíl mezi obrázkem 25 a 26 je příliš patrný a velikost ztrát tepla těmito netěsnostmi je obrovský a jen velmi těžko vyčíslitelný.

Druhý případ, tedy že zafoukává mezi sádrokarton či jinou povrchovou vrstvu a tepelnou izolaci je také poměrně častý, ale podstatně obtížněji prokazovatelný, protože řízené vyvolání pohybu vzduchu uvnitř konstrukce není možné a čekat s měřením na počasí větrné a po nějaké době bezvětrné a zároveň mít srovnatelné okrajové podmínky, tedy nejen teplotu interiéru a exteriéru, ale i obdobný předchozí průběh teplot je nemožné. Na obr. 27 je termogram podkrovní vestavby ve starším domě. Je patrná krovová soustava, okolo které u stropu fouká do interiéru (ozn. č. 1). Zajímavější je však zadní stěna, kde jsou patrné různé nepravidelnosti (označeno č. 2).

Ty jsou dány tím, že právě zde fouká vzduch z exteriéru mezi sádrokarton a tepelnou izolaci. podle míry foukání dochází k různě intenzivnímu ochlazování vnitřního povrchu, což je právě patrné na termogramu. Na tomto obrázku je ještě zajímavé jedno místo, a sice bod na stropě (odkaz 3). Ten je takto tmavý proto, že zde docházelo k infiltraci v místě vytrubkování elektroinstalace pro lustr.

Na závěr této odpovědi je ještě nutné říci, že norma ČSN 73 0540-2 upravuje maximální povolenou intenzitu výměny vzduchu za konkrétních podmínek.

4. Okna

4.1 Kolik utíká tepla okny? Je pravda, že jimi uniká nejvíce tepla?

V zásadě je možné říci, že okna jsou tradičně nejslabším článkem tepelných izolací domů. Kolik utíká danou konstrukcí tepla, to je nutné spočítat přesněji. Některé typické případy jsou zpracovány v jiné kapitole této knížky. Je však nutné si uvědomit, že okny uniká teplo mnoha různými způsoby, což je schématicky naznačeno na obr. 5. Prvním z nich jsou úniky tepla skrz zasklení. Jde o typický únik tepla obdobný jako u ostatních konstrukcí, tedy stěn, střech apod. Pro minimalizaci takových tepelných ztrát se mezi skla používají takové plyny, které vedou hůře teplo, a pochopitelně se používají vícenásobná zasklení. Tím se plyn mezi skly „rozdrobí“ na více vrstev, mezi kterými nemůže prouděním plynu docházet k přenosu tepla. Náplň z různých plynů pak zmenšuje přenos tepla mezi skly prouděním. Bohužel je na stavbě velmi obtížně kontrolovatelné, kolik plynu je mezi skly obsaženo. Plyn z meziskelního prostoru postupně difunduje ven a nahrazuje se vzduchem. Tato náhrada by však měla být minimální, do 3% z plynu obsaženého mezi skly ročně. Znamená to tedy, že plyn mezi skly ztratí účinnost po přibližně 40 letech. Protože se samozřejmě snažíme o minimalizaci tepelných ztrát, je možné používat i trojskla, tj. zasklení, v němž jsou pomocí distančních rámečků spojena tři skla. Tyto konstrukce jsou však zpravidla příliš těžké, proto se v posledních letech prosazuje zasklení tzv. tepelnými zrcadly. Jedná se o dvě skla, která jsou spojena dvěma ocelovými distančními rámečky, mezi nimiž je napnutá plastová membrána. Ta je pokovená a zároveň rozděluje meziskelní prostor na dvě dutiny stejně jako trojsklo. Membrány mohou být i dvě a prostor mezi nimi může být vyplněný těžkým plynem. Tak je možné se dostat ze součinitele prostupu tepla skla $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ až na součinitel prostupu tepla $U = 0,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Hodnoty součinitelů prostupu tepla některých zasklení jsou uvedené v příloze 11, kde je tabulka parametrů propustnosti některých skel pro sluneční energii a jejich součinitelů prostupu tepla U . Propustnost pro sluneční energii je uvedena procentuálně. To může příznivě ovlivňovat celkovou energetickou bilanci budovy. Zasklení by mělo vykazovat maximální součinitel tepelné vodivosti $U = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, neměl by být používán distanční rámeček z hliníku a zasklení by mělo být zasazeno do okenního křídla minimálně 28 mm, jinak hrozí na okraji zasklení kondenzace vodní páry.

Při prostupu tepla zasklením se vyskytuje další problém, kterým jsou kovové distanční rámečky mezi skly. Ty bývají z hliníku (výjimečně ocelové či plastové) a způsobují velký tepelný most v okrajích zasklení. Tento špatný vliv se snaží výrobci skel řešit tím, že mohou používat ocelové rámečky (ocel je cca 4x horší tepelný vodič než hliník), popřípadě lze používat i plastové rámečky. Výrobci oken se pak snaží skla co nejvíce zapouštět do okenních křídel. Zapuštění okraje zasklení do křídla okna by mělo být minimálně 28 mm, jinak hrozí na okraji zasklení kondenzace vodní páry.

Dalším způsobem úniku tepla okny je radiace, tedy tepelné záření. Tento prostup tepla se snažíme omezovat různým pokovením skel, které způsobuje jejich odrazivost pro tepelné paprsky v oblasti dlouhovlnného tepelného (infračerveného) záření, ale zároveň významně snižuje světelnou prostupnost.

Dalším způsobem, jak okny uniká teplo, je infiltrace, tedy pronikání vzduchu z místnosti do exteriéru. Větrání místností je pochopitelně nutné, je však potřeba větrat jen do určité míry, nadměrné větrání nám ubírá velké množství tepla. Současná plastová i dřevěná okna mají obvykle těsnění na takové úrovni, že je nutné často větrat a nebo používat mikroventilaci. Tepelné ztráty větráním je také možné minimalizovat centrálním větráním s rekuperací tepla, kde je pak možné s výhodou použít tepelné čerpadlo.

Dalším způsobem, jak uniká okny teplo, je prostup tepla skrz okenní rám a okenní křídla. Zde je možné zabránit tepelným ztrátám u dřevěných oken tak, že se používají masivní profily. U plastových oken se výrobci snaží o využívání co největšího množství komor. Ve svých prospektech udávají, že vyrábí tříkomorové, čtyřkomorové, pětikomorové, ale také sedmikomorové profily. U dřevěných oken je také možné rámy a křídla dodatečně vybavit tepelnou izolací. Obvykle se používá pěnový polyuretan.

A konečně posledním místem, kudy uniká teplo okny, je tepelná vazba (tepelný most) mezi okenním rámem a ostěním. Nejlepší prevence úniku tepla je umístit na ostění tepelnou izolaci a teprve na ní osazovat okna.

4.2 Jaká okna jsou nejlepší? Mám starší okna vyměnit za plastová?

V prvé řadě je nutné si říci, že je několik druhů oken. Dříve se obvykle do obytných budov používala okna dřevěná dvojitá, nebo také nazývaná špaletová či kastlíková. Tato okna měla dva okenní rámy, které byly obvykle spojeny dřevěným obložením. U starých vesnických budov tyto rámy nebyly spojeny, ale vnitřní okna se otevírala dovnitř, vnější pak ven a mezi nimi bylo omítnuté zdivo. Výhodou těchto dvojitých oken bylo, že teplo muselo být vedeno zdivem po poměrně dlouhé dráze, čímž byly tepelné ztráty zmenšovány a naopak ostění oken bylo poměrně teplé, takže na něm nekondenzovala vodní pára. Výhodou byly i dva okenní rámy a dvě okenní křídla.

Později se začala vyrábět okna zdvojená, jinak také paneláková, či se sdruženými křídly. Zde byl již pouze jeden okenní dřevěný rám a v něm dvě zpravidla dohromady sešroubovaná křídla. Výhodou těchto oken proti oknům dvojitým byla snadnější výroba, nižší cena, jednodušší osazování i manipulace s nimi. Z hlediska tepelných izolací mají tato okna nevýhodu, že obvykle špatně těsní mezi okenním rámem a zdivem, neboť používané skelné provazce jsou po kratší době vymačkány, a tudíž netěsní, dále je zde pouze jeden okenní rám a teplo musí absolvovat zdivem poměrně krátkou dráhu na to, aby okolo okenního rámu proniklo ven do exteriéru.

V současné době se téměř výhradně používají okna jednoduchá, zasklená dvojsklem. Protože se obvykle osazují do montážní polyuretanové pěny, nehrozí netěsností mezi okenním rámem a zdivem. Mají však pouze jeden okenní rám i okenní křídlo, takže v tomto směru pro ně platí to, co pro okna zdvojená.

Při výměně starých oken za nová je nutné si uvědomit, jaké problémy řešíme a jaké jsou parametry starého a nového okna. Pokud provedeme výměnu dvojitého okna za plastové s nejhorším zasklením ($U=2,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$), stav jenom zhoršíme. Pokud zvolíme lepší parametry nového okna, dosáhneme lepších vlastností. Výměnou oken může dojít i k utěsnění netěsností, kterými dochází k infiltraci vzduchu. Pokud máme málo izolovaný dům, může se stát, že vodní pára začne kondenzovat na stěnách, a to se všemi negativními důsledky.

U výměny dvojitých oken (i jiných oken, kde není ostění řešeno) za plastová je nutné řešit i tepelnou izolaci ostění tak, aby zde nevznikal tepelný most s rizikem vzniku plísní.

Vylepšit vlastnosti staršího okna můžeme také nalepením tepelně odrazivé fólie, výměnou obyčejného skla za sklo pokovené, výměnou jednoho skla za dvojsklo, či přidáním třetího skla do plastového rámečku. Rozhodující pro tyto úpravy je pochopitelně to, v jakém stavu se okno nachází, ale především skutečnost, zda plánované úpravy okno konstrukčně vydrží.

4.3 Jsou z hlediska prevence plísní vhodnější okna dřevěná?

Okna mohou způsobovat vznik plísní dvojím způsobem. První je ten, že je okenní rám či okenní křídlo, popřípadě osazení skla špatně provedeno a je zde tato konstrukce a nebo tepelná izolace oslabena tak, že dochází k povrchové kondenzaci a pochopitelně i následnému růstu plísní. Obdobná situace je i okolo rámu, tedy na ostění. Zde je nutné, aby rám i křídla byla dostatečně silná, či aby měla dostatečný počet vhodně tvarovaných komor, popřípadě aby bylo ostění dostatečně izolováno.

Druhým způsobem, kterým okna mohou způsobovat plíseň je, že jsou těsná a neumožňují přirozené větrání netěsnostmi. Těsnost oken však není chybou, neboť nám umožňuje větrání regulovat podle potřeby a nedochází k nadměrné výměně vzduchu. Větrání je možné buď řízené nucené, což se používá u teplovzdušného vytápění, a nebo přirozené, kdy mají okna osazenou mikroventilační štěrbinu, popřípadě tzv. čtyřpolohové kování, jež umožňuje pootevření okna o několik milimetrů. Větrání je pochopitelně obvykle mírně intenzivnější u dřevěných oken, neboť tato okna musí mít větší spáry mezi okenním rámem a křídly. To je dáno tím, že dřevo výrazně mění svoji velikost v závislosti na vlhkosti. Zejména u starších domů se slabou tepelnou izolací, nebo pokud je dům dodatečně tepelně izolován a tepelná izolace není provedena důsledně, se v domě velmi často vyskytují místa s velmi studeným povrchem. Po výměně starých oken, která jsou netěsná nejen v místě funkční spáry mezi okenním rámem a křídlem, ale která jsou velmi často i netěsně osazena do ostění, dojde k omezení větrání, jež má za následek zvýšení relativní vlhkosti v domě a tím i následnou povrchovou kondenzaci a plísně.

Závěrem lze tedy říci, že pokud jsou okna dobře konstruovaná, tak při vhodném větrání nemají vliv na výskyt plísní. To je podmíněno také tím, že je dům dobře tepelně izolován.

4.4 Kde v ostění má být umístěno okno? Jak daleko od vnitřního, nebo vnějšího líce?

Pokud budete osazovat dřevěné, či plastové okno do zdiva, tak záleží na tom, zda budete stěnu z vnější strany izolovat, či nikoliv. Pokud ji budete izolovat, je vhodné umístit okno co nejvíce k vnější straně, neboť tím snadněji můžete přes okenní rám přetáhnout vnější tepelnou izolaci. Pokud nebudete provádět tepelnou izolaci, tak je naopak lepší okno umístit spíše dovnitř. Zvyšuje se tím povrchová teplota v interiéru a navíc může vzduch lépe proudit okolo studených oken a tím je ohřívat. Není vhodné je umísťovat úplně na vnitřním líci. Zde pak vzniká větší tepelný most. V příloze 17 je tabulka a graf povrchových teplot a procent tepelných ztrát vztažený na umístění okna ve středu zdi pro dřevěné okno o síle rámu 68 mm a zdivo HELUZ 440 mm. Schéma osazení tohoto okna je patrné z obr. 6 a na obr. 7 je průběh teplot v ostění okna.

4.5 Jak lze zlepšit tepelně izolační vlastnosti starých oken?

Možností je více, záleží na tom, jaká okna máte a jaké úpravy jsou na nich možné. Nejjednodušší řešení je polepit okno plastovou pokovenou fólií. Toto řešení je však poměrně drahé. Další možností je použít další sklo, a to buď osazením dvojskla místo jednoduchého skla, a nebo přidat plastový rámeček obsahující přídavné sklo.

U zdvojených oken je také řešením okenní křídla spojit napevno a místo dvou samostatných skel vložit jedno dvojsklo s pokovením a případně vyplněné tepelně izolačním plynem.

4.6 Jaké jsou možnosti výměny meziokenních vložek u panelového domu?

Netroufám si takto na dálku poradit optimální způsob výměny meziokenní vložky za jinou konstrukci. Záleží vždy na stavu domu, na jeho výšce i na ostatních úpravách, které provádíte. Možností je v zásadě několik. Jednou z nich je výměna meziokenní vložky (MIV) za novou obdobné konstrukce, tedy založené na okenním rámu s výplní. Vyrábí se ze stejných profilů jako plastová okna. Hrozí ale nebezpečí, že bude dům nutné rozdělit na požární úseky a že tato MIV nebude plnit funkci požární stěny. Druhou možností, kterou považuji za optimální, je vyzdění MIV z plynosilikátu (např. Hebel) s povrchovou úpravou stejnou jako ostatní konstrukce (tedy obvykle se zateplením). Zde je možné narazit na problém únosnosti parapetních panelů, respektive jejich ukotvení na příčné nosné stěny. Další možnosti jsou různé dřevěné či kovové konstrukce s opláštěním cetriz deskami a s tepelnou izolací uvnitř či zvenčí. Poslední variantou, se kterou jsem se setkal, bylo ponechání stávajících MIVek, přes něž byla provedena dodatečná tepelná izolace. Zde je velké riziko, že MIV budou špatně ukotveny, popřípadě že budou natolik poškozeny, že dojde brzy k jejich uvolnění i vypadnutí. Protože se jedná o poměrně složitý případ, doporučuji se vždy obrátit na projektanta.

4.7 V našem novém bytě jsme vyměnili okna za plastová. Máme je cirka 2 týdny a zdá se mi, že se zvýšila vlhkost v bytě a okna jsou neustale zarosená. Můžete mi poradit, čím to může být způsobené a jak to odstranit?

Jde o klasický případ, kdy se výměnou oken utěsnily veškeré netěsnosti, kterými docházelo k infiltraci. Je nutné si uvědomit, že zdvojená okna, zejména v panelových domech, netěsní nejen mezi okenním rámem a okenním křídlem, ale že jsou velké netěsnosti mezi okenním rámem a ostěním. Zde měl být vtlačen skelný provazec, jenž měl těsnit. Obvykle byl však vložen volně, a nebo v této spáře vůbec nebyl. Pohyby oken došlo k jeho dalšímu uvolnění, a vznikly tak velké spáry, kterými byl byt intenzivně provětráván. Výměnou oken došlo k utěsnění všech spár. V bytě se tedy podstatně méně větrá, a proto je v něm vyšší vlhkost vzduchu. Příčinu lze odstranit větším větráním bytu, popřípadě pootevřením oken na větrací polohu. Krajním řešením je vytržení části těsnění z okna.

Pokud dochází ke kondenzaci vodní páry na okenním rámu, je také možné, že se jedná o nekvalitní okno, respektive profil, z něhož je vyrobeno.

Pokud dochází ke kondenzaci vodní páry na stěnách, jde pravděpodobně o problém související se špatnými tepelnými izolacemi stěny.

4.8 V obývacím pokoji máme špaletové okno, které se v zimním období nadměrně rosí na vnějším skle. Dá se to nějak odstranit?

Do mezery mezi okenními křídly u dvojitého okna vniká vlhký vzduch z interiéru. Zde narazí na studený povrch vnějšího skla. Dochází ke kondenzaci vodní páry. Tomuto jevu můžete zabránit různými způsoby. Prvním z nich je nedovolit vodní páře pronikat z interiéru do meziskelního prostoru, třeba osazením těsnění na vnitřní okenní křídla. Druhou možností je snížit relativní vlhkost vzduchu v bytě, a to buď intenzivnějším větráním, a nebo omezením produkce vlhkosti (např. vařit s pokličkami, nebo lépe v tlakovém hrnci, omezit kytky vyžadující hojnou zálivku, nesusit prádlo v bytě apod. Poslední možností je zvýšit tepelně izolační vlastnosti vnějšího skla jeho výměnou za dvojsklo.

4.9 Asi před rokem nám obec vyměnila v domě stará špaletová okna za okna nová. Dělníci se s prací příliš nepárali – nejvíce odflákli zaizolování ostění oken. V zimě bylo u oken cítit výrazný chlad, přestože okna sama těsnila dobře. Časem se v bezprostřední blízkosti oken na zdi objevila plíseň. Co s tím?

Při výměně oken je nutné je osadit tak, aby na ostění nevznikaly tepelné mosty, které vedou ke kondenzaci vodní páry a následnému růstu plísní. Ve vašem případě je možné přinutit majitele domu k dodatečnému řešení tohoto problému, tedy k zateplení ostění. Vyplývá to ostatně ze stavebního zákona, prováděcích vyhlášek a platných norem, podle kterého musí být stavba zdravotně nezávadná. Dále to vyplývá i ze zákona o hospodaření energií a z příslušných prováděcích vyhlášek.

Bohužel při osazování oken se stále dělá dost chyb. Například se většinou neosazuje z vnější i vnitřní strany uzávěra spáry. Ta sice nemá vliv na tepelné izolace, ale má výrazný vliv na útlum zvuku.

4.10 Co máme na našem panelovém domě provést dřív – zateplit, nebo vyměnit okna?

Obě varianty vedou k problémům. Pokud nejprve vyměníte okna, tak dojde k utěsnění domu a s největší pravděpodobností vám na studených stěnách začne kondenzovat vodní pára, později provázená výskytem plísní. Toto nebezpečí hrozí zejména na studených místech a tam, kde se vzduch málo pohybuje, tedy například v koutech a rozích za nábytkem, v nichž si toho nevšimnete včas. Navíc při výměně oken budete muset zajistit oplechování parapetů, úpravy styku oken s fasádou a další práce, které budete muset dělat znovu při zateplování.

Pokud byste jako variantu zvolili nejprve zateplení a pak výměnu oken, nehrozí vám sice plísně, ale opět bude nutné provést (a zaplatit) některé práce znovu, jako je například již zmíněné oplechování parapetů.

Proto je vhodnější provádět obě práce současně. Navíc si můžete nechat mírně zmenšit okna, čímž získáte místo na řádné zateplení ostění. Víím, že tato varianta je finančně velice náročná, ale většina bank na tuto práci poskytuje půjčky. Je také možné získat dotaci na úhradu úroků z úvěru. V současné době (rok 2004) je tento příspěvek státu 4%, což při půjčce na 15 let může činit několik set tisíc korun.

5. Zateplování podlah a stropů

5.1 Jak je nejlepší izolovat strop mezi posledním podlažím a půdou?

Půdu nevyužíváme.

Odpověď je poměrně jednoduchá. Na půdu dejte co nejsilnější vrstvu jakékoliv tepelné izolace. S nadsázkou lze říci, že metrová vrstva sena či slámy je optimálním řešením. Při použití této tepelné izolace však hrozí jiné komplikace jako jsou myši a podobně. V tomto případě lze však skutečně použít jakoukoliv tepelnou izolaci, i kdyby to měly být staré molitanové matrace z postelí.

5.2 Jaký systém mi doporučíte k zateplení posledního stropu bytového domu se sedlovou střechou (tvrdý, betonový strop, rok výstavby 1955).

Ve vašem případě je nutné na strop položit tepelnou izolaci a na ni nějakou vrstvu, která umožní chůzi po tomto stropu. Možností je více. Lze položit desky pěnového polystyrénu, či minerální vaty (o síle minimálně 100 mm, lépe 160 mm), na ně separační fólii a dál vrstvu betonové mazaniny o síle 50 mm. Místo betonu lze použít i cetris nebo OSB desky. Další možností je provést nabetonování polystyrénbetonem. Lze také na strop položit dřevěné trámký, prostor mezi nimi vyplnit minerální vatou, nebo volně sypaným pěnovým polystyrénem. Přes trámký se položí OSB desky nebo prkna.

5.3 Jak zateplit poslední strop u staršího činžovního domu?

Pravděpodobně se jedná o strop dřevěný trámový. Zde je velmi výhodné vždy mezi dvěma trámy udělat do mezistropního prostoru díru a tou do něj nafoukat celulózovou vlnu. Toto řešení má několik výhod. Vedle ceny, která je velmi příznivá, neboť není nutné provádět složité pochozí vrstvy, je další výhodou to, že stykem impregnované celulózy (bývá impregnována boraxem) se starým dřevem stropních trámů dochází k impregnaci i tohoto dřeva. Mírnou nevýhodou je, že nedochází ke kontrole, zda je celý prostor vyplněn tepelnou izolací. Může se například stát, že v tomto prostoru bude nějaká překážka, která úplnému vyplnění prostoru zabrání. Schéma tohoto způsobu zateplení je patrné z obr. 8. Další možnosti jsou pochopitelně položit tepelnou izolaci na strop a na ní udělat pochozí vrstvu.

5.4 Jak máme zateplit plochou střechu? Jde o hurdiskový strop, na něm je pěnový polystyrén a na něm asfaltová lepenka. Mám přilepit zespodu na strop kazety z pěnového polystyrénu?

Zateplení ploché střechy je nutné dělat vždy z vnější strany. Na stávající hydroizolaci se položí tepelná izolace (například desky z pěnového polystyrénu s nakaširovanou vrstvou asfaltového pasu). Ty se přikotví hmoždinkami a přes ně se umístí další hydroizolace, například asfaltové pasy z modifikovaného asfaltu. Je také možné použít fóliové hydroizolace. Další metodou je nástřik polyuretanovou pěnou. U tohoto nástřiku je nevýhoda, že při silnějších vrstvách je toto řešení poměrně drahé.

Poslední možností je položení tepelné izolace snášející vlhkost (například extrudovaný polystyrén) a přitížení těchto desek tak, aby neulétly. To je možné betonovými deskami, ale také třeba starými pneumatikami. Jako hydroizolace bude sloužit stávající vrstva, která bude zároveň ochráněná proti nadměrným teplotním výkyvům. Této konstrukci střechy se říká obrácená, nebo také s obráceným pořadím vrstev, neboť má tepelnou izolaci nad hydroizolací.

Přilepení polystyrénových kazet na strop nebude mít žádný velký efekt, jedná se totiž o velmi slabé desky, jež mají minimální tepelný odpor. Proto tímto způsobem nemůžete ušetřit podstatnější část tepla na vytápění.

5.5 Je správné řešení podlahy následující skladbou? Základová deska, hydro/radonová izolace Argo P (4), polštáře (dřevěné hranoly) výška 100 mm, mezi polštáři výplň izolací Orsil 100 mm a zaklopeno 27 mm palubkami.

Takové řešení je v zásadě správné. Jen zde vznikají tepelné mosty, a to dřevěnými hranoly. Nevím, co vás vede k této skladbě podlahy a proč nezvolíte některé z klasických řešení jako je betonová mazanina s prkny na povrchu na tepelné izolaci, anebo tuhé desky z minerální vlny, na nich desky OSB nebo Cetris a na nich prkna.

5.6 Jak by se daly zvýšit tepelně-izolační vlastnosti škvárobetonové podlahy, která je v obytné místnosti nad sklepem? Existují nějaké speciální krytiny?

Bohužel žádné speciální zázračné materiály neexistují. Tuto podlahu je možné izolovat tak, že na strop sklepa připevníte tepelnou izolaci. Můžete zvolit i nějakou vhodnou podlahovou krytinu. Ta ovšem příliš tepelně izolovat nebude, protože má malou tloušťku, ale sníží se tepelná jímavost podlahy, což znamená, že se při doteku bude zdát teplejší. To je způsobeno tím, že různé materiály umí různě rychle odvádět dotykové teplo. Tím nám připadá podlaha s kobercem teplejší, než když je na ní dlažba i pokud mají obě podlahy stejnou tepelnou izolaci i povrchovou teplotu.

6. Zateplování stěn

6.1 Proč je vhodné domy zateplovat? Vyplatí se to vůbec?

Máte pravdu, že zateplovat dům jenom proto, abychom ušetřili náklady na vytápění, není ekonomické. Zateplování je důležité z mnoha dalších důvodů. Mimo výrazné úspory energie na vytápění, jež může činit spolu s osazením regulace až 60% ze současné spotřeby tepla, je nutné si uvědomit, že se výrazně zlepší kvalita bydlení - zmizí z domu či bytu současné plísně, které jsou často skryté tak, že o nich nevíme (např. okolo oken, pod parapetem, pod plovoucí podlahou ...). Tím se přestanou do ovzduší šířit spóry plísní, což jsou výrazné alergenů. To je ostatně jedna z několika příčin, proč v současné době tolik lidí trpí alergiemi.. Zlepší se také pocit při pobytu v místnosti tím, že stěny i okna budou mít vyšší povrchovou teplotu (odstraní se "studené" sálání), což si sice člověk neuvědomuje, ale organismus to vnímá. To se často děje právě v panelových domech bez zateplení.

Dalším důvodem pro zateplování je, že se zastaví současná destrukce domu. To je významné zejména u panelových domů, ale také u většiny domů postavených v druhé polovině 70. let a později. U panelových domů jde hlavně o korozi vnitřní výztuže obvodových panelů, mrazové trhlinky v obvodovém plášti, zatékání do styků panelů apod.

Zateplení domu nejen že zvýší vnitřní povrchovou teplotu a ušetří energii na vytápění, ale také sníží teplotu v domě během letních veder.

Neopominutelnou skutečností je také výrazné zlepšení vzhledu domů. To má velký význam u domů na sídlištích, u nichž kulturní prostředí odstraňuje pocit frustrace a zlepšuje dojem z bydlení. Je známo, že u esteticky upravených domů klesá i množství vandalizmu, opravené domy nejsou tak často poškozovány sprejery a podobně.

Zateplování domu je pochopitelně vhodné spojit s opravou domu. Pokud totiž budeme omítku, okna, či krytinu pouze opravovat, anebo ji rovnou zateplíme, popřípadě vyměníme za lépe tepelně izolující, nejde už o tak výrazný nárůst ceny prací a tím se pochopitelně zlepší i ekonomika zateplení. Na obr. 14 je starší rodinný dům, kde je na levé polovině střešní nástavba a dům byl zároveň zateplen.

6.2 Jak silnou tepelnou izolaci má dům mít? Jaký mají mít jednotlivé konstrukce tepelný odpor a součinitel prostupu tepla ?

Na takto položenou otázku lze odpovědět mnoha způsoby. Je možné citovat tabulku požadovaných součinitelů prostupu tepla tak, jak jsou uvedeny v normě ČSN 73 0540-2, je možné poukázat na doporučené hodnoty v téže normě, je možné vycházet ze současných cen tepla a cen tepelných energií. Nebo lze také spočítat přesněji, jak energeticky náročná je výroba tepelné izolace, její zabudování do stavby i likvidace při bourání stavby. A tuto hodnotu pak dát do rovnováhy s množstvím energie, které tepelná izolace během své životnosti ušetří. Při těchto úvahách se bude síla tepelné izolace na obvodových konstrukcích pohybovat od 80 mm až po 500 mm. Je opravdu velmi těžké přesně stanovit, jaká síla tepelné izolace je optimální. Vývoj požadavků na tepelné izolace dokumentuje graf č. 1. V tomto grafu jsou požadavky v roce 2007 nastaveny jako současné doporučené hodnoty tepelného odporu, neboť podle autorů normy by se tyto hodnoty měly požadovat po 5 letech od schválení normy, požadavky v roce 2030 představují současné požadavky na pasivní domy.

U síly tepelných izolací je však nutné upozornit na jednu souvislost. Pokud snižujeme hodnotu součinitele prostupu tepla (a zvyšujeme tepelný odpor), tak procentuálně nabývá na významu vliv tepelných mostů. Ty totiž při stejném způsobu řešení detailu jsou minimálně ovlivněny mocností tepelné izolace. Dá se říci, že tepelné mosty, podle způsobu jejich vyřešení, zvyšují součinitel prostupu tepla konstrukcí o pevně stanovenou přírážku, která se může pohybovat v rozmezí od $\Delta U = 0,02 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ až po $\Delta U = 0,25 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ i mnohem více. Jak se zvýší tepelná ztráta objektu v závislosti na použité síle tepelné izolace a přírážce, představující vliv tepelných mostů, je patrné z grafu 2.

V zásadě je však možné na položenou otázku odpovědět jednodušeji. Tepelná izolace má být pokud možno co nejsilnější tak, jak to dovolí konstrukce domu a finanční možnosti stavebníka. Za krajní mez lze považovat tepelnou izolaci o síle 300 až 500 mm, kdy dochází k vyrovnání úspor energie tepelně izolačními vlastnostmi a množstvím energie, která je na výrobu, zabudování a likvidaci tepelné izolace potřeba.

Do této tloušťky se pochopitelně nezapočítávají tepelné mosty, jež mohou vyvolat potřebu zesílení této tepelné izolace, a platí to pro minerální vlnu a pěnový polystyrén. Silnější izolace z těchto materiálů by již za dobu své předpokládané životnosti (50 let) neušetřila tolik energie, kolik se spotřebuje na její výrobu, zabudování a likvidaci, a tedy by naopak větší tloušťka vedla ke zvýšení spotřeby energie. Pokud by se však použily jiné izolace, které nejsou tak energeticky náročné na výrobu (seno, sláma, různé recykláty...), bylo by vhodnější použít ještě silnější vrstvy.

6.3 Je možno použít u panelových domů také jinou izolaci než polystyrénovou? Jak tato jiná izolace vychází ve srovnání s polystyrénovou cenově?

Dodatečnou tepelnou izolaci domu je možné provádět v zásadě dvěma možnými způsoby. První z nich se nazývá vnější kontaktní zateplovací systém (VKZS) a spočívá v tom, že se na stávající stěnu domu připevní izolace, zpravidla se kotví lepením a hmoždinkami, a na ní se provede tenkovrstvá omítka. Ta je vyztužena perlinkou, tedy sítí, která přenáší menší tahové síly a tím vyztužuje povrchovou omítku tak, aby nepopraskala. Zde se jako tepelná izolace používá minerální vlna, nebo pěnový polystyrén. Minerální vlnu je nutné použít tam, kde to požární předpisy nařizují. Jde tedy především o fasádu ve výšce nad 22 m nad prvním podlažím, dále v pásech okolo jednotlivých požárních úseků (obvykle u panelových domů je každý byt samostatným požárním úsekem) a nad únikovými cestami, pokud tyto nejsou chráněny stříškou proti stékání hořícího polystyrénu.

Druhý možný způsob je tzv. odvětrávaná fasáda. Tento systém spočívá v tom, že se na stávající stěnu připevní, zpravidla do roštu, tepelná izolace o malém difuzním odporu (obvykle je to minerální vlna, anebo celulózová vlákna). Na této tepelné izolaci je pak z exteriéru vzduchová dutina, která je dole a nahoře otevřena do exteriéru. Do této vzduchové dutiny může proudit vodní pára z interiéru přes zdivo a tepelnou izolaci a dále se odvádí proudícím vzduchem pryč. Může se sem samozřejmě vypařovat i zkondenzovaná voda ve zdivu, anebo voda proudící kapilární vztlínávaností ze zatečení a podobně. Vnější plášť je pak tvořen jakýmkoliv materiálem, má za úkol chránit tepelnou izolaci před povětrností, zejména před srážkovou vodou. Tato povrchová vrstva může být téměř z libovolného materiálu. Například lze použít plastové, či hliníkové lamely, desky cetris, prkna, heraklit s omítkou, plech, samostatně stojící zdivo a mnoho dalších materiálů a konstrukcí.

6.4 Chci provést izolaci vnitřní zdi v dětském pokoji proti chladu.

Vaše otázka je bohužel velmi stručná a nijak nevypovídá o skladbě zdi a jak chcete tepelnou izolaci provést. Domnívám se však, že uvažujete o vnitřním zateplení zdi, pravděpodobně sousedící buď s exteriérem, anebo s nevytápěnými prostory (půda, schodiště...). Velmi důrazně varuji před neodborným zateplováním z vnitřní strany. Může se totiž stát, že začne docházet k povrchové kondenzaci vodní páry, anebo k její kondenzaci uvnitř konstrukce. Obě varianty s sebou nesou mnoho problémů a to jak zdravotních, tak i statických, neboť může dojít k porušení konstrukcí a následné destrukci.

Při dodatečném zateplování z vnitřní strany musí být na vnitřní líc (nebo těsně pod poslední vrstvu) umístěna dokonalá parotěsná fólie. Ta musí bránit pronikání vodní páry do stěny a zároveň musí zabránit i pronikání vodní páry do okolních konstrukcí. To bývá problém, zejména pokud jsou v domě například dřevěné trámové stropy. Pokud vodní pára pronikne do dřevěného trámového stropu, začne docházet k vlhnutí dřeva s následným výskytem dřevokazných hub a ve velmi krátké době může dojít k destrukci stropů. Na obr. 21.

I když se podaří zabránit pronikání vodní páry do mezistropního prostoru, není vyhráno. Ke kondenzaci vodní páry může docházet ve styku mezi tepelnou izolací a okolními konstrukcemi, které jsou napojeny na chladné zdivo, tedy u stropu, u podlahy a u kolmých stěn.

Jediným bezpečným způsobem jak provést vnitřní zateplení je zateplit všechny stěny, které sousedí, anebo se dotýkají studené konstrukce. Mám tedy v tomto případě na mysli stěnu, jež chcete zateplovat, strop, podlahu i boční stěny. U stropů je toto nutné provést i ze strany ostatních sousedících místností, popřípadě, pokud se jedná o stěnu rovnoběžnou se stropními trámy, je možné strop i podlahu u stěny přerušit a tepelnou izolaci stěny protáhnout skrz konstrukci stropu do sousedících místností. I zde bych však doporučoval spolupráci s odborníkem na tepelně vlhkostní problematiku.

6.5 Je možné dodatečně izolovat budovu, v jejímž obvodovém zdivu jsou použity nepálené cihly? S ohledem na kondenzaci vlhkosti ve zdivu, kde by nepálené cihly mohly ztratit pevnost.

Samozřejmě je možné izolovat jakoukoliv zeď. Ve vašem případě by bylo vhodné použít tzv. odvětrávanou fasádu, tedy bezkontaktní způsob zateplení. Ten spočívá v tom, že se na stávající zeď z exteriéru připevní latě a mezi ně se dá difuzně otevřená tepelná izolace. Může to být minerální vata, a nebo celulóza. Je nutné věnovat pozornost i ostatním částem stavby. Mám na mysli to, v jakém stavu máte izolaci proti zemní vlhkosti a jaká máte okna, popřípadě jak je zateplením utěsníte a jak budete řešit potřebu větrání, která se vlivem utěsnění oken může zvýšit. Na obr. 9 je detail ukotvení tepelné izolace a lehkého obvodového pláště u odvětrávané fasády. Pokud byste měl v pořádku hydroizolaci proti zemní vlhkosti (například pokud jste si nechal objekt kompletně podříznout), tak je možné volit i kontaktní zateplovací systém, kdy se tepelná izolace připevní přímo na zdivo a na ní se natáhne tenkovrstvá omítka s výztužnou perlínkou. Lépe je toto patrné z obr. 22.

6.6 Máme staré vesnické stavení s kamennými zdmi, a proto je nemůžeme podříznout (a odizolovat proti vlhkosti ze země). Jak máme tuto stavbu zateplit?

Zateplování takovéto stavby s sebou nese riziko, že zdivo bude málo vysychat do exteriéru, což se může projevit plísněmi. V tomto případě však považuji za velmi vhodné dodatečné zateplení odvětrávanou fasádou s použitím celulózy jako izolantu. Tato izolace má totiž jednu velmi zajímavou vlastnost a tou je kapilární vzlínavost. V podstatě si ji můžete představit jako piják, který přiložíte ke zdi. Pokud bude zdivo někde vlhké, celulóza z něj vlhkost vytáhne a transportuje ji do suchých oblastí. To je obvykle na jejím povrchu. Zde pak vlhkost může vysychat bez problémů. Tato izolace vám tedy vlastně do jisté míry pomůže odvlhčit stěnu. Nyní k vlastnímu provedení. Okolo základů byste měl vykopat příkop a do něj vložit nenasákavou tepelnou izolaci a drenážní trubky. Toto pak zasypat štěrkem a drenáží odvést případnou vodu pryč od domu. Tepelná izolace by měla dosahovat na úroveň podlahy (nebo mírně nad ni) a měla by být asi 25 cm nad terénem. To proto, aby ochránila dům od tajícího sněhu a odstříkující vody při dešti.

Nad touto tepelnou izolací základu se již provede klasická odvětrávaná fasáda. Na zeď se dají latě, mezi ně se nafouká tepelná izolace z celulózy, která se navrchu zakryje nějakou síťovinou, aby se nezbortila, přes se dají svislé latě a na ně jakákoliv fasáda. Mezera mezi tepelnou izolací a fasádním obkladem musí být svisle průběžná a dole a nahoře musí být zakrytá sítkou proti hmyzu. Tloušťka této vzduchové dutiny musí být taková, aby v ní mohl volně proudit vzduch, obvykle stačí 4 až 5 cm.

6.7 Jaký mají význam reflexní fólie za radiátory? Slyšel jsem, že mohou ušetřit až 6 % tepla.

Reflexní fólie za radiátory odráží tepelné paprsky zpět do interiéru. Zeď za ní je tedy chladnější a neuniká jí tolik tepla. Velikost úspor závisí především na tom, kolik dosud touto stěnou v místech za radiátory proudí tepla. Je pravdou, že tepelné ztráty jsou úměrné rozdílu povrchových teplot zdi v interiéru a v exteriéru. Když je například venku 0°C, uvnitř 20°C, je tento rozdíl teplot 20°C. Pokud se vlivem oslábání povrchová teplota v interiéru zvýší na 40°C, zvýší se dvojnásobně i rozdíl teplot, a tedy i tepelné úniky (Samozřejmě pouze tepelné úniky touto malou plochou konstrukce.) Pokud se jedná o starší dům s minimálními tepelnými izolacemi, je zvětšení úniků vlivem zvýšení povrchové teploty zdi velké, proto je zde vhodné instalovat reflexní fólii. Naopak u staveb, které mají z vnější strany provedené dostatečné zateplení, anebo které byly postaveny se stěnami s dobrými tepelně izolačními vlastnostmi, je tato úspora, i když se opět spoří polovina tepla touto plochou unikajícího, poměrně malá a nevyplatí se dávat reflexní fólii za radiátory.

6.8 Slyšel jsem o tepelné izolaci na bázi odrazivosti tepelného záření. Prý je možné použít reflexní nátěry speciálními barvami (například nátěrovou hmotou THERMOSHIELD), anebo reflexní fólie.

Při úvahách o tepelných izolacích reflexními fóliemi, či nátěry je nutné si uvědomit, kolik tepla přichází na konstrukci (respektive z konstrukce uniká) zářením a kolik vedením a prouděním. Pokud bude sálavá složka tepla významná, pak je jistě vhodné použít reflexivní materiály. To může být vhodné například tam, kde se chceme chránit před nadměrným teplem, ať se již jedná o sálavé sluneční záření, sálání tepla od různých strojních zařízení a jiných technologií, od sálavých topných zdrojů, od otevřeného ohně a podobně. Pokud se však přenos tepla děje vedením v materiálech, anebo prouděním vzduchu, či kapalin, je použití reflexivních materiálů málo významné, neboť většina tepelné energie se bude přenášet dalšími způsoby.

Při uvažování významu reflexních materiálů na tepelné izolace je také nutné si uvědomit, že v příslušném vzorci na výpočet přenosu tepla zářením figuruje čtvrtá mocnina absolutní teploty (tedy teploty měřené v Kelvinech, kde $0\text{ K} = -273,16^\circ\text{C}$). V praxi to znamená, že pokud máme teplotu $+20^\circ\text{C}$, je absolutní teplota $+293\text{ K}$ a její čtvrtá mocnina 7 370 miliónů K. Čtvrtá mocnina absolutní teploty vyšší o 20°C (313 K) je 9 598 miliónů. Pokud tedy provádíme tepelnou izolaci mezi prostředím o teplotě 20°C a 40°C , je rozdíl násobících členů 76%. Pokud bychom však prováděli tepelnou izolaci mezi prostředím, které má 0°C a 20°C , je tento rozdíl členů pouze 32%. Z toho je patrné, že při snižujících se teplotách se snižuje i účinnost reflexních fólií. V žádném případě nechci tímto napadat používání reflexních fólií, pouze je vždy nutné si uvědomit, proč je chceme použít, proti čemu nás mají ochránit, nebo jaké teplo zadržet, jak velká složka přenosu tepla je radiační a jak dochází k unikání tepla vedením a prouděním.

Zde je například nutné poznamenat, že použití reflexní fólie pod beton, pokud bude reflexní fólie přímo ve styku s betonem, nemá z hlediska tepelných izolací žádný význam, protože zde není žádná složka přenosu tepla radiací, ale veškeré teplo se přenáší vedením.

Použití reflexního nátěru stěn z interiéru nám také příliš tepla neušetří, neboť zde se zase většina přenosu tepla děje vedením a hlavně prouděním vzduchu.

Naopak použití reflexní fólie pod taškovou krytinu jako ochrana proti přehřívání v létě je velmi vhodné, protože zde se tašky rozpálí slunečním zářením a dále teplo vyzařují na tepelnou izolaci pod nimi. Zde je tedy radiační složka velmi vysoká a použití reflexních vlastností materiálu jako ochrana před přehříváním od slunce má význam.

6.9 Jak máme nejlépe zateplit rodinný dům typu OKAL?

Domy OKAL jsou dřevostavby, které mají obvykle několik problémů. Prvním z nich je, že použitá tepelná izolace se hroutí, takže se stává, že v horních partiích obvodové stěny žádná tepelná izolace není. Druhým velmi častým problémem je, že dům má značné netěsnosti mezi jednotlivými panely. Při zateplování těchto domů není možné použít obvyklý způsob – a sice zateplení kontaktním systémem s pěnovým polystyrénem, protože stavba nemá to, co se dnes u podobných staveb běžně používá – parotěsnou fólii. Proto je u těchto domů nutné věnovat zvýšenou pozornost komplexnímu řešení, abychom vyloučili kondenzaci vodní páry uvnitř konstrukce. Je jisté, že pokud se provede důsledně dostatečně mohutná tepelná izolace kontaktním způsobem, nebude docházet ke kondenzaci vodní páry ve stávající konstrukci, ale maximálně v pěnovém polystyrénu. Je však nutné důkladně vyřešit veškeré detaily. Osobně bych se přikláněl k zateplení odvětrávanou fasádou s tepelnou izolací z celulózy. Tento systém je mnohem bezpečnější, a proto není tak náročný na řešení veškerých detailů.

6.10 Jak je možné snížit úniky tepla z panelového domu?

Snížit úniky tepla lze dodatečnou tepelnou izolací a výměnou starých oken za nová s nízkým součinitelem prostupu tepla. Panelové domy tvoří velkou část bytového fondu ČR. Lidé na ně často nadávají, ale ve své podstatě, pokud se zrekonstruují, poskytují přijatelný komfort bydlení. Jednou z částí, kterou je nutné sanovat, jsou obvodové konstrukce. Zde je často u panelových domů mnoho problémů a včasné zateplení celého domu tyto problémy odstraní, popřípadě zastaví vývoj degradace domu. U některých domů se může například stát, že vlivem zanedbání osazení tepelných izolací mezi jednotlivé panely a chybnou dobetonávkou dochází ke srážení vodní páry na svařených stycích jednotlivých panelů. Postupně může dojít až k ureznutí kotev a následným problémům. Vnější zateplení tuto kondenzaci odstraní a tím zastaví proces destrukce. Dalším problémem mohou být popraskané parapetní panely. Pokud se objeví na těchto panelech svislé trhlinky uprostřed rozpětí mezi stěnami, které jsou po celé výšce parapetního panelu stejně široké, jsou pravděpodobnou příčinou objemové změny těchto panelů vlivem tepla. Při ohřátí tohoto panelu sluncem dojde k jeho roztažení, v důsledku čehož se vyboolí a uprostřed praskne. Po ochlazení se opět narovná, aby se mohl při dalším ohřátí vybořit. Tyto pohyby pochopitelně panelu nesvědčí. Zateplením se zmenší teplotní výkyvy a tím odstraní tyto možné problémy. U panelových domů jsou problémy i s plochými střechami, které jsou velmi často z hlediska difuze vodní páry chybně navrženy. Důsledkem jsou typické boule na střešní krytině, často naplněné vodou. Opět vhodné zateplení spolu s vhodnou krytinou tyto problémy odstraní a do budoucna zaručí dlouhou bezporuchovost.

Při rekonstrukci panelového domu je vhodné provést všechny práce pokud možno najednou. Je to výhodné i proto, že se zajišťuje pouze jeden úvěr. Zateplení panelového domu by v tomto případě mělo vyplynout z energetického auditu. Obvykle je vhodné provést kompletní zateplení 10 až 12 cm tepelné izolace po celém obvodu, vyměnit okna za plastová se součinitelem prostupu tepla $U = 1,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ a provést tepelnou izolaci střechy, v ideálním případě tepelným izolačním o tloušťce 16 cm. Tepelné izolace je nutné provést skutečně všude, tedy i na atice seshora, na parapetech, na vyčnívajících zdech...

Na parapety a na atiku je vhodné použít minerální vlnu, protože pěnový polystyrén omezeně snáší vyšší teploty a mohly by zde jeho použitím vzniknout problémy. Dalšími souvisejícími pracemi je zateplení stropu nad vstupem, vyzdění meziokenních vložek, vyzdění celoprosklených schodišťových stěn a podobně. Součástí může být i výměna páteřního rozvodu elektřiny, úprava výtahu, výměna vodovodních, kanalizačních i plynových potrubí, tepelná izolace rozvodů teplé vody a vytápění v nevytápěných prostorách a další s tímto související práce.

Na tyto práce je možné dostat státní dotace z programu panel ve výši úhrady 4% úroků z úvěru. Dotace je pochopitelně podmíněná splněním některých podmínek, jež však nemají za cíl znesnadnit přístup k těmto dotacím, ale ochránit zákazníka od jeho vlastní nevědomosti. Je tedy nutné prokázat, že dům je bez statických vad, že jsou ostatní konstrukce v pořádku a nepotřebují výměnu, či opravu.

6.11 Jak se má zateplit hala z betonových prefabrikátů?

Vaše otázka je bohužel velmi nedostatečná. Domnívám se, že je možné použít běžné postupy, známé ze zateplování panelové výstavby, tedy na stěny použít kontaktní zateplovací systém, na střechu například desky s nakaširovanými asfaltovými pasy a ty pak přelepit vrstvou z modifikovaného asfaltového pasu. Pokud je problém v tom, že stávající hala nesnese příliš velké přetížení střechy, je možné zvolit metodu stříkaného pěnového polyuretanu. Jeho síla závisí na vašich požadavcích na tepelnou izolaci. Nastříkaný pěnový polyuretan se musí nátěrem chránit před UV zářením. Doporučuji vám velice dobře prozkoumat firmu, u které tuto práci budete zadávat. Jedná se totiž o chemický proces probíhající na střeše, jehož kvalitu z velké míry ovlivňují dělníci, jež provádějí vlastní nástřik. Je proto vhodné volit větší firmu s dlouhodobou tradicí, u které je patrné, že se s případnými reklamacemi umí vyrovnat.

6.12 Jaká tepelná izolace je vhodnější na starší rodinný dům? Pěnový polystyrén, nebo minerální vata?

V zásadě existují dva způsoby zateplování – vnější kontaktní zateplovací systém, tj. nalepení tepelného izolantu na stěnu a následné provedení stěrkové omítky, druhý způsob - odvětrávaná fasáda, tj. připevnění tepelného izolantu na stěnu zpravidla pomocí lišt, či latí, provedení distanční vzduchové mezery, která je nahoře i dole otevřená do prostoru a provedení fasády. Ta má zejména za úkol chránit tepelnou izolaci proti větru a srážkové vodě.

Na první způsob zateplení lze použít jakoukoliv tepelnou izolaci, jež se vyrábí v deskách. U nás je obvyklý pěnový polystyrén, který je levnější a minerální vlna, jež je dražší, ale zase nehořlavá. V zahraničí se dále používají desky z korku, desky z velmi lehkého plynosilikátu. Je možné použít i desky z extrudovaného polystyrénu, či pěnového polyuretanu. To se ale kvůli ceně materiálu nepoužívá.

Na odvětrávanou fasádu je možné použít jakoukoliv tepelnou izolaci, která má malý difuzní odpor, tedy minerální vlnu nebo celulózu.

Volba mezi kontaktním systémem a odvětrávanou fasádou závisí především na vlhkosti domu. Pokud je dům vlhký, je nutné použít odvětrávanou fasádu, v ostatních případech je to jedno.

Pokud se jedná o srovnání pěnového polystyrénu versus minerální vlny u kontaktních systémů, dojdeme k závěru že rozdíly jsou minimální. Minerální vlně nahrává skutečnost, že jsem nikdy neslyšel o klování ptactva do této fasády, což se u pěnového polystyrénu může stát.

6.13 Máme panelový dům na štítu zateplený hliníkovými žaluziemi. Příkladá mi, že toto zateplení není moc účinné, alespoň pokud porovnávám spotřebu tepla v našem domě a v sousedním domě, který není vůbec zateplený.

V první řadě je otázka, jak vám teplo účtují a zda rozdíl není spíše pouze v účtování než ve skutečných technických jednotkách. To ale ponechme stranou. Máte pravdu, že toto zateplení nebývá příliš účinné. Vysvětlení je prosté. Na panely byly připevněny hliníkové kotvy a na ně kovové lišty. Mezi nimi je tepelná izolace silná podle doby zateplení, ale obvykle 50 mm. Pak je zde vzduchová dutina a navrch jsou žaluzie z eloxovaného hliníku. Na obr. 10 je ilustrativní fotografie panelového domu, který má štít zateplený hliníkovými žaluziemi a na obr. 11 je schéma, kudy dochází k vedení tepla. Pokud se na tento detail podíváte, tak podkladem je beton, na něm je tepelná izolace, která má 30x lepší tepelně izolační vlastnosti než beton. Skrz izolaci vedou hliníkové kotvy, které mají 200x horší tepelně izolační vlastnosti než beton. Ze stejného materiálu bývají vyrobeny lišty a vnější lamely. Teplo tedy teče vodorovně betonem do míst s kotvami, dále kotvami skrz tepelnou izolaci až do hliníkových lamel, jež pro svoji výbornou tepelnou vodivost a velkou plochu působí jako chladič u auta a velmi lehce celé teplo předají vnějšímu prostředí. Výsledkem pak je, že vlivem velkých tepelných mostů výsledná přidaná tepelná izolace má ekvivalentní tloušťku např. 1 cm tepelné izolace. A to není mnoho. Navíc mezi jednotlivými deskami tepelné izolace mohou být spáry, které výrazně zhoršují tepelně izolační vlastnosti tepelné izolace.

6.14 Bydlíme v rodinném domku, jehož stáří je cca 50 let. Dům je omítnut stříkaným březolitem. Prosím o radu, zda před zateplením budovy polystyrenem je nutné tuto omítku odstranit. Nutno podotknout, že omítka má dobrou přilnavost.

Omítku odstraňovat nemusíte. Naopak je výhodou, protože má velký difuzní odpor a z pohledu poměrů tepelných odporů bude umístěna velmi blízko vnitřnímu povrchu, i když rozměrově jde stále o vrstvu nedaleko vnějšímu povrchu. (Tepelný odpor stávající zdi je přibližně $R = 0,55(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$ a tepelný odpor pěnového polystyrénu o tloušťce 100 mm je cca $R = 2,5 (\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$.) V tomto místě bude vodní pára difundující z interiéru zcela určitě v plynném stavu. Omítka naopak bude bránit pronikání vodní páry do tepelného izolantu, kde by mohla kondenzovat.

6.15 Mám rodinný dům s kamennými zdmi o tloušťce cca 60 cm. Uvažuji o venkovní izolaci pěnovým polystyrénem, ale někde jsem četl, že od určité tloušťky zdi je venkovní izolace prakticky neúčinná. Jaký je váš názor?

Především je nutné se zeptat, zda má dům dostatečnou izolaci proti zemní vlhkosti. Pokud ne, tak nedoporučuji provádět vnější zateplení kontaktním způsobem.

Je otázkou, co máte na mysli, že tepelná izolace je od určité tloušťky zdi neúčinná. Pochopitelně je vhodné mít co nejlepší tepelnou izolaci stěn. Na druhou stranu je nutné říci, že při současných cenách tepla se zateplování pouze pro úspory peněz obvykle nevyplácí. Vždy je tím nutné sledovat i další cíle. Vhodným zateplením se zlepší tepelná pohoda, neboť se zvýší povrchová teplota stěn, odstraní se plísň, udělá se nová omítka domu.

Váš dotaz pravděpodobně naráží na studii zpracovanou pro firmu Wienerberger, v níž se poukazuje na to, že nejvhodnější jsou jejich cihelné výrobky a ty že není nutné dodatečně tepelně izolovat. Tato studie vycházela z několika předem daných parametrů, čímž se dospělo k závěrům, které podporovaly prodej určitého výrobku. Pokud je zadání volnější a výchozí údaje více sledují možnosti stavebnictví, výsledkem jsou zcela odlišné závěry, což je ostatně velmi jednoduše možné spočítat. (Výpočty mám k dispozici.)

6.16 Chtěl bych tímto požádat o rady týkající se zateplení, či nezateplení novostavby rodinného domu. Cihlářské firmy mě od zateplení odrazují s tím, že dům nedýchá, drží se v něm voda. Samozřejmě bych tím pádem nakoupil silnější a dražší materiál na zdivo. Naopak firma zabývající se zateplováním přirozeně svůj systém doporučuje a námitky cihlářských firem vyvrací.

Otázka odhaluje, že chápete, proč někteří prosazují jednovrstvé zdivo a někteří mohou mít zase zájem na jiných technologiích. Argument, že stavba nedýchá, když je obložená polystyrénem, se mi jeví trochu nesmyslný. Zkuste dýchat skrz jakékoliv zdivo. Do pěti minut budete udušený. Na druhou stranu je pravda, že každá technologie má jistá specifika. V zásadě platí, že od zdiva požadujeme, aby plnilo několik funkcí. Nosnou, kterou dokáže splnit i slabší konstrukce, a izolační, což je vhodnější přenechat materiálu se speciálními vlastnostmi – tedy tepelné izolaci. Je však nutné se zamyslet nad některými konstrukcemi. Většina tepelných mostů se řeší lépe u sendvičového zdiva. Pokud však štítové zdivo probíhá okolo tepelné izolace v podkroví, je nutné tuto stěnu tepelně izolovat i z vnitřní strany tak, jak je naznačeno na obr. 12.

V příloze 19 je tabulka několika různých možných skladeb stěn a vypočítaná bilance kondenzace vodní páry. Pro výpočet jsou důležité zejména parametry vnější povrchové omítky. U zateplovacích systémů bylo uvažováno s omítkou Terranova s difuzním faktorem $\mu = 11$. Ve výpočtu je pochopitelně zaveden předpoklad, že konstrukce je na počátku suchá, což obvykle není pravda, neboť vysychání jistou dobu trvá (pro plynosilikát a vnesenou vlhkost jsou obdobné výpočty provedeny jinde a výsledky jsou v příloze 16. Ve zdivu je přípustná malá kondenzace vodní páry a bilance kondenzace musí být aktivní, to znamená, že se může více vodní páry vypařit, než ji ve zdivu zkondenzuje.

7. Zateplování podkroví

7.1 Rozhodl jsem se pro rekonstrukci podkroví na obytnou část. Vzhledem k tomu, že nelze rozebrat střešní krytinu, chci použít fólii za krokve. Lze tento způsob řešení použít a kde jsou necitlivější místa na úniky tepla? Popřípadě jak mám postupovat při realizaci?

Pokud děláte obytné podkroví, obvykle se používá tato skladba (z interiéru): obklad, či jiná povrchová úprava (sádrokarton, palubky, heraklit s omítkou apod.), parotěsná fólie bránící pronikání vodní páry do střešní konstrukce (pod ní může být částečně i tepelná izolace), tepelná izolace mezi krokvemi a pod nimi nebo nad nimi, pojistná hydroizolace, vzduchová dutina, střešní krytina. Vámi označená fólie je tedy pojistná hydroizolace a má tu funkci, kterou nese v názvu – pojistit střešní konstrukci a prostor pod ní proti zatékání vody. To se může stát buď tím, že mezi tašky zafouká vítr sníh, který tam pak roztaje, nebo tím, že některá taška praskne. Dávat tuto fólii tak, jak jste ve svém dotazu naznačil /tedy pod krokve/, nemá smysl, protože tím jenom případnou zateklou vodu přivedete ke krokvím, jež mohou zvlhnout a začít hnít. Pokud nemůžete sundat z nějakého důvodu střešní krytinu, doporučuji vám následující skladbu: zespodu mezi krokve přibijete vlnitou lepenku (obdobnou té, ze které se vyrábějí různé krabice na televizory a podobně) tak, aby mezi touto lepenkou a střešními latěmi vznikla mezera silná minimálně 4 cm (je možné svisle vložit distanční profil tak, aby se lepenka nepřiblížila k těmto latím). Zespodu pak máte několik možností pokračování, a to podle toho, co vám půdní prostor a vaše možnosti dovolí. Buď je možné na krokve přidat latě, popřípadě na ně ze strany přibít prkna (dojde tím k zesílení krovu) a dál pak dát parotěsnou fólii a přes ní nosný rošt. Nebo je možné umístit rovnou na krokve parotěsnou fólii a přes ni nosný rošt. Poté se do dutiny zafouká tepelná izolace z celulózy. Zespodu pak můžete popřípadě dát i další tepelnou izolaci (musí být pouze tak slabá, aby se parotěsná fólie nedostala do chladného místa, v němž by mohlo docházet ke kondenzaci vodní páry) a navrch nějakou povrchovou vrstvu, jako je sádrokarton, palubky, heraklit s omítkou apod. Dodatečná tepelná izolace zespodu může být provedena i pobitím lignoporu s následnou omítkou na rabicku nebo keramické pletivo.

Tato konstrukce je výhodná v tom, že pokud dojde k zatékání či zafoukání sněhu, zvlhne vrchní lepenka a propustí vodu do tepelné izolace z celulózy. Ta je vysoce nasákavá, a proto ji nebude dělat problémy tuto vodu pojmout. Po zatečení jistě přijde brzy doba, kdy bude moci voda vysychat do exteriéru. Celulóza ji velmi ochotně pustí. Pokud dojde k lokálnímu zatečení (což je obvyklé), celulóza, ze které je i vrchní lepenka, bude vodu kapilární vzlínavostí transportovat po celé ploše, kde voda může vysychat. Tím se její vysychání velmi urychlí. Po vyschnutí se lepenka i tepelná izolace bude chovat jako před zamočením, a to pouze tehdy, zateče-li pouze omezené množství vody. Pokud by nastal vážnější problém s hydroizolací, respektive jestliže by zateklo větší množství vody, tepelná izolace se může slehnout a přestat fungovat. Je proto nutné vizuálně sledovat střechu, zda není poškozená.

7.2 Kde jsou nejcitlivější místa na úniky tepla při izolaci podkroví, popřípadě jak mám postupovat při realizaci?

Nejcitlivějšími místy pro úniky tepla jsou kouty vzniklé křížením částí krovů a ta místa, kde jsou malé mezery. To je například u styku pozednice s krokve, mezi kleštinami zejména u krokve a vazného trámu a podobně. Zde je nutné dát si pozor na to, aby telená izolace byla skutečně všude.

Dalším problémem podkroví je infiltrace, tedy pronikání vnějšího vzduchu do interiéru a obráceně. Zde je nutné provést důslednou parotěsnou zábranu, která zabraňuje i tomuto proudění vzduchu. Častým místem, kudy proudí vzduch, je vytrubkování elektroinstalace. Fouká pak dovnitř zásuvkami, anténou, lustrem, někdy i vypínači.

Další kritické místo je zafukování exteriérového vzduchu do tepelné izolace. Tím dochází k prochládání této izolace a ta je prakticky neúčinná, anebo má omezenou účinnost. Zde je vhodné provést důkladně protivětrnou fólii. Obvykle jde o pojistnou hydroizolaci, která je položena kontaktně na tepelnou izolaci a zabezpečena tak, aby pod ní nefoukalo. Ve své praxi jsem se setkal s jedním extrémem, kdy sádkartonová stěna mezi dvěma obytnými místnostmi měla místy teplotu téměř shodnou s teplotou venku (vnější teplota byla cca +2°C, povrchová teplota stěny +3,2°C). Bylo to způsobeno tím, že skrz dům foukal vítr a v tomto místě měl vzduch za sádkartonem prakticky teplotu exteriéru.

Další kritické místo v podkroví jsou průniky různých konstrukcí skrz tepelnou izolaci. Těmito konstrukcemi mohou být nosné stěny, štítové stěny, komín, odvětrání kanalizace a podobně. Dochází zde totiž k vedení tepla ve svislém směru. Povrch v interiéru je pak studený a kondenzuje na něm vodní pára.

V podkroví také dělá problémy složitější tvar místností a nábytek umístěný tak, že brání proudění teplého vzduchu do koutů. Vznikají zde studené vzduchové kapsy, v nichž je vlhkost vzduchu stejná jako v celém prostoru. Ta pak může na studených površích kondenzovat.

Velkou pozornost je nutné věnovat střešním oknům. Tato okna musí být důkladně izolována. Správně by měla okolo sebe mít límec z tepelné izolace tak, aby nás od exteriéru neoddělovalo pouze prkno silné několik centimetrů. Pod každým střešním oknem by měl být radiátor ústředního topení, nebo výdech teplovzdušného vytápění.

Pokud máte místnosti v podkroví menší než ve spodním patře, tedy pokud jsou u obvodu hluchá místa mezi obvodovou stěnou a střechou na jedné straně a stěnou pokoje na straně druhé, může v těchto místech docházet ke kondenzaci vodní páry. Pokud jste přinuceni takovou kapsu udělat, abyste měli v místnosti u obvodu nějakou výšku stěny, je vhodné tuto kapsu odvětrat do exteriéru a důkladně tepelně izolovat u vytápěných stěn. Druhou možností je tuto kapsu celou zaplnit jakoukoliv tepelnou izolací.

Je velmi nutné věnovat pozornost parotěsné fólii, jež má za úkol nepropouštět vodní páru z interiéru do konstrukce. Parozábranu je nutné slepovat speciálními, k tomu určenými páskami a po obvodě těsnit pěnovou páskou.

7.3 Děláme novou střechu nad obytným podkrovím. Tepelná izolace bude mezi krokvemi a pod nimi. Nad ní necháme 4 cm vzduchovou vrstvu. Seshora pak bude bednění, thérový papír (lepenka A 330 H) a eternit. Zespodu bude sádrokarton a fólie. Kam se má umístit horní fólie?

Jde o klasickou střechu. Spodní fólie je parotěsná fólie a musí být na spojkách důkladně slepována tak, aby jí neprocházela vodní pára. Musí mít také těsnění po obvodě (u zdiva). Horní fólie je pojistná hydroizolace, která musí být difuzně otevřená. Ve vašem případě již není potřeba, protože místo ní se dává pod eternitové šablony lepenka. Ta tuto funkci plní dostatečně.

7.4 Jaká je nejlepší tepelná izolace na podkroví? Pěnový polystyrén nebo minerální vlna ORSIL, ROCKWOLL?

Pokud máte na mysli klasické zateplení podkroví, tedy umístění tepelné izolace mezi krokve a částečně nad krokve a nebo pod ně, tak je mezi tyto krokve vhodná minerální vlna. Tu je totiž možné nacpat do tohoto prostoru tak, že mezi ní a krokvemi nevzniknou žádné mezery, kterými by mohlo docházet k únikům tepla prouděním vzduchem.

7.5 Jaké jsou možnosti použití tepelných izolací při budování podkroví?

Toto je poměrně rozsáhlá otázka, proto se budu snažit o stručnou, ale vyčerpávající odpověď. V první řadě je nutné říci, že na tepelnou izolaci v podkroví máme zvýšené nároky z několika důvodů. Tato konstrukce je obrácená do vesmíru, působí tedy na ni tzv. vesmírný chlad. V praxi to znamená, že vyzařuje do prostoru teplo, jež se jí při jasné obloze vůbec nevrací, při zatažené se jí vrací teplota -50°C a méně, podle toho, jaká je teplota mraků. To proti běžné minimální teplotě v exteriéru, která je -15°C , znamená velký rozdíl.

Dalším důvodem, proč jsou na tepelnou izolaci střechy zvýšené nároky je, že nemá žádnou tepelnou akumulaci. Při jejím ohřátí slunečním zářením se toto téměř okamžitě projeví v interiéru. Je tedy nutné zvětšit tuto izolaci tak, abychom byli v létě chráněni před přehřátím.

Posledním důvodem je, že se obvykle tepelná izolace dává mezi krokve, jež způsobují poměrně rozsáhlé lineární tepelné mosty. Snižuje se tím účinnost tepelné izolace přibližně o čtvrtinu.

Možnosti izolaci jsou následující:

Lze dát tepelnou izolaci mezi krokve a další nad ně a nebo pod krokve. V tomto případě je minimální požadavek normy na tloušťku tepelné izolace 24 cm. Zde se mezi krokve používá vláknitá tepelná izolace, která přilehne ke krokvím. Nad i pod je možné použít stejnou tepelnou izolaci, pod je dále možné použít i pěnový polystyrén (nad není vhodný kvůli většímu difuznímu odporu).

Další možností je dát tepelnou izolaci pouze nad a nebo pod krokve. Zde lze použít jakoukoliv tepelnou izolaci, která je dostatečně pevná v tlaku tak, aby unesla střešní krytinu, popřípadě je nutné ukotvit latě tak, aby nesly tuto krytinu (např. na ocelové kotvy, nebo pomocí dřevěných špalíků, popřípadě ocelovými šrouby pro přenášení tahového napětí). Zde je minimum cca 17 cm tepelné izolace.

Další možností je položit na izolaci vrstvu tepelné izolace upravené tak, že plní zároveň funkci nosné konstrukce pro krytinu. To mohou být polyuretanové desky s ocelovými střešními latěmi, různé opláštěné tepelné izolace se střešními latěmi a podobně.

Možností na zvážení také je, zda se nevyhnout krovu vůbec a neprovést jinou konstrukci, která bude nosná a kterou nebude problém tepelně izolovat. Tím mohou být stropní panely položené na šikmé vazníky a šikmo ukončené nosné zdi, které pak budou opatřeny tepelnou izolací, nebo to mohou být samonosné opláštované tepelně izolační desky, jež mají nosnost na rozpony tří i více metrů.

Lze také použít dřevěných lepených I nosníků, mezi které budou vkládány opláštěné desky tepelné izolace. Zde dochází k minimalizaci tepelných mostů, a proto tato izolace může být slabší než uváděných 24 cm.

8. Difuze vodní páry, větrání, plísně

8.1 Jak souvisí tepelné izolace s vlhkostí v konstrukci a proč dochází ke srážení vodní páry ve zdech?

V každém vzduchu je určité množství vodní páry. Pokud dojde ke snížení teploty pod tzv. rosný bod, začne vodní pára kondenzovat. To známe z přírody, kdy při ochlazení vzduchu začne vodní pára kondenzovat a pak podle intenzity a teploty můžeme hovořit o tom, že se udělala mlha, začalo pršet či sněžit, popřípadě začaly padat kroupy. Z domácnosti toto také známe. Je to orosení zrcadla v koupelně, když se koupeme, či sprchujeme. Teplá vodní pára vznikající odpařováním teplé vody kondenzuje na studeném povrchu zrcadla.

Absolutní množství vody, které může být ve vzduchu obsažené, závisí na tlaku a hlavně teplotě vzduchu. Proto používáme pojem relativní vlhkost vzduchu, který nám udává, kolik procent vodní páry je ve vzduchu, přičemž 100 % je množství vodní páry, kdy při dané teplotě začne vodní pára kondenzovat. A tak například při obvyklé pokojové teplotě, tedy $+21^{\circ}\text{C}$ a při relativní vlhkosti vzduchu 50% je částečný tlak vodní páry $p_d = 1243 \text{ Pa}$, což odpovídá přibližně obsahu vody ve vzduchu v množství $9,2 \text{ g/m}^3$. V zimním období, kdy je venku -15°C a relativní vlhkost 84%, je částečný tlak vodní páry $p_d = 139 \text{ Pa}$, a to odpovídá přibližně obsahu vody ve vzduchu v množství $1,2 \text{ g/m}^3$. Z těchto čísel plyne několik velmi zajímavých poznatků, které vysvětlují mnohé problémy s kondenzací vodní páry ve stavebních konstrukcích.

Jednak je nutné si uvědomit rozdíl částečných tlaků vodních par, jenž je v tomto případě 1104 Pa. To je tedy tlak, kterým se vodní pára snaží v zimě protlačit stavebními materiály ven tak, aby došlo k vyrovnání částečných tlaků vodní páry.

Druhým zajímavým bodem v těchto číslech je, že vnější vzduch v zimě, i když má poměrně vysokou relativní vlhkost, je velmi suchý. Obsahuje 8x méně vody než vzduch v interiéru.

A nyní jaké jsou důsledky těchto dvou skutečností. Pokud se tedy vodní pára tlačí z budovy skrz konstrukci ven, hrozí nebezpečí, že někde narazí na studené místo a začne docházet ke kondenzaci vodní páry. Záleží samozřejmě na místě, v němž ke kondenzaci dochází, a na množství vodní páry, která zkondenzuje. Pokud se jedná o relativně malé množství, které sice v zimě zkondenzuje, ale v létě se vypaří a pokud tato kondenzace nevadí konstrukci, je kondenzace přípustná. V těchto případech hovoříme o aktivní bilanci kondenzace vodní páry. Pokud však toto množství nestačí přes léto vyschnout např. proto, že na vnějším líci konstrukce je takový materiál, který toto vysychání neumožňuje (např. asfaltový pas na střešní konstrukci), začne se v konstrukci hromadit zkondenzovaná voda, která časem začne působit nepříjemnosti a může vést i k vážnému poškození stavby.

K hromadění vlhkosti vzduchu uvnitř konstrukce může dojít ještě z jednoho důvodu. Tím je nějaký další zdroj vody. Může jím být například vztlínající zemní vlhkost, která vysychá do interiéru i do exteriéru. Pokud se však změní difuzní podmínky například zateplením z exteriéru, zhorší se vysychání a zeď začne vlhnout a začne se na ní objevovat plíseň.

Další nepříznivý okamžik je, když vodní pára kondenzuje tam, kde to konstrukci vadí. Jedná se zejména o místa, kde jsou dřevěné konstrukce. Výsledkem je pak vlhké dřevo s následnou hnilobou, napadení hmyzem apod. To je bohužel velmi častý příklad moderních rodinných domků, v nichž je chybně provedená parotěsná fólie, která má zabraňovat pronikání vodní páry do konstrukce. Stává se to ale i u starších staveb, kde vlivem stavebních úprav došlo ke změně provozu a k následnému zvýšení vlhkosti v interiéru. Jedním příkladem, jak může dojít ke zvýšení vlhkosti v interiéru, je utěsnění oken dodatečným těsněním, nebo i tím, že se provede zateplení domu a dojde k utěsnění škvír mezi oknem a zdí, výměna oken za těsná, anebo i tím, že se původní lokální vytápění změní na etážové, popřípadě elektrické akumulární. Tento poslední případ je velmi častým u starších činžovních domů. Přestane docházet k intenzivní výměně vzduchu hořením a odtahem do komína. Následná vyšší relativní vlhkost vzduchu má za následek vznik kondenzace vodní páry na zhlavích trámů (konce trámů ležící ve zdivu). Výsledkem pak je uhnívání zhlaví trámů. Z tohoto důvodu se například zejména v osmdesátých letech opravovalo hodně stropů starších činžovních domů v Praze.

S nepříznivým vlivem kondenzace vodní páry se setkáváme ve stavebnictví ještě v jednom místě. Tím jsou taková místa, kde je nízká povrchová teplota. Obvykle se jedná o tepelné mosty, ve kterých je povrchová teplota výrazně nižší než povrchová teplota v okolí. Zde často dochází k povrchové kondenzaci vodní páry. Ta má obvykle za následek růst plísní, tedy látek obsahujících výrazné alergeny. Ke kondenzaci dochází na povrchu konstrukce v interiéru tam, kde povrchová teplota dosáhne hodnoty rosného bodu. To je např. pro zmíněný interiér (+21°C, 50% relativní vlhkost vzduchu,) +10,2°C. U plísní je však situace ještě vážnější. Pro růst plísní nemusí totiž dojít přímo ke kondenzaci vodní páry. Stačí, když se povrchová teplota přiblíží teplotě, při které je relativní vlhkost vzduchu 80%. To je v tomto konkrétním případě 13,6°C. Následuje pak růst plísní, který neomezí ani časté natírání postižených míst protiplísňovými přípravky. Ty jsou totiž poměrně brzy vyplaveny a bujení plísní může pokračovat. Aby se těmto rizikům předešlo, uvádí ČSN 73 0540-2/2002 minimální povrchové teploty konstrukcí a oken v závislosti na teplotě vnitřního prostředí, způsobu vytápění a relativní vlhkosti vzduchu. V příloze 9 a v příloze 10 jsou uvedeny některé minimální povrchové teploty v interiéru (platné pro obytné budovy).

8.2 Mám dát parotěsnou fólii do stropu?

Budu provádět zateplení stropu mezi půdou a obytnými místnostmi pod ní. Strop je proveden ze stropních trámů, které jsou zespodu podbity prkny a jsou omítnuty. Seshora jsou pak na stropních trámech prkna a na nich dlaždice položené do škváry. Chci tyto horní vrstvy sundat, přes stropní trámy položit parotěsnou fólii, mezi trámy dát jako tepelnou izolaci minerální vlnu a seshora paropropustnou fólii a znovu prkna. Je to v pořádku?

Bohužel tento postup nemohu doporučit. V žádném případě není možné dávat parotěsnou fólii přes stropní trámy. Pokud ji chcete použít, musíte ji dát důsledně na spodní líc konstrukce, tedy na strop, popřípadě je nutné sundat bednění pod trámy, vložit parotěsnou fólii mezi trámy a podbití a zpět provést strop. Pokud totiž natáhnete parotěsnou fólii nad stropními trámy, umístíte ji již do zóny, v níž je poměrně nízká teplota. Pravděpodobně dojde ke srážení vodní páry pod parotěsnou fólií na trámech. Ty by pak byly napadeny hnilobou a velmi brzy by stropu hrozilo zřícení. Není také nutné dávat do této konstrukce paropropustnou fólii. Ta je také nazývána pojistnou hydroizolací a má za úkol především sloužit v případě drobného porušení vodotěsné vrstvy (např. při prasknutí střešní tašky) jako pojistná hydroizolace, která dočasně bude chránit konstrukci i místnosti pod ní před zatékáním srážkové vody. Ve vašem případě bych doporučoval použít jako tepelnou izolaci Climatizér plus, nebo jinou buničitou tepelnou izolaci. Ta se dá do dutin mezi trámy nafoukat, čímž vám odpadne pracné rozebírání celého stropu. Hlavním důvodem, proč tuto izolaci ale doporučuji, je, že má schopnost kapilární vzlínavosti případnou vodní páru transportovat do míst, kde může lépe vyschnout. Celulóza, která slouží jako tepelná izolace, je velmi podobná dřevu, a proto je vhodné tyto materiály spolu kombinovat. Buničina, pokud je napuštěná boraxem proti houbám, plísním a škůdcům, slouží částečně i jako ochrana dřeva před napadením.

8.3 Zateplujeme panelový dům a máme spor, zda máme odvětrávací otvory pro spížirny zrušit a zateplit, či ponechat?

Domnívám se, že je vhodnější téměř vždy tyto otvory zaslepit a pak překrýt tepelnou izolací. To proto, že větracími otvory bude do místnosti pronikat chladný vzduch a z ní pak teplý a vlhký vzduch. Ten může dojít na tak studené místo, kde bude docházet ke kondenzaci vodní páry a následně se zde budou vyskytovat plísňe.

8.4 Osadili jsme elektroakumulační kamna místo lokálních kamen na hnědé uhlí. Brzy nato se nám v koutě objevila plíseň. Je to proto, že se snažíme šetřit a v místnosti nyní máme chladněji?

Pravděpodobně tohle není hlavní příčinou vašeho problému. Při vytápění uhlím docházelo pravděpodobně k velké výměně vzduchu, který byl do místnosti nasáván netěsnostmi v oknech a z místnosti pak vyfukován komínem. Proto byl vzduch v místnosti dřív suchý. V současné době však toto větrání chybí. Vzduch v místnosti je vlhčí, takže na místech s nízkou teplotou kondenzuje vodní pára. Toto lze zlepšit dvěma způsoby. Prvním je zvýšit intenzitu větrání a popřípadě omezit produkci vlhkosti v místnostech např. tím, že se bude vařit s pokličkou nikoliv bez ní. Je nutné často dané místnosti větrat. Druhým možným způsobem je zvýšení teploty v inkriminovaných místech. Toho je možné docílit zateplením z exteriéru, nebo do dotčeného místa instalovat zdroj tepla, např. sem umístit malý větráček, jenž bude příslušné místo ofukovat vzduchem. Další možností je do místa vzniku plísní instalovat další tepelný zdroj (odporový drát, akumulační kamna, přímotopy, další radiátor, popřípadě tímto místem vést přívod k radiátorům. Na obr. 23 je schéma větrání při vytápění lokálními kamny.

8.5 Zateplili jsme starší chalupu. Asi po dvou letech se objevila plíseň na zateplených stěnách u podlahy. Je to proto, že jsme zateplovali pěnovým polystyrénem, který stavbu uzavřel?

Příčin výskytu plísně v tomto místě může být více. Ve vašem případě je s největší pravděpodobností příčinou výskytu plísní to, že u podlahy máte tepelný most, kterým dochází k prochladnutí stěny u základu. Na ní pak kondenzuje vodní pára, jež zapříčiňuje vznik plísně. Dříve vám pravděpodobně v těchto místech plíseň nevznikala, protože jste měli méně utěsněná okna. Zateplením došlo nejen k zlepšení tepelně izolačních vlastností zdi, ale zároveň jste utěsnili spáry mezi okny a stěnou. Tím se snížila intenzita větrání, zvýšila se relativní vlhkost vzduchu v místnostech a tím se i zvýšila teplota rosného bodu, takže dochází ke kondenzaci vodní páry i tam, kde k ní dříve nedocházelo.

Odstranit plíseň je možné tak, že okolo domu dáte tepelnou izolaci i do úrovně základu. Musíte použít nějakou tepelnou izolaci, která nenasákává vodu, např. polyuretan, extrudovaný polystyrén a nebo pěnový polystyrén, jenž byl pěněný do formy a není dále řezán.

Dalšími možnými, i když ve vašem případě nepříliš pravděpodobnými příčinami může např. být skutečnost, že zdivo je vlhké vlivem vztlínání zemní vlhkosti, nebo že ke zdivu z exteriéru zatéká voda.

8.6 Je lepší použít na tepelnou izolaci stěny minerální vlnu, nebo pěnový polystyrén? Slyšel jsem, že když se stěna uzavře polystyrénem, tak dům nedýchá.

Dýchání domu stěnami je nesmyslný výraz. Dům je nutné větrat, hygienická norma nám říká, že pokud jsou v místnosti lidé, měl by se vzduch v místnosti vyměnit alespoň 1x za dvě a půl hodiny. Pokud v ní lidé nejsou a není v ní nějaká produkce škodlivin, či vodní páry, tak stačí výměna vzduchu 1x za deset hodin. Toto množství vzduchu nemůže do místností proudit skrz jakékoliv zdivo.

Tímto laickým pojmem se často označuje spíše pronikání vodní páry stěnou (viz úvod kapitoly). Zda je možné použít na zateplení pěnový polystyrén, či nikoliv, je nutné posoudit na každém konkrétním případě zvlášť. Obecně je možné říci, že na bilanci kondenzace vodní páry ve stěně nemá ani tak velký vliv použitá tepelná izolace jako vrchní omítka.

Je však možné si uvědomit, že ve většině případů je z hlediska difuze vodní páry jedno, zda se použije jako tepelný izolant pěnový polystyrén, či minerální vlna. U suchých stěn je obvykle možné použít obojí. Pokud jsou stěny z nějakých důvodů vlhké, je nutné volit takové řešení, aby se situace nezhoršila, ale spíše zlepšila. Je nutné nejprve odstranit příčinu vlhnutí stěny, popřípadě stěnu nechat vyschnout a pak teprve izolovat. Je také možné použít odvětrávaný systém, který umožní stěně vysychat. Stěna může být mokrá z mnoha různých příčin. Mezi nejčastější patří porušená izolace proti zemní vlhkosti, vlhkost zabudovaná při stavbě (zejména u plynosilikátových materiálů)- dále z důvodu vlhkosti, kdy zatéká, např. ze špatného okapu, z porouchané kanalizace či vodovodu.

8.7 Bydlím v panelovém domě (46 bytů). V současné době zvažujeme výměnu oken se současným zateplením domu. Obávám se, zda současným použitím plastových oken a polystyrénového zateplení nebudou byty příliš utěsněny a nedojde ke vzniku plísní v bytech.

Na tuto otázku jsem v podstatě reagoval v předchozí odpovědi. Každý byt je nutné větrat. Intenzita větrání závisí zejména na produkci vlhkosti v bytě. Jinak jistě bude větrat mladý uživatel bytu, který se v bytě téměř nevyskytuje, a jinak mnohočetná rodina, jež doma často vaří, pere, má velké množství květin, domácí mazlíčky a další zdroje vodní páry. Použití plastových oken jistě stavbu velmi utěsní. Naopak zateplení stavby dostatečně silným pěnovým polystyrénem zvýší povrchovou teplotu stěn, takže riziko plísní bude minimalizováno. Je důležité zateplit skutečně celý dům tak, aby nikde nevznikaly tepelné mosty. Ty mohou způsobit vznik povrchové kondenzace vodní páry a následný růst plísní.

8.8 Dojde vlivem netěsností v parozábraně ke vzniku plísní, či jak jsem snad četl i ke zvýšení tepelných ztrát v místnosti?

Parozábrana se dává blízko vnitřního povrchu konstrukce (nemusí být úplně na povrchu, při použití silnějších vrstev tepelné izolace se dává i mezi tepelné izolace) proto, aby omezila pronikání vodní páry do konstrukce tak, aby v ní nekondenzovala. Měla by být tudíž co nejtěsnější, aby skrz ni pronikalo pokud možno co nejméně vodní páry, i když drobným porušením se nikdy nevyhneme. Spáry se musí slepovat a pokud to jde, musí se těsnit i místa, kde skrz ni upevňujeme další konstrukce (např. sádkartón). Čím lépe ji utěsníme, tím více minimalizujeme rizika s netěsnostmi spojená. Pokud se totiž vodní pára dostane do konstrukce a zkondenzuje v ní, tak může (a nemusí) způsobit mnoho problémů. Pokud například dojde ke kondenzaci na dřevěné konstrukci, hrozí riziko vzniku plísní a hub. Ne vždy samozřejmě musí při poruše parotěsné fólie dojít ke kondenzaci vodní páry. To je závislé i na vlastní konstrukci a vlhkosti vzduchu v místnostech.

Je pravda, že netěsností parotěsné fólie může dojít i ke zvýšení tepelných ztrát místností. To tehdy, pokud netěsná parotěsná fólie umožní infiltraci vzduchu (pronikání z interiéru do exteriéru a naopak). Zvýší se totiž větrání místností a to s sebou přináší i zvýšené tepelné ztráty.

9. Tepelné mosty

9.1 Co je to tepelný most a proč tak vadí?

Tepelný most je místo, kde dochází ke zvýšenému tepelnému toku. Uniká jím více tepelné energie a má v interiéru studenější povrch a naopak v exteriéru teplejší povrch než okolní konstrukce tak, jak je patrné z termogramu, který je na obr. 13. Zde jsou patrné tepelné mosty mezi jednotlivými tvárnicemi a mírně také nad okny.

Tepelné mosty nabývají stále většího významu. Není to tím, že by se dříve nevyskytovaly, ale v současné době, kdy se snažíme o co největší úspory energií, jsou významnější. A to hned ve dvou směrech.

Prvním je hygienická stránka věci. Dříve, když se topilo v lokálních kamnech pevnými palivy, docházelo k intenzivnímu větrání místností. Tím byl vnitřní vzduch suchý, a proto na studených površích nedocházelo ke kondenzaci vodní páry. V současné době, kdy se snažíme o maximální úspory energií, omezujeme i větrání na pouhou hygienickou výměnu vzduchu a často i méně. Vzduch v interiéru je pak pochopitelně vlhčí a dochází ke kondenzaci vodní páry na studených površích konstrukcí, tedy v místech tepelných mostů. Výsledkem je pak růst plísní.

Druhým důvodem, proč je nutné tepelné mosty omezovat, je minimalizace úniků tepla konstrukcemi. Dříve, kdy se běžně pohybovaly tepelné odpory konstrukcí okolo $0,7 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$, docházelo také k jistým ztrátám tepla tepelnými mosty. V tehdy platné normě byla přírážka na vliv tepelných mostů ve výši 10% ze součinitele prostupu tepla. Znamenalo to tedy, že pokud byl součinitel prostupu tepla $U = 1,4 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, zvýšil se o 10% na $U = 1,54 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$. Tím byly do výpočtu zahrnuty tepelné ztráty tepelnými mosty. Protože však tepelné mosty jsou celkem málo závislé na tepelně izolačních vlastnostech jednotlivých konstrukcí, je v současné době nutné zvyšovat součinitel prostupu tepla U nikoliv o 10%, tak jako dříve předepisovala norma ČSN 06 0210 (to bychom např. u součinitele prostupu tepla $U = 0,2 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ dosáhli zvýšení na $U = 0,22 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$), nýbrž o určitou konstantní hodnotu. U vhodně řešených tepelných mostů je toto zvýšení $\Delta U = 0,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ (u velmi dobře řešených tepelných mostů je možné tuto přírážku snížit na $\Delta U = 0,05 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ a zcela výjimečně až na $0,02 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$).

Je patrné, že pokud součinitel prostupu tepla $U = 0,2$ zvýšíme o přírážku $\Delta U = 0,1 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, výsledné zvýšení součinitele prostupu tepla na $U = 0,3 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ představuje zvýšení tepelných ztrát prostupem o 50% !!! Z tohoto fiktivního příkladu je tedy patrné, že tepelné mosty mají u velmi dobře tepelně izolovaných domů velký vliv na tepelné ztráty konstrukcemi. To ostatně vyplývá i z grafu 2, který je zde uveden.

Tepelné mosty mohou být lineární, což je příklad třeba osazení okna do stěny (těmto tepelným mostům se také říká tepelné vazby, neboť se jedná o styk – vazbu – dvou různých konstrukcí) a nebo mohou být bodové, což například může být kotevní hmoždinka zateplovacího systému s kovovým trnem.

9.2 Jak mám řešit u nové stavby tepelnou izolaci základu?

Každý detail stavby, pokud si jej představíte v řezu, můžete přibližně posoudit pomocí analogie. Představte si, že každý materiál, který je na stavbu použit, může propouštět teplo určitou rychlostí. Ta je dána součinitelem tepelné vodivosti λ (lambda) - čím je tento součinitel nižší, tím je nižší i rychlost. A nyní můžete při znalosti těchto součinitelů hledat cestu, kudy se teplo dostane nejrychleji z teplého interiéru do studeného exteriéru. Konkrétně tedy u základů: Pokud máte klasickou stavbu, u níž jsou základy z betonu, na nich je hydroizolace a pak zeď, například z cihel, uvnitř je na hydroizolaci tepelná izolace, následuje vrstva betonu a nášlapná vrstva podlahy, tak si můžete představit, jak teplo proudí betonem v podlaze, svisle zdívkou okolo tepelné izolace a dále pak betonem ven z domu tak, jak je naznačeno na obr. 15. Je to typický tepelný most. Ten můžete přerušit několika různými způsoby. Jedním z nich je dát pod zdivo tepelně izolační vrstvu, zde se hodí pěnové sklo, neboť má vysokou pevnost v tlaku. Druhou možností je obložit z exteriéru základ, pokud možno ještě přes zdivo, a to tepelnou izolací. Pokud je tepelná izolace pod úrovní hydroizolace, je nutné použít takovou tepelnou izolaci, které nevadí vlhkost, tedy např. pěnový polyuretan, extrudovaný polystyrén, a nebo pěnový polystyrén pěněný do forem (nikoliv řezaný z bloků). Tepelnou izolaci je vhodné dát co nejhlouběji, v ideálním případě až do nezámrzné hloubky.

9.3 Kde lze zjistit, jak je možné řešit tepelné mosty?

Bohužel v současné době u nás doposud není kompletní databáze běžných tepelných mostů ani jejich vzorové řešení. Vyšla u nás v nakladatelství GRADA knížka Tepelné mosty – Stavební detaily, kde se autor pokusil vyčíslit jednotlivé tepelné mosty, a to vždy v několika variantách. Další pokračování této publikace bylo financováno ČEA a je uvedeno na www.ceacr.cz, nebo je možné se na ni podívat na www.e-c.cz. Je však nutné upozornit na to, že zde není uveden návod, jak jednotlivá problematická místa řešit, je to pouze vyčíslení některých tepelných mostů a jejich porovnání s jinými variantami řešení.

Podrobné řešení tepelných mostů by mělo být součástí projektu stavby.

Upozorňuji, že na internetu je katalog stavebních detailů, v nichž se při řešení detailů neuvažovalo nad tím, že by tyto detaily mohly působit jako tepelné mosty. Řešení detailů, pokud neobsahuje vyčíslení velikosti lineárních tepelných mostů, je proto nevěrohodné a není možné se jím řídit.

9.4 Jak poznám tepelný most?

Tepelný most je místo, kterým uniká více tepla než jeho okolí. Obvykle se tedy projevuje tím, že jde v zimě o místo s nižší povrchovou teplotou v interiéru a nebo naopak s vyšší povrchovou teplotou v exteriéru. To se může projevit tím, že v interiéru kondenzuje na tomto chladném místě vodní pára a případně i rostou plísně. Tato místa lze indikovat také teploměry pro měření povrchových teplot. Velmi často se používá i infrakamera, která zobrazuje celou konstrukci. Na snímku jsou pak barevně odlišeny plochy s různou povrchovou teplotou. Typické tepelné mosty vzniklé nesprávným uložením tepelné izolace v podkrovní jsou patrné na obr. 16.

10. Druhy tepelných izolací

10.1 Jaké jsou druhy tepelných izolací?

Pokud budeme mluvit o tepelné izolaci, musíme si říci, jaké vlastnosti u ní sledujeme. Nejdůležitější vlastností je součinitel tepelné vodivosti λ , uváděný v jednotkách W/(m.K). Čím je jeho hodnota nižší, tím vyšší je účinnost tepelné izolace. Dalšími důležitými vlastnostmi je difuzní faktor μ , který nám udává propustnost materiálu vodní párou, dále objemová hmotnost, pevnost, nasákavost, hořlavost, cena, zpracovatelnost, toxicita, tepelná stabilita. Tyto vlastnosti nám určují vhodnost použití tepelné izolace pro každý konkrétní příklad. Tyto veškeré vlastnosti se liší nejen podle druhu materiálu, ale existují drobné odchylky i u různých výrobců. Výpočtové hodnoty různých materiálů jsou uvedeny v ČSN 730540-3.

Při výpočtech je samozřejmě mnohem lepší vycházet z konkrétních hodnot pro výrobek určitého výrobce. Tyto hodnoty by měly být uvedeny v certifikátu výrobku, jenž by měl dodavatel výrobku spolu se zbožím dodat.

Jako tepelně izolační materiály se v ČR používají zejména tyto materiály:

- pěnový polyuretan
- extrudovaný polystyrén
- pěnový polystyrén
- minerální vlna
- celulóza
- pěnový polyetylén
- pěnové sklo
- perlit
- desky z dřevité vlny a cementu
- keramzit
- ovčí vlna

Výčet materiálů není pochopitelně úplný a s rozšířením Evropské unie se u nás jistě začnou používat další materiály, jako je například korek.

PĚNOVÝ POLYURETAN

Je to velmi účinná tepelná izolace. Může být použit ve formě měkké polyuretanové pěny (molitanu), a nebo tvrdé polyuretanové pěny. Ve stavebnictví se používá téměř výhradně tvrdá polyuretanová pěna (PUR). Používá se buď dodávaná v deskách, či různých tvarovkách, nebo je možné ji koupit jako jednosložkovou či dvousložkovou hmotu pro aplikaci na místě. Objemová hmotnost je obvykle od 35 do 120 kg/m³. Běžně snáší teploty od -50 do + 130°C. Materiál je odolný většině rozpouštědům, kyselinám, louhům. Nesnáší UV záření a je nutné jej před tímto zářením chránit.

EXTRUDOVANÝ POLYSTYRÉN - XPS

Tento typ polystyrénu je dražší než pěnový polystyrén. Má lepší mechanické vlastnosti, zejména má uzavřenou buněčnou strukturu. Proto je nenasákavý. Od pěnového polystyrénu se pozná tak, že se při rozlomení nedrolí na jednotlivé kuličky, ale má stejnorodou strukturu vzduchových bublinek (obdobně jako pěnový polyuretan, tedy např. molitan).

PĚNOVÝ POLYSTYRÉN - EPS

Je u nás vedle minerálních vln nejrozšířenějším tepelně izolačním materiálem, který vyhrává především cenou. Vyrábí se dvěma způsoby. První z nich je vypěňování do forem. Tento materiál má většinou uzavřenou buněčnou strukturu a proto je velmi málo nasákavý. Obvykle bývá pevnější než pěnový polystyrén řezaný z bloků a také dražší. Od pěnového polystyrénu řezaného z bloků se obvykle pozná tak, že má na povrchu plastický název výrobku, firmy, která jej vyrobila, nebo alespoň znatelný výstupek vzniklý nedokonalým spojením jednotlivých dílů formy.

Druhým typem pěnového polystyrénu je nejznámější výrobek tohoto druhu, a sice pěnový polystyrén řezaný z vypěněných kvádrů. Označuje se objemovou hmotností na 1 m³. Obvykle se používá objemová hmotnost 20 kg/m³. Tento materiál má několik nepříznivých vlastností, pro něž se o něm traduje, že se časem ztrácí. To jsou však pouze laická vyjádření důsledků těchto vlastností. První z nich je smršťování do původního nenapěněného stavu. Tato tvarová změna je závislá na teplotě a na čase, která uplynula od výroby.

Při běžných teplotách (výrobce uvádí 85°C, já bych byl opatrnější a raději jej zatěžoval maximální teplotou 70°C) se tento proces zastaví po několika týdnech. Objemově stabilizovaný pěnový polystyrén je tedy ten, který po vypěnění ležel určitou dobu ve skladu a teprve potom byl rozřezán na desky. Jeho druhou nepříznivou vlastností je, že snáší pouze omezenou teplotu. Výrobce uvádí 85°C. Poslední nepříznivou vlastností je, že je rozpustný organickými rozpouštědly. Tam, kde tyto vlivy nejsou, není třeba se obávat, že by se v průběhu doby tento materiál „ztratil“. Nedoporučuji jej používat pro zateplování velmi tmavých fasád orientovaných ke slunečnímu záření a dále například na tepelnou izolaci atiky a parapetů.

MINERÁLNÍ VLNA

Jedná se u nás vedle pěnového polystyrénu o nejrozšířenější tepelně izolační materiál. Vyrábí se z různých hornin tavením na velmi slabá vlákna a dalším lisováním do příslušných výrobků. Jako prvotní surovina se obvykle používá čedič (kamenná vlna), či křemen a další sklotvorné příměsi (skelná vlna). Předností těchto materiálů je nízký difuzní odpor, dále lehká tvarovatelnost a odolnost proti vysokým teplotám. Existuje široký sortiment výrobků z těchto materiálů a každý má specifické vlastnosti podle určení, kam se výrobek používá. Je proto nutné přesně vědět, jaké obchodní označení má který výrobek a na co je vhodný. Záměna materiálů může vést ke ztrátě jeho vlastností.

CELULÓZA

Tato tepelná izolace se vyrábí ze starého papíru. Při její výrobě je důležitý takový postup, který co nejméně porušuje buničitá vlákna, jinak má hmota větší objemovou hmotnost a tím i nižší tepelně izolační účinek. U nás je známá pod názvem Climatizér plus, neboť pod tímto názvem se u nás začala vyrábět. Výrobek je impregnovaný proti hoření a proti biologickému napadení boraxem a kyselinou boritou. Použitelnost této izolace je v rozmezí -50 až +105°C.

Výhodou tohoto materiálu je jeho nízká cena, zpracování foukáním na místě a často i jeho vysoká nasákavost, i když se u tepelných izolacích obvykle snažíme o to, aby se jednalo o suché nenasákavé materiály.

PĚNOVÝ POLYETYLÉN

Tento materiál je poměrně drahý. Jeho hlavní výhodou oproti ostatním materiálům je to, že je ohebný. Je také nenasákavý. Používá se proto hlavně jako tepelná izolace potrubí, nebo v slabých tloušťkách (2 mm) jako pružná podložka pod plovoucí podlahy. Použitelný je od -40 do $+80^{\circ}\text{C}$.

PĚNOVÉ SKLO

Pěnové sklo je materiál, jenž vzniká napěněním skloviny pomocí práškového uhlí. Póry jsou uzavřené, a tak tento materiál má některé vlastnosti podobné sklu - vodotěsnost i parotěsnost. Snáší teploty od -260 do $+430^{\circ}\text{C}$. Materiál je nehořlavý. Výborná je pevnost v tlaku - $0,7$ až $1,6$ MPa při objemové hmotnosti 120 až 180 kg/m^3 . Materiál není pružný, tudíž se hodí na zatížené podlahy, jako izolace bazénů, saun, ale i náročných střech, na pochozí terasy (není třeba dělat betonovou desku), jako izolace komínů, rozvodů stlačených plynů ap.

PERLIT

Vyrábí se z perlitů, což jsou horniny expandované zahřátím na vysokou teplotu. Tím dojde k uvolnění vázané vody, která způsobuje její napěnění. Jde tedy o čistě přírodní materiál, jenž snáší vysokou teplotu. Je vodou nasákavý. Proto může být použit pouze tam, kde se žádná voda, ani kondenzovaná, nevyskytuje. Objemová hmotnost se pohybuje od 100 do 250 kg.m^{-3} . Je možné z něj vyrábět beton nebo maltu pro zdění i omítání. Jejich fyzikální hodnoty pak závisí na složení použité směsi.

DESKY Z DŘEVITÉ VLNY A CEMENTU

Tyto desky jsou u nás známé pod názvy Heraklit a Lignát. K tomuto materiálu mají dobrou přilnavost klasická stavební pojiva, tedy malta a beton. Desky jsou poměrně tuhé a pro tuto vlastnost se kombinují s jinými méně pevnými tepelnými izolacemi - pěnovým polystyrénem a deskami z minerální vlny.

KERAMZIT

Keramzit je obdobně jako perlit vyráběný expandací z přírodních surovin - jílu. Snáší velmi vysoké teploty – až 1050°C , má velkou pevnost v tlaku. Používá se i jako lehčivo do betonů. Může se s jeho pomocí vyrobit i předpjatý lehčený beton, což je český světový unikát.

OVČÍ VLNA

Tento materiál je poměrně nový. Vyrábí se z chemicky ošetřené ovčí vlny kolmým všíváním do nosné tkaniny. Jde o ekologický materiál a jako takový se používá. Jeho předností je hydroskopičnost. Zároveň dokáže uvolňovat vlhkost do ovzduší. Je vhodný například na tepelné izolace ekologických dřevostaveb.

10.2 Je pravda, že pěnový polystyrén sublimuje? Nemusím se bát, že se mi z konstrukce ztratí?

Toto je jeden z mýtů, které přetrvávají z dob hromadné výstavby bytů. Pěnový polystyrén je výborný tepelný izolant, který vyhrává především cenou. Přesto má několik nepříjemných vlastností, jež je nutné si při jeho použití uvědomit a respektovat je. Pokud tak učiníme, nebudeme s ním mít žádné problémy.

První z nich je, že se postupem doby mírně smršťuje. Tento proces je závislý jednak na čase, který uplynul od jeho výroby, a dále na teplotě. Dá se říci, že při běžných teplotách se jeho smršťování po 3 až 4 týdnech zastaví. Proto tzv. objemově stabilizovaný pěnový polystyrén není nic jiného než polystyrén vypěněný do kvádrů, který se nechá několik týdnů ležet a pak se teprve řeže na desky.

Druhou nepříjemnou vlastností je jeho rozpustnost organickými rozpouštědly. Je možné jej použít pouze tam, kde nepřijde s těmito látkami do styku.

A konečně třetí nepříjemnou vlastností je, že při vyšších teplotách dochází k jeho smršťování. Výrobci uvádějí, že toto nastává při teplotách nad cca 85°C, já jsem skeptičtější a doporučuji jej vystavovat maximálním teplotám do 70°C. Znamená to, že pokud budeme mít černou nebo jinak výrazně tmavou fasádu otočenou jižním směrem, nesmíme zde pěnový polystyrén použít. Také není vhodné jej používat pod oplechování parapetů, atik a podobně, kde jsou často velmi vysoké teploty. Pokud jej použijeme do střešního pláště pod tmavou krytinu, musíme se smířit s tím, že postupně bude mírně ubývat. Rozhodně však nesmíme dopustit to, co jsem v praxi viděl, a sice že při jeho lepení na střechu jej dělníci běžně ofukovali plynovým hořákem, neboť nahřívali blízko něj bitumenové pásy. To pochopitelně vedlo k jeho zmenšení a na střešním plášti pak byly výrazné mezery mezi jednotlivými tepelně izolačními deskami, což je ostatně vidět z termografu předmětné střechy. Na obr. 17 je vidět termogram střechy, která byla zateplena pěnovým polystyrénem. Při nalepování asfaltových pasů byl tento polystyrén místy sežehnut. Tepelné mosty způsobené tímto chybějícím pěnovým polystyrénem jsou při pohledu infrakamerou jednoznačně patrné.

11. Teorie a výpočtové postupy

11.1 Jak se spočítají tepelné ztráty objektu?

Teplo může z domu unikat různými způsoby. Nejčastější je vedení tepla (kondukce). Teplo se šíří hmotou z teplého místa do studeného. Mluvíme o tepelném toku. Pokud se jedná o místo, v němž je lokálně vyšší tepelný tok, mluvíme o tepelném mostu. Tyto mosty mohou být různého druhu. Podle tvaru bodové, a nebo lineární, či podle místa výskytu. Pokud se jedná o tepelný most vzniklý v místě styku dvou různých konstrukcí (např. okno a stěna), mluvíme o tepelných vazbách. Jako tepelný most jsou označována všechna ostatní místa (např. maltové lože v cihelné zdi).

Druhým způsobem šíření tepla je proudění (konvekce). Zde dochází k pohybu plynů, či kapalin (obvykle vzduchu). Teplý vzduch proudí na studenější místa, v nichž teplo předává svému okolí, a naopak studený vzduch proudí na teplejší místa, kde se ohřívá.

Posledním způsobem šíření tepla je sálání (radiace). Protože teplo je pouze určitý druh elektromagnetického vlnění stejně jako například světlo, šíří se zářením. To je možné pouze v prostředí, které je pro příslušnou vlnovou délku prostupné.

Tepelný odpor konstrukce R [$(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}$] závisí na síle materiálu a jeho vlastnostech, tedy tepelné vodivosti λ [$\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})$]. Hodnoty tepelné vodivosti λ některých stavebních materiálů jsou uvedené v příloze 18. Čím je tepelný odpor větší, tím méně nám uniká tepla. Můžeme si to představit třeba jako tkaninu, skrz kterou prosakuje voda. Čím bude tkanina hustší a čím jí bude větší vrstva, tím pomaleji skrz ní bude voda téci. Pokud je těchto vrstev více, jejich jednotlivé tepelné odpory se sčítají. K tepelnému odporu jednotlivých vrstev je ještě nutné připočítat součinitele přestupu tepla na vnitřní a vnější straně, protože nepohyblivá vrstvička vzduchu na povrchu konstrukce představuje určitý tepelný odpor. Jeho velikost závisí na rychlosti proudění vzduchu okolo konstrukce.

Přesný postup výpočtu tepelné ztráty se děje podle ČSN EN ISO 13 789 a ČSN EN 832. Zde je definována potřeba tepla na pokrytí tepelné ztráty takto:

$$Q_i = H \cdot (\theta_i - \theta_e) \cdot t$$

$$\text{kde } H = H_T + H_V$$

Pro tento výpočet je však nutné znát podrobně příslušné normy a proto se pokusím o zjednodušenou odpověď na otázku, jak spočítat tepelné ztráty popsáním postupu. Pokud chceme spočítat tepelné ztráty, spočítáme převrácenou hodnotu tepelného odporu a dostáváme součinitel prostupu tepla U [$W/(m^2 \cdot K)$]. (Dříve se označoval k .) Hodnoty součinitele prostupu tepla U pro některé stavební konstrukce jsou uvedeny v příloze 5. Součinitel prostupu tepla nám udává, kolik energie proteče jedním m^2 konstrukce při tepelném rozdílu 1 K, nebo také $1^\circ C$. Z tohoto je logické, že pokud tento součinitel vynásobíme rozdílem teplot vevnitř a venku a plochou, dostaneme množství tepla, které uniká. Pokud tuto energii vynásobíme časovým obdobím, v němž nám energie uniká, získáme množství energie, kterou jsme ztratili.

Obdobným způsobem můžeme postupovat při výpočtu tepelné ztráty větráním. Pokud vyměníme vzduch v místnosti 1x za 2 hodiny (násobnost výměny vzduchu $n = 0,5$ [1/hod.]), lehce si můžeme spočítat, kolik energie nám uteklo, když víme, kolik energie je potřeba na ohřátí určitého objemu vzduchu o $1^\circ C$.

K těmto únikům je ještě nutné připočíst teplo, které nám uniká tepelnými mosty. To je možné realizovat například tak, že součinitel prostupu tepla U zvětšíme o $\Delta U = 0,1 W/(m^2 \cdot K)$.

Naopak při výpočtu celoročních tepelných ztrát můžeme připočíst energii, jež nám do bytu dodá slunce a dále kterou získáme z vnitřních zdrojů, tedy od různých elektrospotřebičů, od pobytu osob a zvířat a podobně.

Při výpočtech domů se počítají vždy dvě hodnoty. Tou první je tepelná ztráta Q . Ta se udává ve W nebo kW, tou druhou pak roční potřeba tepla na vytápění E_{ro} a udává se v kWh/a, MWh/a nebo GJ/a.

Konkrétní vzorečky pro výpočet jsou uvedeny dále.

11.2 Co je tepelná ztráta objektu a potřeba tepla na vytápění?

Tepelná ztráta tepla na vytápění je tedy okamžitá hodnota tepelné energie (přesněji tepelný tok), která z domu uniká prostupem tepla, zářením skrz průsvitné konstrukce a větráním. Tuto hodnotu je nutné počítat vždy na extrémní podmínky, tedy v ČR obvykle -15°C , v Praze a některých dalších místech, kde je tepleji, je tato výpočtová teplota -12°C , naopak na horách -18°C . Je sice pravda, že se u nás občas vyskytují i větší mrazy, ale akumulární schopnosti domu a jeho vybavení tyto extrémní výchyly přenesou. Na tuto hodnotu tepelné ztráty musí být nadimenzované radiátory a tepelný zdroj na vytápění. Protože tyto extrémní teploty jsou u nás během zimního období velmi krátkou dobu, u dražších zdrojů energie, jako je například tepelné čerpadlo, se tyto zdroje dimenzují na nižší výkon s tím, že pokud je potřebný vyšší tepelný příkon, dotápí se dalším zdrojem, například elektřinou.

Roční potřeba tepla na vytápění je pak množství tepelné energie, kterou je potřeba do domu dodat tak, aby v něm byla požadovaná teplota. Počítá se s průměrnou vnější teplotou za vytápěcí období, která je v ČR přibližně $+3,8^{\circ}\text{C}$, průměrnou délkou topného období, jež obvykle trvá okolo 242 dnů a dále s obvyklou dobou vytápění, která se většinou vnímá coby 16 hodin. (Průměrná vnější teplota a délka otopného období závisí na konkrétní lokalitě a ve vyhlášce jsou uvedeny přesnější hodnoty pro různé lokality. Zde jsou uvedeny v příloze 7.) Od této tepelné ztráty pak ještě můžeme odpočítat tepelné zisky, jež získáme ze slunce, a tepelné zisky z vnitřního prostředí (pokud je ovšem dokážeme využít, čili pokud máme tomu odpovídající regulaci vytápění a pokud dům má potřebnou tepelnou akumulaci). Můžeme zde pochopitelně počítat i s průměrnou teplotou v interiéru a zohlednit tak pokles vnitřní teploty během doby, kdy nevytápíme, popřípadě kdy nejsme přítomni. Při uvažování s poklesem vnitřní teploty nám právě zase tepelná akumulace domu brání započítávat příliš vysoké snížení teploty. Obvykle se u našich staveb uvažují řádově desetiny stupně Celsia.

11.3 Jak se hodnotí potřeba tepla na vytápění u staveb?

Způsoby hodnocení jsou v různých zemích i v různém čase různé. V zásadě se dnes přechází v Evropě, tedy i u nás, na hodnocení, které bude pro laika srozumitelné. Dříve se udávalo hodnocení v celkové tepelné charakteristice budovy, v současné době se uvádí jako měrná potřeba tepla na vytápění a označuje se e_v [kWh/m³,a]. Maximální hodnoty měrné potřeby tepla na vytápění e_{vN} dle vyhlášky 291/2001 Sb. jsou uvedeny v příloze 3. Tato jednotka tedy udává, kolik je ročně potřeba tepla na vytápění 1m³ obestavěného prostoru. Je zde však jedna záludnost, kterou si málokdo i z řad odborníků uvědomuje. Tato měrná potřeba tepla se totiž počítá na smluvní parametry, kterými jsou: vnější průměrná teplota za topné období +3,8°C, počet dnů vytápění 242 a počet hodin vytápění 24 denně. Není také přípustné používat jakékoliv koeficienty na způsob vytápění, které by tuto hodnotu zmenšovaly. Tímto výpočtem se sice dostane hodnota obvykle o 30 až 50% vyšší, než je skutečná potřeba tepla na vytápění, ale toho si byli autoři vyhlášky vědomi, a tak v ní nastavili velmi měkká kritéria. A tak například v sousedním Rakousku je požadavek na nejvyšší hodnotu potřeby energie na vytápění na 1 m² (POZOR – v Rakousku to není na metr kubický objemu domu, ale na metr čtvereční vnějšího půdorysu jednotlivých podlah) maximálně 85 (kWh/m²,a), u nás je srovnatelná hodnota 145,9 (kWh/m²,a). Je tedy patrné, že pokud bychom uvažovali vytápění pouze 16 hodin denně místo 24, stejně bude náš požadavek mírnější než v Rakousku, kde byl zaveden o několik let dříve než u nás. Požadavek na maximální přípustnou měrnou potřebu energie na vytápění e_{vN} je také závislý na tvarové charakteristice budovy, tedy na poměru plochy všech konstrukcí, jimiž uniká teplo ku obestavěnému objemu. Protože toto hodnocení je pro laiky poněkud komplikované, zavádí se tzv. SEN – stupeň energetické náročnosti (nebo pro někoho to může být sen o úspornosti domů ☺). Ten vyjadřuje v procentech, jak daný dům splňuje požadavky vyhlášky a normy na měrnou potřebu tepla na vytápění. Znamená to tedy, že pokud je SEN nižší než 100, dům splňuje požadavky, v opačném případě ne. Tento SEN je výhodný i proto, že pokud dojde ke změně požadavků, ať již ke snížení přípustných hodnot, nebo ke sledování jiného ukazatele, stále bude nutné, aby SEN byl nižší, a nebo roven 100.

Zde ještě možná zmínku o tom, co nás asi čeká do budoucna. V současné době hodnotíme u domů, kolik energie spotřebovávají na vytápění. To však není jediná energie, jež do domu teče, a tak se možná v budoucnu dočkáme rozšíření o některou z následujících oblastí (a možná že i o všechny):

- potřeba energie na chlazení – Je nutné si uvědomit, že čím dál tím více elektřiny na provoz domácností, vzniká i mnoho odpadního tepla, které budeme muset v létě nějak z budov odstranit. Tento problém je již poměrně běžný u kancelářských objektů, ale postupně jej pocítíme i u domácností. K tomu přispívá i změna klimatu.
- potřeba tepla na ohřev vody
- potřeba tepla na provoz domu – To nás bude tlačit k používání méně energeticky náročných spotřebičů a osvětlení.
- potřeba energie na realizaci stavby – To je tzv. šedá energie, tedy energie do domu zabudovaná. Je nutné si uvědomit, že každý stavební výrobek je nějak energeticky náročný na výrobu, dopravu na místo, zabudování do stavby a následné skládkování nebo recyklaci.
- potřeba energie na stavbu a provoz stavby – Obvykle se tato energie uvažuje jako veškerá energie potřebná na stavbu (výroba materiálů a dílů, doprava, zabudování), provoz stavby (údržba, vytápění, chlazení) a likvidaci stavby (skládkování, recyklace). Při výpočtu této energie se ukáže, jaké tloušťky tepelných izolací jsou úměrné svým přínosům i jaká technická opatření mají svoje opodstatnění.

Lze také očekávat, že hodnocení staveb nebude probíhat pouze v rovině spotřeby energií, ale půjde se dál a budou se stavby hodnotit podle produkce emisí. Zde bude velmi zatížena elektřina, která má proti ostatním zdrojům tepla přibližně 4x větší emise. To je dáno tím, že účinnost výroby elektřiny je malá, navíc jsou další ztráty při přenosu energie k zákazníkovi. Z tohoto pohledu se tedy i tepelné čerpadlo jeví jako poměrně velký zdroj emisí, i když proti elektřině jsou přibližně třetinové. Naopak nejnižší emise mají obnovitelné zdroje, jako je slunce, či biomasa. I u nich však jisté emise jsou, neboť je zde potřeba elektřina pro pohon čerpadel a dále je potřeba tato zařízení vyrobit.

Emise produkované přímo spalováním biomasy se nezapočítávají, protože jsou obsaženy v koloběhu uhlíku v přírodě a nejsou uloženy hluboko v zemi ve formě neobnovitelných zdrojů energie.

Osobně se domnívám, že by bylo vhodné zavést certifikaci budov Energetickými štítky, kde by se zvlášť hodnotily různé parametry. Celkem by tedy každý dům byl z hlediska potřeby energií charakterizován několika energetickými štítky. V nich by také bylo možné zohlednit, a nebo přímo zobrazit náročnost domu nikoliv z energetického hlediska, ale z hlediska životního prostředí – tedy produkce emisí. Jednalo by se o tyto štítky:

- potřeba energie na pokrytí tepelných ztrát prostupem – zde se uvedla hodnota roční produkce přepočtených emisí na vytápění domu na požadovanou teplotu a požadovanou dobu. U bytů by se pravděpodobně jednalo o vytápění 16 hodin denně, u škol 8 až 10, naopak u nemocnic 24 hodin denně. (Do potřeby energie by se mělo započítávat i oběhové čerpadlo.)
- potřeba energie na větrání
- potřeba energie na chlazení
- potřeba energie na provoz domu
- potřeba energie na údržbu domu (zde by se započítala energie potřebná na údržbu a uvažovanou obnovu domu, na výměnu potrubí, opravy povrchů...
- potřeba energie na stavbu a likvidaci domu (Tedy potřeba energie na výrobu stavebních materiálů a prvků, jejich dopravu na místo a osazování a na předpokládanou likvidaci odpadů recyklací, nebo skládkováním, popřípadě zneškodněním.

Považuji za vhodné oddělit potřebu energie na větrání a na pokrytí tepelných ztrát prostupem, neboť větrání ve značné míře závisí na hygienických požadavcích a na vnitřních zdrojích emisí.

11.4 Jak se spočítá, kolik tepla je potřeba na vytápění?

Princip je uveden výše, a proto se zde soustředím pouze na vzorečky. Upozorňuji odborníky, že tento text je určen pro laiky, a tudíž je zjednodušený tak, aby bylo možné tepelné ztráty a potřebu tepla jednoduše spočítat. Je pochopitelné, že zde není možné poskytnout informace o všech souvislostech a přesná čísla a koeficienty tak, jak se mají používat, ale je zde shrnut přibližný postup výpočtu takovým způsobem, aby jej mohl provést poučený laik.

$$\text{Tepelný odpor } R = R_{si} + R_{se} + \Sigma R_j$$

R_{si} je součinitel přestupu tepla na vnitřní straně a obvykle se uvažuje 0,13 (m².K)/W

R_{se} je součinitel přestupu tepla na vnější straně a obvykle se uvažuje 0,04 (m².K)/W

$R_j = d_j/\lambda_j$ je tepelný odpor jednotlivých vrstev konstrukce vypočítaný jako podíl tloušťek jednotlivých vrstev konstrukce v metrech a součinitelů tepelné vodivosti těchto materiálů (λ některých materiálů jsou v příloze 18)

Součinitel tepelné vodivosti $U = 1/R$ (součinitele prostupu tepla U některých stavebních konstrukcí jsou uvedeny v příloze 5)

Tabulka některých vybraných konstrukcí a jejich součinitelů prostupu tepla je uvedena v příloze 5.

Na obr. 18 je znázorněn průběh teplot ve zdivu se zateplením v ustáleném stavu. Jsou zde vyznačeny také jednotlivé tepelné odpory.

Tepelná ztráta

Tepelná ztráta prostupem $Q_p = \Sigma(U * A * b) * (\theta_{ai} - \theta_{ae}) [W]$

A je plocha konstrukce v m^2

b je součinitel vlivu exteriéru (hodnoty jsou uvedeny v příloze 6)

θ_{ai} je teplota interiéru, pro obytné budovy se rovná $+21^\circ C$

θ_{ae} je teplota exteriéru, obvykle se rovná $-15^\circ C$ Rozdíl těchto hodnot je tedy $36^\circ C$

Tepelná ztráta tepelnými mosty se přesně spočítá takto:

$$Q_{pm} = \Sigma(\psi * l) * (\theta_{ai} - \theta_{ae}) + \Sigma\chi * (\theta_{ai} - \theta_{ae}) [W]$$

Je možné použít i méně přesný výpočet, který zní takto:

$$Q_{pm} = 0,1 * \Sigma A * (\theta_{ai} - \theta_{ae}) [W]$$

$\psi [W/(m.K)]$ je lineární tepelný most a l jeho délka

$\chi [W/K]$ je bodový tepelný most

ΣA je součet všech ploch ochlazovaných konstrukcí

Druhý způsob výpočtu představuje předpoklad, že tepelné mosty se projeví jako zvýšení součinitele prostupu tepla U o $0,1 W/(m^2.K)$. To je možné použít u běžných tepelných mostů. Pokud se však tepelnými mosty při stavbě nezabýváme, může být tato hodnota i výrazně vyšší. Posledním možným způsobem započítání vlivu tepelných mostů je zvýšení součinitele prostupu tepla U a hodnotu ΔU (obvykle $0,1 W/(m^2.K)$) přímo při výpočtu tepelných ztrát prostupem.

Tepelná ztráta větráním $Q_{vv} = c_{vz} * n * V / 3600 * (\theta_{ai} - \theta_{ae})$ [W]

c_{vz} je měrné teplo vzduchu a rovná se přibližně 1250 J/(m³K)

n je násobnost výměny vzduchu a uvažuje se 0,5 1/hod. (čti žádná celá pětkrát za hodinu, nebo také jednou za 2 hodiny) při dosazování vnitřního prostoru místnosti (budovy), a nebo 0,4 1/hod. při dosazování vnějšího obestavěného prostoru, u starších oken se tato hodnota zvětšuje až na 1 1/hod. a naopak, pokud je místnost málo větraná, protože v ní nejsou kytky a je málo používaná, může být u těsných oken minimalizována až na 0,1 1/hod.

V je objem místnosti nebo budovy

3600 je převod z hodin na vteřiny

Celková tepelná ztráta se pak vypočte $Q = Q_p + Q_{pm} + Q_{vv}$ [W]

Potřeba energie na vytápění

Roční potřeba energie pro krytí tepelných ztrát prostupem je:

$$E_{vp} = [(Q_p + Q_{pm}) * (\theta_{ais} - \theta_{aes})] * \tau * d / (\theta_{ai} - \theta_{ae}) / 1000 \text{ [kWh/a]}$$

θ_{ais} je střední teplota interiéru během topného období. Obvykle se pro bytové domy volí +20°C

θ_{aes} je střední teplota exteriéru během topného období. Závisí na místě stavby (viz tabulka). Pro srovnávání se používá smluvní hodnota +3,8°C. Rozdíl těchto teplot je 16,2°C

τ je počet hodin vytápění denně. Pro výpočet reálné potřeby tepla na vytápění se obvykle volí 16 hodin, pro hodnocení budov 24 hodin.

d je počet dnů vytápění. Závisí na místě stavby (hodnoty jsou uvedené v příloze 7). Pro srovnávání se používá smluvní hodnota 242 dnů.

$(\theta_{ai} - \theta_{ae})$ je rozdíl vnitřní a vnější teploty tak, jak jsme ji uvažovali při výpočtu tepelných ztrát

1000 je přepočítávací koeficient z wattů na kilowatty

Roční potřeba energie pro krytí tepelných ztrát větráním je:

$$E_{vv} = [Q_{vv} * (\theta_{ais} - \theta_{aes})] * \tau * d / (\theta_{ai} - \theta_{ae}) / 1000 \text{ [kWh/a]}$$

Roční tepelné zisky ze slunečního záření jsou:

$$E_{zs} = 2,7 * V \text{ [kWh/a]}$$

V je objem budovy

Tento uvedený výpočet je velmi přibližný a uvažuje s obvyklým zastíněním objektu a obvyklými plochami oken u domu. Přesnější výpočet je složitější a závisí na orientaci ke světovým stranám a na mnoha součinitelích zastínění, zašpinění, propustnosti slunečního záření, lokalitě ... Proto zde není uveden. Zájemce o přesnější výpočty odkazují na příslušné normy, nebo výpočtové programy.

Roční tepelné zisky z vnitřního prostředí jsou: $E_{vz} = 5,4 * V \text{ [kWh/a]}$

Tento uvedený výpočet je opět přibližný.

Potřeba tepelné energie za otopné období je: $E_r = E_{vp} + E_{vv} - E_{zs} - E_{vz} \text{ [kWh/a]}$

S tepelnými zisky pochopitelně můžeme počítat, respektive je odečítat, pokud nám regulace vytápění umožní tyto zisky využívat. Regulace tedy musí být automatická podle vnitřního prostředí, aby se vytápění vypnulo, když je v místnosti dostatečná teplota.

Pokud počítáme skutečnou potřebu tepla na vytápění a nikoliv smluvní, používají se u značky E indexy e_{ro} , tedy E_{ro}

Měrná potřeba tepla

Výpočet měrné potřeby tepla e_v se vypočte $e_v = E_r / V$

Tato hodnota musí být menší a nebo rovna normovému požadavku e_{vN} . Požadavky na hodnoty e_{vN} jsou uvedeny v příloze 3. Ten je stanoven tabulkově v závislosti na geometrické charakteristice budovy $A/V \text{ [1/m]}$ a nebo pro něj platí následující podmínky:

pokud je $A/V \leq 0,2$, pak $e_{vN} = 25,8 \text{ kWh/m}^3, a$

pokud $0,2 < A/V < 1,0$, tak $e_{vN} = 20,64 + 26,03 (A/V) \text{ kWh/m}^3, a$

pokud je $A/V \geq 1,0$, pak $e_{vN} = 46,7 \text{ kWh/m}^3, a$

11.5 Jaké jsou požadavky na tepelné izolace?

V současné době platí norma ČSN 73 0540-2 z listopadu 2002, která stanovuje požadavky na tepelné izolace. Na konci této normy v informativní Příloze B autoři velmi jasně shrnuli požadavky na tepelné izolace, které jsou tyto :

1. Nejnižší vnitřní povrchová teplota θ_{si} – tato teplota musí být větší, než je teplota kritická. Kritické teploty pro některé případy konstrukcí jsou uvedeny v příloze 9 a v příloze 10 jsou uvedeny hodnoty pro některá okna.
2. Součinitel prostupu tepla U musí být vždy nižší, než je součinitel prostupu tepla U požadovaný normou. Opět jsou pro nejběžnější případy hodnoty uvedené v příloze 5. Přitom se do tohoto součinitele prostupu tepla U pochopitelně započítávají i systematické tepelné mosty, tedy například krokve v izolaci podkroví.
3. Pokles dotykové teploty podlahy $\Delta\theta_{10}$, který udává, o kolik může poklesnout dotyková teplota za 10 minut. Opět jsou tyto hodnoty stanovené v normě tabulkou.
4. Zkondenzované množství vodní páry uvnitř konstrukce musí být menší než množství vody, jež může během roku vyschnout, a zároveň musí být takové, aby nedošlo k poruše konstrukce.
5. Průvzdušnost obvodového pláště musí být u konstrukčních spar téměř nulová a u funkčních spar taková, aby násobnost výměny vzduchu při přetlaku 50 Pa byla menší než hodnoty uvedené v normě (pro přirozené větrání $n_{50,N} = 4,5$ 1/hod.
6. Intenzita výměny vzduchu v místnosti n musí být v rozpětí $n_N \leq n \leq 1,5n_N$, kde n_N je požadovaná násobnost výměny vzduchu.
7. Tepelná stabilita místnosti v zimním období musí splňovat požadavky normy na maximální pokles teploty v zimním období.
8. Tepelná stabilita místnosti v letním období musí splňovat požadavky na maximální denní vzestup teploty v místnosti.

9. Energetická náročnost budovy musí prokázat, že budova má nižší měrnou potřebu tepla e_{VN} , než je požadavek normy. Tento požadavek se pak může vyjádřit i stupněm energetické náročnosti – SEN a prokázat energetickým štítkem, který je znázorněn v příloze 13 a protokolem o energetickém štítku, který je znázorněn v příloze 12.

11.6 Co je to energetický průkaz a energetický štítek budovy?

Energetický průkaz a energetický štítek, doplněný protokolem pro energetický štítek, jsou dokumenty, které mají jednoduchou formou prokázat, jak je budova energeticky náročná. Energetický průkaz je název tohoto dokumentu podle vyhlášky 291/2001 Sb. Bohužel zde tento dokument sklouzl do statistického sledování budovy a velmi málo vypovídá o tepelně technických vlastnostech budovy. Proto byl zaveden pojem energetický štítek, na němž je graficky stejně jako u elektrospotřebičů znázorněna třída úspornosti domu na vytápění. A protože tento dokument je čistě grafický, je u něj ještě protokol pro energetický štítek, který obsahuje veškeré závažné informace z celkového pohledu na energetiku budovy. Původně tento protokol byl také součástí energetického štítku, a proto se také jako energetický štítek označuje grafické vyjádření včetně tohoto protokolu.

11.7 Rád bych se zeptal, jestli existují nějaké publikace nebo studie o použití popínavých rostlin na budově. Zajímá mě vliv rostlin v létě (jestli snižuje tepelné zatížení budovy osluněním) i v zimě (jestli snižuje vliv na tepelné ztráty budovy).

O tom, zda existují publikace zabývající se těmito tématy bohužel nevím, ale zjistit vliv rostlin na energetiku budovy je relativně jednoduché. V normě je stanoven postup výpočtu tepelné zátěže budovy osluněním a postup výpočtu teplotního útlumu z tohoto oslunění u neprůsvitných stěn. V zásadě to tedy jde spočítat, protože popínavé rostliny mohou chránit před přímým slunečním zářením i celou fasádu. Jejich vliv je tedy závislý od skladby zdiva, od jeho akumulace a tepelném odporu.

V zimě mají popínavé rostliny také vliv na tepelné ztráty objektu. Opět velikost jejich vlivu záleží na konstrukci. V zimě se počítá s tepelným odporem při přestupu tepla na vnější straně (z exteriéru) do zdiva $R_{se} = 0,04 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$. V létě pak $R_{se} = 0,067 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ a v interiéru $R_{si} = 0,13 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$. Vlivem popínavých rostlin se sníží rychlost proudění vzduchu okolo stěny. Lze předpokládat, že snížení rychlosti proudění vzduchu povede ke zvýšení tepelného odporu při přestupu tepla na poloviční hodnotu mezi hodnotou v létě v exteriéru a v zimě v interiéru. Pak je tedy tepelný odpor při přestupu tepla z exteriéru do zdiva u stěny s popínavými rostlinami ve výši $R_{se} = 0,1 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$. Nakolik tato změna ovlivní celkové tepelně izolační vlastnosti zdiva, tedy především součinitel prostupu tepla U , záleží na jeho součiniteli prostupu tepla U bez vlivu rostlin. U dobře tepelně izolovaných staveb je tento vliv téměř zanedbatelný, naopak u domů s velmi slabou tepelnou izolací může být vliv popínavých stále zelených rostlin patrný.

Vliv rostlin na ochranu proti slunečnímu záření je však ještě vyšší než pouhé zastínění. Málokdo si totiž uvědomuje, že rostliny vypařují poměrně značné množství vodní páry. Na její přeměnu z kapalně fáze na plynnou je potřeba značné množství tepla. Je například spočítáno, že strom s korunou o průměru 10 m má chladicí výkon přibližně 20 kW, což je opak výkonu kotle v běžném rodinném domě.

11.8 Jsou nějaké programy na vypočítávání tepelného odporu, potřeby tepla na vytápění a na hodnocení stavby, zda vyhovují její tepelné izolace? Kde se dají sehnat?

Na tohle jsou pochopitelně různé programy určené různým skupinám lidí. Například existuje program LOUISA, jehož vývoj byl podpořen Českou energetickou agenturou, který je freeware, tedy zdarma k použití. Najdete jej na www.louisa.cz a pro jeho užívání je pouze nutné se zaregistrovat. (Před zaregistrováním je ještě nutné provést předregistraci, která slouží pro ověření e-mailové adresy.) Tento program je určen spíše poučené laické veřejnosti, anebo projektantům, kteří potřebují rychle a jednoduše zjistit energetické parametry budovy. Dalšími programy jsou programy od ing. Zbyňky Svobody Teplo, Energie a další a dále program firmy Protech. Tyto programy jsou určeny profesionálům a jsou běžně v prodeji. Konečně dalšími možnostmi je využití různých pomůcek pro výpočty na internetu, mnoho jich je například na www.tzb-info.cz. Některé aplikace je také možné hledat na serverech společností prodávajících elektřinu či zemní plyn. Serverů, kde jsou možné interaktivní výpočty, je pochopitelně více.

11.9 Jaký vliv má vlhkost zdiva na tepelné ztráty?

Samozřejmě veliký. Voda obsažená v pórech stavebních materiálů zvyšuje jejich tepelnou vodivost. Toto zvýšení tepelné vodivosti je však pro každý materiál jiný a je nutné tyto parametry změřit. Některé hodnoty jsou obsaženy na CD, které je přílohou knihy Tepelná technika od doc. Řehánka (nakladatelství GRADA). Mimo zvýšení součinitele tepelné vodivosti má však voda v konstrukci ještě jeden vliv. A sice při jejím vysychání potřebuje značné množství energie nejen na překonání kapilárních vazeb, ale i na přeměnu na vodní páru. Naopak při její kondenzaci se stejné množství tepla uvolňuje.

11.10 Proč má být na střeše silnější tepelná izolace? Je to proto, že teplo uniká nahoru?

Ne, to není ten správný důvod. Teplo se totiž mimo vedením a prouděním šíří také zářením a zde má právě toto záření velký vliv. Tepelné ztráty radiací jsou totiž závislé na poměru čtvrtých mocnin teplot od absolutní nuly ($-273,16^{\circ}\text{C} = 0\text{ K}$). Pokud má povrch zdi teplotu o 1 či 2 $^{\circ}\text{C}$ vyšší, než je povrch okolních těles, nejsou tepelné ztráty radiací nijak vysoké. Pokud je ovšem povrch konstrukce obrácen k prostředí, kde je výrazně nižší teplota (mraky mohou mít -50°C i méně, jasná obloha pak dovoluje pohlédnout až do vesmíru, kde se teplota blíží absolutní nule), dochází k intenzivnějšímu tepelnému toku směrem ven a nic se nevrací. (Mimochodem je někde spočítáno, že povrch střechy může být ochlazen i o 3°C proti teplotě prostředí). Proto je nutné konstrukce, tedy především ploché střechy a střechy s malým sklonem, lépe tepelně izolovat, aby se tyto tepelné ztráty minimalizovaly.

11.11 Slyšel jsem, že zvýšení teploty v místnosti o 1°C znamená zvýšení spotřeby paliva na vytápění o 6%. Je to pravda?

Tato úvaha vychází z toho, že pokud máme průměrnou teplotu exteriéru za vytápěcí období +3,8°C a vnitřní teplotu 21°C, je rozdíl teplot 17,2°C. Pokud zvýšíme průměrnou teplotu během vytápěcího období o 1°C, získáme teplotní rozdíl 18,2°C. Rozdíl 1°C tedy v tomto případě znamená rozdíl $1 / 17,2 * 100 = 5,81\%$, což je přibližně 6%. Jde ovšem o zvýšení průměrné teploty za celé vytápěcí období. Pokud si tedy přitopíte pouze večer na hodinku či dvě k televizi, není rozdíl tak značný.

11.12 Koupil jsem si projekt na novostavbu rodinného domu, ale nikde jsem v něm nenašel hodnocení, jestli ten dům splňuje požadavky na potřebu tepla na topení. Má to být součástí projektu?

Bohužel kvalita projektových děl je z hlediska tepelných izolací na nízké úrovni. Z osobní zkušenosti vím, že většina projektů novostaveb nesplňuje požadavky na tepelné izolace. Dokonce i vzorové projekty mají velmi závažné nedostatky. Osobně se domnívám, že by projekt měl obsahovat i složku TEPELNÁ OCHRANA BUDOVY, v níž by měly být spočítány základní údaje domu a popřípadě by se zde mělo poukázat na úskalí realizace (stejně jako projekt stavby obsahuje vedle architektonického a stavebního řešení i složky požární ochrana, elektroinstalace, konstrukční část, zdravotní instalace, ústřední vytápění...). A tak projekt sice musí podle stavebního zákona splňovat požadavky ČSN 73 0540-2 na tepelnou ochranu budov, což se v něm často píše, ale ve skutečnosti tyto požadavky projekt nesplňuje, nebo, což je také časté, vůbec je neřeší, protože se jedná pouze o projekt ke stavebnímu povolení a nikoliv k provedení stavby. Státní správa, tedy stavební úřady, by měly dbát na dodržování zákonů, protože ovšem úředníci na těchto úřadech většinou nemají kvalifikaci v oboru tepelná ochrana budov, tak se touto částí projektu vůbec nezabývají.

Takže na závěr: Není sice povinnou složkou projektu vyhodnocení projektované stavby z hlediska tepelné ochrany, ale na druhou stranu projekt musí splňovat požadované hodnoty uvedené v normě 73 0540-2.

Nedostatky v projektech je nutné připočíst i na vrub požadavkům investorů na co nejlevnější projekt. Cena projektu včetně souvisejících prací (studie, projekt ke stavebnímu povolení a projekt k provedení stavby, autorský dozor, zajištění stavebního povolení...) se běžně pohybuje mezi 8 až 12% z ceny stavby. Pokud je projekt levnější, musí na něm být něco zanedbáno.

12. Speciality

12.1 Chtěl bych si v domě postavit bazén. Na co je třeba si dát pozor?

Místnost pro bazén je z hlediska tepelných izolací velmi náročná stavba stejně jako ostatní stavby, v nichž je vysoká relativní vlhkost vzduchu, ať se jedná o zmiňované bazény, zimní stadióny, vodojemy, různé provozní prostory s otevřenou vodní hladinou, sklady brambor, pěstírny žampionů a podobně. Vysoká relativní vlhkost vzduchu především znamená, že každé sebemenší snížení povrchové teploty má za následek kondenzaci vodní páry. Dále vyšší parciální (částečný) tlak vodní páry v interiéru u bazénů představuje i větší množství vodní páry, která se snaží skrz konstrukci protlačit ven a která v této konstrukci může kondenzovat. Je tedy nutné, aby konstrukce bazénu navrhoval skutečně odborník a ten zvážil, jaké materiály a jakou skladbu konstrukcí použít. Je třeba, aby stěny měly velmi vysoký tepelný odpor, ale není možné zde použít bez rozmyslu vnější kontaktní zateplovací systém, protože ten to může jenom zhoršit, neboť neumožní stavbě vysychat. Na vás coby na uživateli je, abyste se snažil snížit relativní vlhkost vzduchu na co nejmenší hodnoty. Jednou z možností je použití odvlhčovače vzduchu, jehož nevýhodou je, že neustále spotřebovává elektřinu. Další z možností, jak lze snížit relativní vlhkost vzduchu, je pořídit si na bazén zatahovací fólii. Ta zabrání velkému odpařování vody z bazénu a tím i emitování vlhkosti do ovzduší. Zároveň také tím, že zabrání odpařování vody, spoří tato fólie teplo, které by jinak bylo nutné na přeměnu vody v páru (skupenské teplo).

13. Infrakamera

13.1 Zajímá mě infrakamera a chtěl bych si ji koupit. Kde je možné ji koupit a kolik stojí?

Pravděpodobně jste se stal obětí používání termínu infrakamera, který navozuje podobnost s videokamerou. Tato technologie se donedávna používala víceméně pouze ve vojenství. Název je odvozen od toho, že se v infra spektru (tepelném záření) používají statické snímky (z anglického camera = fotoaparát). U nás se často používá název termovize – jde ovšem o ochranné značení, které se podle patentového zákona nesmí bez svolení majitele názvu používat. Je možné se také setkat s názvem termografie, což je asi nejpresnější označení, neboť se jedná o zaznamenání snímku v tepelném spektru a jeho převedení do viditelného spektra. Toto zařízení umožňuje na dálku s jistými nepřesnostmi danými konstrukcí infrakamery měřit emitovaný tepelný tok, z něhož lze po zavedení určitých předpokladů usoudit povrchovou teplotu snímaných předmětů. Zároveň okamžitě tuto povrchovou teplotu převádí na viditelné barevné spektrum tím, že každé teplotě přiřadí určitou barvu. Tak například vznikne pohled na dům, kde jednotlivé barvy značí určitou povrchovou teplotu a tím je možné rozpoznat různé anomálie. Obvykle se jedná o místa výrazně teplejší, popřípadě výrazně studenější. Jiná povrchová teplota značí, že je v tomto místě slabší tepelná izolace než v okolních částech, tedy že je zde tepelný most. Tímto měřením je možné zjistit slabá místa staveb, a proto se domnívám, že by se snímky z infrakamery měly stát součástí předávacích protokolů, kterými objednatel přebírá od stavební firmy postavený dům. Jde však o velmi drahé zařízení, jehož cena se podle typu pohybuje od cca 400 000 Kč po 2 000 000 Kč i více podle dodaného příslušenství. Zhotovováním předávacích protokolů s použitím infrakamery by se jistě spíše předešlo tomu, že např. u jedné stavby, kde se použil systém monolitického betonu litého mezi dvě desky z heraklitu, z nichž jedna byla opatřena polystyrénem, vznikl poměrně značný tepelný most. Při bližším zkoumání se zjistilo, že desky na sebe nedoléhaly zcela přesně a vzniklý prostor o síle pouze necelý centimetr byl vyplněný betonem. Došlo tím ovšem k výraznému tepelnému mostu v délce cca 1 m, neboť na rozdíl od pěnového polystyrénu je beton výborný tepelný vodič.

Tepelný most byl zjištěn měřením infrakamerou, neboť povrchová teplota v místě tepelného mostu byla o 3 °C vyšší než okolní zdi při teplotě v interiéru 21 °C a exteriérové teplotě –1 °C.

Infrakameru lze také používat ke zjišťování kvality provedení tepelných izolací při vestavbě podkroví, či při stavbě podkroví v novém domě. Tepelné izolace se obvykle umísťují mezi krokve, což dává možnost vzniku průběžných spár, kudy může do místnosti proudit chladný vzduch tak jako spárami okolo netěsných oken. Zjistit tuto závadu je velmi problematické, projevuje se totiž jen někdy při větru určitého směru. Jedno z možných řešení je vytvořit v místnosti přiměřený podtlak a pak změřit stavbu z interiéru infrakamerou. Na snímcích se pak ukáží problematická místa.

Zdrojem infiltrace však nemusí být jen spáry mezi různými konstrukcemi, ale i například rozvody elektřiny v chráničkách (trubkách).

Infrakamera snímá emitované tepelné záření v určitém rozlišení, tedy v určitém množství bodů, kterým přiděluje na základě emitované tepelné energie v určitém teplotním spektru příslušnou teplotu. Tato síť bodů je obvykle v rozmezí od 140 x 140 bodů u starších kamer, do 320 x 240 bodů i více u novějších. Výhodou tohoto měření je, že získáme kompletní obraz rozložení teplot na konstrukci a můžeme usuzovat i na příčinu vzniku tepelného mostu.

POZOR! Měření infrakamerou může provádět a následné termogramy vyhodnocovat pouze odborník na danou problematiku. Pokud se tedy jedná o stavební záležitosti, musí být ten, kdo měří, odborníkem na stavební konstrukce a zároveň musí mít dostatečné znalosti o infrakameře a všech vlivech, které měření ovlivňují (emisivita a její směrovost, akumulace tepla...). Výsledkem měření infrakamerou je termogram zobrazující teplotní pole snímaného objektu. Na obr. 19 je termogram podkroví, na kterém je patrná nosná část sádkartonu a krovu. Na obr. 20 je termogram dvojdomu, kde je pravá polovina domu zateplena systémem Rockwool, levá polovina je nezateplena.

13.2 Můžete mi infrakamerou změřit tepelné ztráty objektu a kolik takové měření stojí?

V žádném případě není možné pomocí měření infrakamerou kvantifikovat tepelné ztráty. Infrakamera zobrazí rozdělení teplot na povrchu měřeného objektu. Jaké jsou však tepelné úniky, to již není možné kvantifikovat, protože zde hrají velkou roli součinitelé přestupu tepla v interiéru a exteriéru, dále stacionárnost průběhů teplot a mnoho dalších vlivů. Proto je infrakamera ve stavebnictví vhodná pro lokalizaci problémů, nemůže však sloužit pro jejich kvantifikaci.

Měření infrakamerou je velmi individuální záležitost a cena se obvykle pohybuje v rozmezí od 5 do 10 tisíc korun podle rozsahu. Může to však být i více a pochopitelně u zajímavých případů i méně.

Příloha 1

Seznam vybraných značek, veličin a jednotek

Značka	Název veličiny	Jednotka
A	Plocha	m^2
A/V	Faktor tvaru budovy; geometrická charakteristika budovy	m^2/m^3 ; $1/m$
A_e	Plocha venkovních konstrukcí	m^2
b_1	Činitel teplotní redukce	(-)
c	Měrná tepelná kapacita (Udává, kolik tepla v J je třeba dodat 1 kg látky, aby se ohřála o 1°C)	$J/(kg \cdot K)$
c_d	Měrná tepelná kapacita v suchém stavu	$J/(kg \cdot K)$
c_{vzd}	Měrná tepelná kapacita vzduchu: přibližně $c_{vzd} = 1300$	$J/(kg \cdot K)$
d	Tloušťka	m
D	Denostupně	$K \cdot \text{den}$
e_v	Měrná potřeba tepla na vytápění	$kWh/m^3, a$
e_{vN}	Požadovaná měrná potřeba tepla na vytápění	$kWh/m^3, a$
E	Celoroční (s)potřeba energie na vytápění	kWh/a
g_c	Zkondenzované množství vodní páry	$kg/(m^2 \cdot s)$
g_{ev}	Vypařené množství vodní páry	$kg/(m^2 \cdot s)$
H_T	Měrná ztráta prostupem tepla (celková)	W/K
H_U	Měrná ztráta prostupem tepla nevytápěnými prostory (mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím)	W/K
i_{LV}	Součinitel spárové průvzdušnosti	$m^3/(s \cdot m \cdot Pa^{0,67})$
l	Délka	m
L	Tepelná propustnost	W/K
L	Plošná tepelná propustnost	$W/(m^2 \cdot K)$
L_D	Tepelná propustnost obvodového pláště mezi vytápěným prostorem a venkovním prostředím)	W/K
L_S	Ustálená tepelná propustnost zeminou mezi vnitřním prostorem a venkovním prostředím	W/K
L^{2D}	Tepelná propustnost stanovená výpočtem dvojrozměrného teplotního pole - 2D výpočtem	W/K $W/(m^2 \cdot K)$
L^{3D}	Tepelná propustnost stanovená výpočtem trojrozměrného teplotního pole - 3D výpočtem	W/K ; $W/(m^2 \cdot K)$
n	Intenzita přirozené výměny vzduchu v místnosti (Toto číslo udává, kolikrát za hodinu se vymění vzduch v místnosti.)	$1/h$; $m^3/(m^3 \cdot h)$
n_{50}	Intenzita výměny vzduchu budovy při přetlaku 50 Pa	$1/h$; $m^3/(m^3 \cdot h)$
p_v	Částečný tlak vodní páry	Pa
p_{vi}	Částečný tlak vodní páry vnitřního vzduchu	Pa

Značka	Název veličiny	Jednotka
p_{ve}	Částečný tlak vodní páry venkovního vzduchu	Pa
$p_{v,sat}$	Částečný tlak nasycené vodní páry	Pa
$p_{vg}, p_{v,cav}$	Částečný tlak nasycené vodní páry ve vzduchové dutině, vrstvě	Pa
p_a	Atmosférický tlak	Pa
p_0	Referenční (normální) atmosférický tlak	Pa
q_c	Celková tepelná charakteristika budovy	W/(m ³ ·K)
Q_h	Potřeba tepla na vytápění	Wh
R	Tepelný odpor vrstvy, konstrukce	m ² ·K/W
R_l	Lineární tepelný odpor	m ² ·K/W
R_{si}	Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce	m ² ·K/W
R_{se}	Odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce	m ² ·K/W
R_T	Odpor konstrukce při prostupu tepla	m ² ·K/W
t	Čas	s
$U_T; U$	Součinitel prostupu tepla; U – hodnota. (Udává, kolik energie ve W prostoupí konstrukcí. Je to převrácená hodnota R_T .)	W/(m ² ·K)
U_c	Celkový součinitel prostupu tepla; celková U - hodnota	W/(m ² ·K)
U_f	Součinitel prostupu tepla rámu	W/(m ² ·K)
U_g	Součinitel prostupu tepla zasklení	W/(m ² ·K)
U_N	Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla neprůsvitné výplně	W/(m ² ·K)
U_w	Součinitel prostupu tepla okna	W/(m ² ·K)
U_{em}	Průměrný součinitel prostupu tepla obálky budovy; Průměrná U - hodnota obálky budovy	W/(m ² ·K)
ΔU	Korekční součinitel prostupu tepla (korekční člen)	W/(m ² ·K)
V	Objem; obestavěný prostor budovy, vytápěné zóny	m ³
ε	Emisivita; vyzařování	(-)
θ	Celsiova teplota	°C
θ_{ae}	Teplota venkovního vzduchu	°C
θ_{ai}	Teplota vnitřního vzduchu	°C
θ_e	Návrhová teplota venkovního vzduchu	°C
θ_{im}	Návrhová teplota vnitřního vzduchu	°C
$\theta_{si,cr}$	Kritická vnitřní povrchová teplota	°C
$\theta_{si,N}$	Požadovaná nejnižší vnitřní povrchová teplota	°C
θ_{se}	Vnější povrchová teplota konstrukce	°C
θ_{si}	Vnitřní povrchová teplota konstrukce	°C
θ_{sim}	Průměrná vnitřní povrchová teplota konstrukce	°C
$\Delta\theta_{si}$	Bezpečnostní přírážka k nejnižší požadované vnitřní povrchové teplotě	°C
θ_w	Teplota rosného bodu	°C
λ	Součinitel tepelné vodivosti	W/(m·K)
λ_{ev}	Ekvivalentní součinitel tepelné vodivosti	W/(m·K)
μ	Faktor difuzního odporu	(-)
μ_n	Normová hodnota faktoru difuzního odporu	(-)

Značka	Název veličiny	Jednotka
ρ	Objemová hmotnost v definovaném stavu vlhkosti	kg/m^3
φ_a	Relativní vlhkost vzduchu	%
φ_e	Relativní vlhkost venkovního vzduchu	%
φ_i	Relativní vlhkost vnitřního vzduchu	%
$\varphi_{si,cr}$	Kritická relativní vlhkost	%
χ	Bodový činitel prostupu tepla	W/K
ψ	Lineární činitel prostupu tepla	$W/(m \cdot K)$

Příloha 2

Vyhlášky, předpisy, normy

- zákon 406/2000 Sb. o hospodaření energií
- vyhláška 213/2001 Sb., kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu
- vyhláška 425/2004 Sb., kterou se mění vyhláška 213/2001 Sb., kterou se vydávají podrobnosti náležitostí energetického auditu
- vyhláška 214/2001 Sb., kterou se stanoví vymezení zdrojů energie, které budou hodnoceny jako obnovitelné
- vyhláška 151/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při rozvodu tepelné energie a vnitřním rozvodu tepelné energie
- vyhláška 152/2001 Sb., kterou se stanoví pravidla pro vytápění a dodávku teplé užitkové vody, měrné ukazatele spotřeby tepla pro vytápění a přípravu teplé užitkové vody a požadavky na vybavení vnitřních tepelných zařízení budov přístroji regulujícími dodávku tepelné energie konečným spotřebitelům
- vyhláška 153/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti určení účinnosti užití energie při přenosu, distribuci a vnitřním rozvodu elektrické energie
- vyhláška 291/2001 Sb., kterou se stanoví podrobnosti účinnosti užití energie při spotřebě tepla v budovách
- ČSN 73 0540:2002 Tepelná ochrana budov
- ČSN EN 832 Tepelné chování budov – Výpočet potřeby tepla na vytápění – Obytné budovy
- ČSN EN 12 831 - Výpočet tepelných ztrát při ústředním vytápění (v českém jazyce doposud nevyšla, proto překlad názvu není oficiální)

Příloha 3

Požadované hodnoty měrné potřeby tepla při vytápění budov

(A – plocha ochlazovaných konstrukcí, V – objem vytápěné zóny budovy)

$A/V(m^{-1})$	$e_{VN}[kWh/m^3r]$	$e_{AN} [Wh/m^2r]$
0,2	25,8	80,6
0,3	28,4	88,8
0,4	31,0	96,9
0,5	33,6	105,0
0,6	36,2	113,1
0,7	38,9	121,6
0,8	41,5	129,7
0,9	44,0	137,5
1,0	46,7	145,9

Mezilehlé hodnoty je možno stanovit podle vztahů:

$$e_{VN} (kWh/m^3r) = 20,64 + 26,03 \cdot (A/V)$$

$$e_{AN} (kWh/m^2r) = e_{VN} / 0,32$$

Výsledná hodnota se zaokrouhluje na jedno desetinné místo.

Poznámka - Hodnoty měrné spotřeby tepla vztažené na m^2 plochy vytápěných místností jsou stanoveny pro světlou výšku podlaží $\leq 2,6$ m.

Příloha 4
Roční maximální potřeba energie pro pasivní dům

hodnocená energetická náročnost	maximální hodnota
maximální potřebný příkon	10 W/m ²
maximální roční potřeba tepla na vytápění	15 kWh/m ² za rok
maximální celková roční potřeba energie pro provoz domu	42 kWh/m ² za rok
maximální celková roční potřeba primární energie pro pokrytí energetických nároků domu	120 kWh/m ² za rok

Příloha 5

Tabulka součinitelů prostupů tepla U některými konstrukcemi

OBVODOVÉ STĚNY			Součinitel prostupu tepla
Popis / typ		Tloušťka	U
		mm	W/m ² *K
CIHELNÉ SYSTÉMY - Cihlové bloky THERM			
na MVC	omítka MVC	440	0,29
	omítka z tepelně izolační malty	440	0,28
na tepelně izolační maltu	omítka MVC	440	0,24
	omítka z tepelně izolační malty	440	0,23
na MVC	omítka MVC	440	0,37
	omítka z tepelně izolační malty	440	0,34
na tepelně izolační maltu	omítka MVC	440	0,32
	omítka z tepelně izolační malty	440	0,30
na MVC	omítka MVC	400	0,40
	omítka z tepelně izolační malty	400	0,37
na tepelně izolační maltu	omítka MVC	400	0,35
	omítka z tepelně izolační malty	400	0,32
na MVC	omítka MVC	365	0,43
	omítka z tepelně izolační malty	365	0,40
na tepelně izolační maltu	omítka MVC	365	0,38
	omítka z tepelně izolační malty	365	0,35
na MVC	omítka MVC	440	0,39
	omítka z tepelně izolační malty	440	0,36
na tepelně izolační maltu	omítka MVC	440	0,36
	omítka z tepelně izolační malty	440	0,34
na MVC	omítka MVC	400	0,42
	omítka z tepelně izolační malty	400	0,39
na tepelně izolační maltu	omítka MVC	400	0,37
	omítka z tepelně izolační malty	400	0,34
na MVC	omítka MVC	380	0,43
	omítka z tepelně izolační malty	380	0,39
na tepelně izolační maltu	omítka MVC	380	0,37
	omítka z tepelně izolační malty	380	0,35
na MVC	omítka MVC	365	0,43
	omítka z tepelně izolační malty	365	0,39
na tepelně izolační maltu	omítka MVC	365	0,37
	omítka z tepelně izolační malty	365	0,34

POROBETON - Přesné porobetonové tvárnice				
Přesné tvárnice	P2 - 400	400	0,34	
	P3 - 550	400	0,42	
Přesné tvárnice	P2 - 400	375	0,36	
	P2 - 500	375	0,44	
	P4 - 500	375	0,43	
	P4 - 600	375	0,51	
Přesné tvárnice	P2 - 400	300	0,45	
	P2 - 500	300	0,56	
BETON - Tvárnice suchého zdění TSZ				
TSZ	prázdné dutiny		1,37	
	tepelná izolace	60	0,45	
		80	0,37	
		100	0,31	
BETON - ZO PLUS - betonové stěnové dílce s polystyrenovou vložkou				
TIP-N/4 , P3		300	0,35	
TIP-N/4 , P5		300	0,35	
TIP-N , P7		300	0,35	
TIP-N , P10		300	0,35	
BETON - Konstrukční systém na bázi betonu a štěpkocementových bednicích desek				
WS-EPS 85 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 50 mm	270	0,45
WS-EPS 95 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 60 mm	280	0,42
WS-EPS 115 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 80 mm	300	0,32
WS-EPS 135 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 100 mm	320	0,27
WS-EPS 155 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 120 mm	340	0,24
WS-EPS 185 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 150 mm	370	0,20
WS-EPS 235 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 200 mm	420	0,16
DŘEVO-CEMENT - Dřevocementové stěnové díly s vloženým polystyrenem				
TYP 30 / 7		tl. izolace 70 mm	300	0,45
TYP 32 / 9		tl. izolace 90 mm	320	0,39
TYP 32 / 11		tl. izolace 110 mm	320	0,34
TYP 35 / 11		tl. izolace 110 mm	350	0,34
TYP 35 / 14		tl. izolace 140 mm	350	0,29
DŘEVO-CEMENT - Konstrukční systém na bázi betonu a štěpkocementových bednicích desek				
WS-EPS 85 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 50 mm	270	0,45
WS-EPS 95 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 60 mm	280	0,42
WS-EPS 115 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 80 mm	300	0,32
WS-EPS 135 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 100 mm	320	0,27
WS-EPS 155 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 120 mm	340	0,24
WS-EPS 185 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 150 mm	370	0,20
WS-EPS 235 / beton 150 / WS 35		tl. Polystyrenu 200 mm	420	0,16
POLYSTYREN BETONOVÉ SYSTÉMY				
polystyrenové bloky vyplněné betonem				0,27
POLYSTYREN BETONOVÉ SYSTÉMY - THERMOMUR				
standartní blok - polystyrenové příčky				0,24
superblok				0,22
standartní blok - plechové příčky				0,30
příčkový blok				0,26
superblok - výplň prostyrenbetonem				0,22
POLYSTYREN BETONOVÉ SYSTÉMY - CEPOL thermo I (HAVAX)				
tvárnice CEPOL thermo I 250/250/1000				0,29
POLYSTYREN BETONOVÉ SYSTÉMY - MED - stavební systém (IZOPOL Dolní Poustevna)				
MED 1				0,28
MED 2				0,28

SENDVIČOVÉ ZDIVO - bez vzduchové mezery		Tepelná izolace	
cihlový blok THERM 30 P+D (tl. 300 mm) s přízdívkou tl. 100-140mm	50	0,34	
	80	0,27	
	100	0,24	
cihlový blok THERM 24 P+D (tl. 240 mm) s přízdívkou tl. 100-140mm	50	0,44	
	80	0,33	
	100	0,29	
cihlový blok THERM 19 P+D (tl. 190 mm) s přízdívkou tl. 100-140mm	50	0,5	
	80	0,36	
	100	0,31	
cihlový blok THERM 17,5 P+D (tl. 175 mm) s přízdívkou tl. 100-140mm	50	0,48	
	80	0,35	
	100	0,3	
SENDVIČOVÉ ZDIVO - s provětrávanou vzduchovou mezerou		Tepelná izolace	
cihlový blok THERM 30 P+D (tl. 300 mm)	50	0,36	
	80	0,28	
	100	0,25	
cihlový blok THERM 24 P+D (tl. 240 mm)	50	0,48	
	80	0,36	
	100	0,30	
cihlový blok THERM 19 P+D (tl. 190 mm)	50	0,55	
	80	0,39	
	100	0,32	
cihlový blok THERM 17,5 P+D (tl. 175 mm)	50	0,53	
	80	0,38	
	100	0,32	
KONTAKTNÍ ZATEPLOVACÍ SYSTÉMY - Cihlové systémy		Tepelná izolace	
cihlový blok THERM 36,5 P+D tl. 365 mm	50	0,28	
	80	0,23	
	100	0,21	
	120	0,19	
	150	0,17	
cihlový blok THERM 30 P+D (tl. 300 mm)	50	0,36	
	80	0,29	
	100	0,25	
	120	0,22	
	150	0,19	
cihlový blok THERM 24 P+D (tl. 240 mm)	50	0,50	
	80	0,36	
	100	0,31	
	120	0,27	
	150	0,22	
cihlový blok THERM 19 P+D (tl. 190 mm)	50	0,56	
	80	0,39	
	100	0,33	
	120	0,28	
	150	0,23	
cihlový blok THERM 17,5 P+D (tl. 175 mm)	50	0,55	
	80	0,39	
	100	0,32	
	120	0,28	
	150	0,23	

KONTAKTNÍ ZATEPLOVACÍ SYSTÉMY - Porobetonové systémy		Tepelná izolace	
Přesné tvárnice tl. 375 mm (P2 - 400)	50		0,24
	80		0,20
	100		0,18
	120		0,17
	150		0,15
Přesné tvárnice tl. 300 mm (P2 - 400)	50		0,28
	80		0,23
	100		0,21
	120		0,19
	150		0,16
Přesné tvárnice tl. 250 mm (P2 - 500)	50		0,34
	80		0,27
	100		0,24
	120		0,21
	150		0,18
Přesné tvárnice tl. 200 mm (P2 - 500)	50		0,38
	80		0,30
	100		0,26
	120		0,23
	150		0,20
Starší zděné konstrukce			
Zdivo z plných cihel	450		1,4
Zdivo z plných cihel	600		1,1
Kamenné zdivo	500		2,4
Kamenné zdivo	750		1,8
Zdivo z dutých cihel	300		1,5
Zdivo z škvárových tvárnic	400		1,6

PŘÍČKY		Součinitel prostupu tepla	
Popis / typ	Tloušťka	U	
	mm	W/m ² *K	
CIHELNÉ SYSTÉMY - Cihelné tvarovky THERM			
	65	2,84	
	115	1,95	
CIHELNÉ SYSTÉMY - Cihly podle ČSN			
Pk - CD	65	2,49	
	140	1,84	
CP	65	3,01	
	140	2,31	
CV 14	140	1,99	
CIHELNÉ SYSTÉMY - Cihly podle DIN			
2 DF ZW	115	2,03	
2 DF	115	2,16	
1 DF	115	2,21	
POROBETON - Přesné příčkovky			
P4 - 600	50	2,10	
P2 - 500	75	1,51	
P2 - 500	100	1,23	
P2 - 500	125	1,04	
P2 - 500	150	0,90	
BETON - Konstrukční systém na bázi betonu a štěpkocementových bednicích desek			
L 7,5	WS 75	75	1,00
GG 10	WS 50/ WS 50	100	0,86
DREVOCEMENTOVÉ SYSTÉMY - Dřvocementové stěnové díly			
typ 15/0	150	1,26	
POLYSTYREN BETONOVÉ SYSTÉMY - polystyrenový příčkový blok vyplněný betonem			
	150	0,26	

ŠIKMÉ STŘECHY		Součinitel prostupu tepla
Popis / typ	Tloušťka	U
	mm	W/m ² *K
Sádrokarton		
izolace z minerální vlny	120	0,31
	140	0,27
	160	0,24
	180	0,21
	200	0,19
izolace deskami z tvrdé polyuretanové pěny	80	0,35
	100	0,28
	120	0,24
	140	0,20
	160	0,18
	180	0,16
	200	0,15
Dřevěné palubky		
izolace z minerální vlny	120	0,30
	140	0,26
	160	0,23
	180	0,21
	200	0,19
izolace z polystyrenových desek vně krokví	80	0,44
	100	0,36
	120	0,30
	140	0,26
	170	0,22

VNITŘNÍ STĚNY		Součinitel prostupu tepla	
Popis / typ	Tloušťka	U	
	mm	W/m ² *K	
CIHELNÉ SYSTÉMY - cihlové bloky THERM			
	300	0,64	
	240	1,20	
	175	1,49	
	365	0,61	
	300	0,71	
	240	1,20	
CIHELNÉ SYSTÉMY - cihly podle ČSN			
CV 14	140	1,99	
	290	1,35	
CP	140	2,31	
CIHELNÉ SYSTÉMY - cihly podle ČSN			
3 DF	175	1,78	
	240	1,31	
2 DF	115	2,16	
	240	1,35	
1 NF	115	2,21	
	240	1,40	
POROBETON - Přesné tvárnice			
P2 - 400	300	0,45	
P2 - 500	300	0,56	
P2 - 500	250	0,59	
P4 - 500	250	0,56	
P2 - 500	200	0,71	
P4 - 500	200	0,68	
BETON - LIAPOR			
LIAPOR M	P6	240	0,86
LIAPOR M	P12	240	1,11
LIAPOR M	P6	300	0,72
LIAPOR M	P12	340	0,92
LIAPOR M	P6	365	0,61
LIAPOR M	P12	365	0,79
LIATHERM	P4	300	0,47
BETON - Tvárnice suchého zdění TSZ			
s prázdnými dutinami	300	1,02	
s vyplněnými dutinami	300	0,72	
BETON - IZO PLUS - betonové stěnové dílce			
	300	0,92	
	250	1,02	
	400	0,73	
BETON - Konstrukční systém na bázi betonu a štěpkocementových bednicích desek			
LL 22	WS 35 / beton 150 / WS 35	220	1,02
DŘEVOCEMENTOVÉ SYSTÉMY - Dřevocementové stěnové díly			
typ 20/0	200	1,26	
typ 25/0	250	1,25	
typ 30/0	300	1,13	
typ 32/0	320	1,13	
typ 35/0	350	1,12	
POLYSTYREN BETONOVÉ SYSTÉMY - polystyrenové bloky vyplněné betonem			
		0,27	

OKNA A DVEŘE		Součinitel prostupu tepla
Popis / typ	Tloušťka	U
	mm	W/m ² *K
Okno dvojité s dvěma skly		2,35
Okno zdvojené se dvěma skly		2,4
Okno s dvojsklem bez pokovení		2,5
Okno s dvojsklem s pokovením		1,8
Dveře vchodové dřevěné, bez skleněné výplně		2,3

Příloha 6

Činitele teplotní redukce b podle vyhlášky 291/2001 Sb.

Pro jednotlivé činitele teplotní redukce platí tyto hodnoty:

Výplně otvorů (okna)	b_o	1,15
Střechy nad vytápěným prostorem	b_s	1
Konstrukce oddělující nevytápěný prostor	b_s, b_n	podle tabulky

Nevytápěný prostor	b_s, b_n (-)
Půda - netěsná krytina	0,83
- těsná krytina, bez tepelné izolace	0,74
- těsná krytina s tepelnou izolací	0,57
Místnosti sousedící	
- převážně s vytápěnými místnostmi, např. vnitřní chodby apod.	0,14
- z části s vytápěnými místnostmi a z části s venkovním prostředím	
- bez venkovních dveří	0,40
- s venkovními dveřmi; také vnitřní schodiště ¹⁾	0,57
Sklepy a jiné suterénní nevytápěné místnosti	
- zcela pod terénem	0,43
- částečně nad terénem - nevětrané	0,49
- větrané	0,57
Zřídka vytápěné místnosti - ve stejné budově	0,14
- v sousední budově	0,29
¹⁾ V budově o více než 5. podlažích se uvažuje u vnitřního schodiště hodnota	0,49

Konstrukce přilehlé k zemině	b_z (-)
Pod podlahou	0,40
U svislé stěny - do hloubky 1 m	0,66
- v hloubce 1 až 2 m	0,57
- v hloubce 2 až 3 m	0,49
- v hloubce přes 3 m	0,40

Příloha 7

Tabulka dlouhodobě průměrných klimatických podmínek v jednotlivých městech v ČR

místo	nadmořská výška	teplotní oblast	pro topné období od 12°C		pro topné období od 13°C	
			vnější teplota	počet dnů	vnější teplota	počet dnů
Benešov	327	-15	3,5	234	3,9	245
Beroun	229	-12	3,7	225	4,1	236
Blansko	273	-15	3,3	229	3,7	241
Břeclav	159	-12	4,1	215	4,4	224
Brno	227	-12	3,6	222	4,0	232
Bruntál	546	-18	2,7	255	3,3	271
Česká Lípa	276	-15	3,3	232	3,8	245
České Budějovice	384	-15	3,4	232	3,8	244
Český Krumlov	489	-18	3,1	243	3,5	254
Děčín	141	-12	3,8	225	4,2	236
Domažlice	428	-15	3,4	235	3,8	247
Frydek Místek	300	-15	3,4	225	3,8	236
Havlíčkův Brod	422	-15	2,8	239	3,3	253
Hodonín	162	-12	3,9	208	4,2	215
Hradec Králové	244	-12	3,4	229	3,9	242
Cheb	448	-15	3,0	246	3,6	262
Chomutov	330	-12	3,1	223	4,1	233
Chrudim	276	-12	3,6	225	4,1	238
Jablonec n. Nisou	502	-18	3,1	241	3,6	256
Jičín	278	-15	3,5	223	3,9	234
Jihlava	516	-15	3,0	243	3,5	257
J. Hradec	478	-15	3,0	242	3,5	256
K. Vary	379	-15	3,3	240	3,8	254
Karviná	230	-15	3,6	223	4,0	234
Kladno	380	-15	4,0	243	4,5	258
Klatovy	409	-15	3,4	235	3,9	248
Kolín	223	-12	4,0	216	4,4	226
Kroměříž	207	-12	3,5	217	3,9	227
Kutná Hora	253	-12	4,0	216	4,4	226

Liberec	357	-18	3,1	241	3,6	256
Litoměřice	171	-12	3,7	222	4,1	232
Louny	201	-12	3,7	219	4,1	229
Mělník	155	-12	3,7	219	4,1	229
Mladá Boleslav	230	-12	3,5	225	3,9	235
Most	230	-12	3,7	223	4,1	233
Náchod	344	-15	3,1	235	3,7	250
Nový Jičín	284	-15	3,3	229	3,8	242
Nymburk	186	-12	3,8	217	4,2	228
Olomouc	226	-15	3,4	221	3,8	231
Opava	258	-15	3,5	228	3,9	239
Ostrava	217	-15	3,6	219	4,0	229
Pardubice	223	-12	3,7	224	4,1	234
Pelhřimov	499	-15	3,0	241	3,6	257
Písek	348	-15	3,2	235	3,7	247
Plzeň	311	-12	3,3	233	3,6	242
Praha	181	-12	4,0	216	4,3	225
Prachatice	574	-18	3,3	253	3,8	267
Přerov	212	-12	3,5	218	3,9	228
Příbram	502	-15	3,0	239	3,5	252
Prostějov	226	-15	3,4	220	3,8	230
Rakovník	332	-15	3,4	232	4,0	250
Rokycany	363	-15	3,0	239	3,5	252
Rychnov nad Kněžnou	325	-15	3,0	241	3,5	254
Semily	334	-18	2,8	243	3,4	259
Sokolov	405	-15	3,4	239	3,9	254
Strakonice	392	-15	3,3	236	3,8	249
Svitavy	447	-15	2,9	235	3,4	248
Šumperk	317	-15	3,0	230	3,5	242
Tábor	480	-15	3,0	236	3,5	250
Tachov	496	-15	3,1	237	3,6	250
Teplice	205	-12	3,8	221	4,1	230
Třebíč	406	-15	2,5	247	3,1	263
Trutnov	428	-18	2,8	242	3,3	257
Uherské Hradiště	181	-12	3,2	222	3,6	233
Ústí nad Labem	145	-12	3,6	221	3,9	229
Ústí nad Orlicí	332	-15	3,1	238	3,6	251

Vsetín	346	-15	3,2	225	3,6	236
Vyškov	245	-12	3,3	219	3,7	229
Zlín	234	-12	3,6	216	4,0	226
Znojmo	289	-12	3,6	217	3,9	226
Žďár nad Sázavou	572	-15	2,4	252	3,1	270

Příloha 8

Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla U_N pro budovy s převažující návrhovou vnitřní teplotou $\theta_{im} = 20\text{ °C}$ dle ČSN 73 0540-2/2002

popis konstrukce	typ konstrukce	požadované hodnoty	doporučené hodnoty	souč. typu konstrukce	činitel teplotní redukce
		U_N [W/(m ² .K)]	U_N [W/(m ² .K)]	e_2 [-]	b_1 [-]
- střecha plochá a šikmá se sklonem do 45° včetně - podlaha nad venkovním prostorem - strop pod nevytápěnou půdou se střechou bez tepelné izolace - podlaha a stěna s vytápěním	lehká	0,24	0,16	0,8	1,25
	těžká	0,30	0,20	0,8	1,25
- stěna venkovní - střecha strmá se sklonem nad 45°	lehká	0,30	0,20	1,0	1,25
	těžká	0,38	0,25	1,0	1,0
- podlaha a stěna přilehlá k zemině (s výjimkou dle pozn. 2) - strop a stěna vnitřní z vytápěného k nevytápěnému prostoru		0,60	0,40	0,8	0,49
- strop a stěna vnitřní z vytápěného k částečně vytápěnému prostoru		0,75	0,50	0,8	0,40
- stěna mezi sousedními budovami - strop mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně		1,05	0,70	0,8	0,29
- stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně		1,30	0,90	1,0	0,29
- strop mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně		2,2	1,45	0,8	0,14
- stěna mezi prostory s rozdílem teplot do 5°C včetně		2,7	1,80	1,0	0,14
- okno a jiná výplň otvoru podle 4.6 z vytápěného prostoru (včetně rámu, který má nejvýše 2,0 W/(m ² .K))	nová	1,80	1,20	5,5	1,15
	upravená	2,0	1,35	6,0	1,15
- dveře, vrata a jiná výplň otvorů podle 4.6, z částečně vytápěného nebo nevytápěného prostoru vytápěné budovy (včetně rámu)		3,5	2,3	6,0	0,66

1. Tabulka uvádí hodnoty pro převažující návrhovou teplotu vnějšího vzduchu $\theta_e = -15^\circ\text{C}$ a pro převažující návrhovou vnitřní teplotu $\theta_{in} = 20^\circ\text{C}$.
2. Pro konstrukce přilehlé k zemině do vzdálenosti 1 m od rozhraní zeminy a vnějšího vzduchu na vnějším povrchu konstrukce se uplatňují požadované hodnoty pro vnější stěny; ve větší vzdálenosti platí požadované hodnoty uvedené či stanovené pro podlahy a stěny přilehlé k zemině.
3. Při cíleném využití sluneční energie, rekuperace tepla, nebo elektrické energie na vytápění a při návrhu nízkoenergetických domů je vhodné dosahovat 2/3 hodnot doporučených.
4. Součinitel prostupu tepla U odpovídá průměrné vnitřní povrchové teplotě θ_{sim} sledované konstrukce; zahrnuje tedy vliv tepelných mostů v konstrukci obsažených (viz ČSN 73 0540-4). Vliv tepelných mostů v konstrukci lze zanedbat, pokud jejich souhrnné působení je menší než je řád zaokrouhlení požadovaných hodnot technického požadavku.
5. Součinitel prostupu tepla U výplní otvorů se stanovuje včetně vlivu rámu a tepelných mostů mezi rámy a jejich výplněmi podle ČSN EN ISO 10077-1 nebo podle EN ISO 12567-1.
6. Plnění požadavků na výplně otvorů se prokazuje návrhovými hodnotami, které se stanoví bez 15% přírážky na nízkou tepelnou setrvačnost (zohledňuje se až při výpočtu potřeby energie).
7. Při návrhu a ověření konstrukcí je vhodné uvažovat předpokládané změny užívání v průběhu životnosti budovy.
8. U budov s odlišnými vytápěcími zónami ve smyslu ČSN EN 832 se požadavky stanovují pro každou vytápěnou zónu samostatně podle převažující návrhové vnitřní teploty vytápěné zóny.
9. Sousední vytápěné byty se považují za prostory s rozdílem teplot do 10°C včetně, sousední temperované byty a provozovny se považují za částečně vytápěné prostory a současně občasné vytápěné byty a provozovny se považují za nevytápěné prostory podle tabulky 3.

10. Není-li pod výplní otvoru otopné těleso, pak se pro výplň otvoru doporučuje snížit požadovanou hodnoty U_N .
11. Při provádění změn užívaných budov v zimním období (např. nástavby, vestavby, přístavby) je nutné zajistit tepelnou ochranu i dočasně ochlazovaných konstrukcí tak, aby nedocházelo k jejich poruchám a vadám.
12. Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U_N stanovená z tabulky nebo vztahu může být zvýšena do 31.12.2004 u jednovrstvých zděných vnějších stěn na 0,46 W/(m².K) a do 31. 12. 2003 u nových oken na 2,0 W/(m².K).

pozn.: součinitele b v předchozí tabulce mají jiný význam, než součinitele b uváděné ve vyhlášce 291/2001 Sb.

Příloha 9

Tabulka nejnižších přípustných povrchových teplot stavebních konstrukcí pro vnitřní teplotu $\theta_{ai} = +21^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkost vzduchu $\varphi_i = 50\%$ dle ČSN 73 0540-2/2002

způsob vytápění	Stavební konstrukce	
	těžká	lehká
nepřerušované	13,6 °C	14,1 °C
tlumené s poklesem výsledné teploty rovným a nebo menším než 7 °C	14,1 °C	14,6 °C
přerušované s poklesem výsledné teploty větším než 7 °C	14,6 °C	15,1 °C

POZNÁMKY

1. Vnitřní povrchové teploty θ_{si} se obvykle stanoví řešením teplotního pole pro kritické detaily stavebních konstrukcí, kterými jsou například tepelné mosty ve stavební konstrukci a tepelné vazby mezi stavebními konstrukcemi, např. okenní ostění poblíž koutu, pod střechou apod. Ověřuje se vždy nejnižší ze zjištěných teplot. V místě spojení více konstrukcí se uvažuje vyšší z bezpečnostních přírážek $\Delta\theta_{si}$, stanovených pro jednotlivé konstrukce.
2. Splnění požadavků podle tabulek je prevencí růstu plísní a rizika povrchové kondenzace.
3. Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně R_{si} se podle ČSN EN ISO 13788 uvažuje pro vnější výplně otvorů hodnotou $R_{si} = 0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$, pro ostatní vnitřní povrchy konstrukcí zvýšenou hodnotou $R_{si} = 0,25 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$.

Příloha 10

**Tabulka nejnižších přípustných povrchových teplot výplní otvorů
pro vnitřní teplotu $\theta_{ai} = +21^{\circ}\text{C}$ a relativní vlhkost vzduchu $\phi_i = 50\%$
dle ČSN 73 0540-2/2002**

způsob vytápění	otopná tělesa pod výplněmi otvorů	
	ano	ne
nepřerušované	9,2 °C	10,2 °C
tlumené s poklesem výsledné teploty rovným a nebo menším než 7 °C	9,7 °C	10,7 °C
přerušované s poklesem výsledné teploty větším než 7 °C	10,2 °C	11,2 °C

POZNÁMKY

1. Splnění požadavků podle tabulek je prevencí růstu plísní a rizika povrchové kondenzace.
2. Požadavek na výplně otvorů se vztahuje jak na rámy, tak na výplň mezi nimi. Pokud se na výplně otvorů vztahují požadavky jiných norem, uplatní se vždy přísnější z požadavků.
3. Nízkoteplotní velkoplošné podlahové či stěnové vytápění, sálavé vytápění a lokální vytápění vzdálené od vnějších výplní otvorů zpravidla zvyšují riziko orosování vnějších výplní otvorů na vnitřním povrchu. Vytápění s otopnými tělesy pod vnějšími výplněmi otvorů zaručuje vyšší bezpečnost, neboť způsobuje místní zvýšení teploty vnitřního vzduchu u vnější výplně otvoru.

Příloha 11

Tabulka parametrů propustnosti skel pro sluneční energii a součinitelů prostupu tepla U

Popis okna	Součinitel prostupu tepla okna U_{ok} [W/m ² .K]	Zisk solární energie g [%]
čiré izolační dvojsklo 4/16/4, výplň vzduch, pokovení žádné	3,11	78
čiré izolační dvojsklo 4/16/4, výplň vzduch, jedna tabule s pokovením tvrdým-např. EKO+, Planibel G	2,07	70
čiré izolační dvojsklo 4/16/4, výplň vzduch, jedna tabule s pokovením měkkým-např. Planitherm, Optitherm	1,84	62
čiré izolační dvojsklo 4/16Ar/4, výplň argon, jedna tabule s pokovením tvrdým-např. EKO+, Planibel G	1,73	70
čiré izolační dvojsklo 4/16/4, výplň vzduch, obě tabule s pokovením měkkým-např. Planitherm Futur, Optitherm S	1,61	58
čiré izolační dvojsklo 4/16Ar/4, výplň argon, jedna tabule s pokovením měkkým-např. Planitherm, Optitherm	1,5	62
čiré izolační dvojsklo 4/16Ar/4, výplň argon, obě tabule s pokovením měkkým - např. Planitherm Futur, Optitherm S	1,27	58
čiré izolační dvojsklo s tepelně odrazivou fólií Heat Mirror HMT C88 4/12/HMT C88/12/4, výplň vzduch, pokovení žádné	1,27	38
čiré izolační dvojsklo s tepelně odrazivou fólií Heat Mirror HMT C88 4/10Kr/HMT C88/10Kr/4, výplň krypton, pokovení žádné	0,81	30

pozn. čísla u skel značí sílu skla a mezery mezi nimi. Sklo 4/16/4 znamená, že sklo je silné 4mm, plynová dutina 16 mm a druhé sklo opět 4 mm.

Příloha 12

 Alois v. 1.0.2 (<http://www.skopek.net>)

Licencováno pro: Energy Consulting, o.s.

Rekreační zařízení Pupík - Modrava

Protokol pro energetický štítek budovy (zpracovaný podle vyhlášky 291/2001 Sb. a ČSN 73 0540 z XI. 2002)

Identifikační údaje

Místo stavby	Modrava
Adresa	Rekreační zařízení Pupík, 341 92 Modrava
Katastrální území, kat. číslo	Modrava, 1065
Druh stavby	Jiná stavba
Majitel (provozovatel)	Lesy České republiky, s.p., IČ: 421 96 451
Adresa	Přemyslova 1106, 501 68 Hradec Králové
Telefon, e-mail	376 313 238,

Charakteristika budovy

Objem budovy	V	1 273,6	m^3
Plocha obvodových konstrukcí	A	833,5	m^2
Geometrická charakteristika budovy	A/V	0,65	m^{-1}
Převažující vnitřní teplota v otopném období	θ_{im}	20,0	$^{\circ}C$
Vnější návrhová teplota v zimním období	θ_e	-15,0	$^{\circ}C$
Klimatický činitel pro prostup tepla	h_1	94,0	kh K
Klimatický činitel pro výměnu vzduchu	h_2	13,0	$kWh\ m^{-3}$

Stanovení energetické náročnosti budovy

Potřeba tepelné energie prostupem za otopné období	E_{vp}	28 709,3	$kWh\ a^{-1}$	103,4	$GJ\ a^{-1}$
Potřeba tepelné energie větráním za otopné období	E_{vv}	16 556,5	$kWh\ a^{-1}$	59,6	$GJ\ a^{-1}$
Potřeba tepelné energie pro vytápění za otopné období	E_v	45 265,9	$kWh\ a^{-1}$	163,0	$GJ\ a^{-1}$
Tepelné zisky z vnitřních zdrojů tepla za otopné období	E_{vz}	7 641,5	$kWh\ a^{-1}$	27,5	$GJ\ a^{-1}$
Tepelné zisky ze slunečního záření za otopné období	E_{zs}	3 820,7	$kWh\ a^{-1}$	13,8	$GJ\ a^{-1}$
Tepelné zisky celkem		11 462,2	$kWh\ a^{-1}$	41,3	$GJ\ a^{-1}$
Potřeba tepelné energie za otopné období	E_r	34 949,9	$kWh\ a^{-1}$	125,8	$GJ\ a^{-1}$

Měrné ukazatele

Měrná potřeba tepla na vytápění	e_v	27,4	$kWh\ m^{-3}\ a^{-1}$
Požadovaná hodnota měrné potřeby tepla na vytápění	e_{vN}	37,7	$kWh\ m^{-3}\ a^{-1}$
$e_v < e_{vN}$			
Budova splňuje požadavky na nízkou energetickou náročnost podle ČSN 73 0540-2.			
Stupeň energetické náročnosti budovy	SEN	72	%
Klasifikace energetické náročnosti budovy	C	Úsporná	

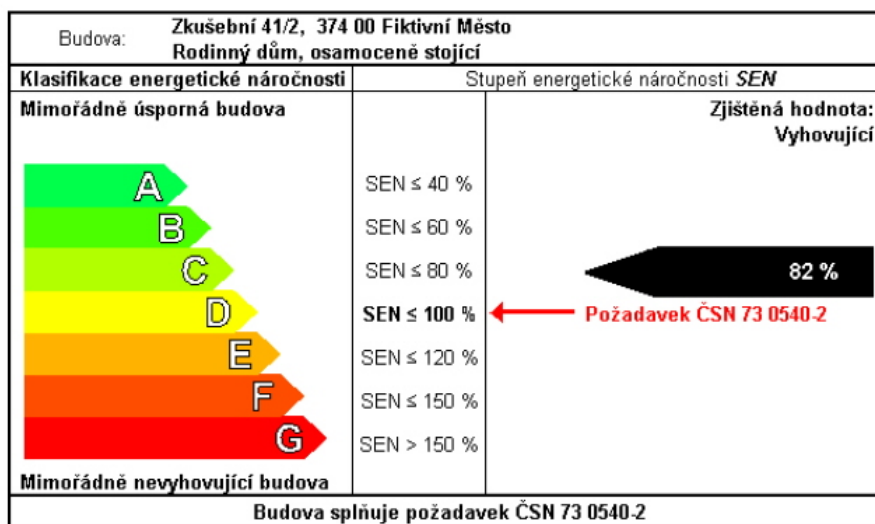
Skutečná potřeba tepla na vytápění dle klim. podmínek a skutečné doby vytápění (zjednodušený výpočet)	$E_{skutečné}$	19 742,0	$kWh\ a^{-1}$	71,1	$GJ\ a^{-1}$
---	----------------	----------	---------------	------	--------------

Údaje pro zjednodušený výpočet skutečné potřeby tepla		Řízené větrání			
		$V_i\ [m^3]$	$n_i\ [hod^{-1}]$	$t_i\ [hod]$	
Počet dnů v otopném období $d\ [den]$	235	Část 1			
Počet hodin denně vytápění $\tau\ [hod]$	24	Část 2			
Součinitel přírážek $p\ [-]$	0,6667	Část 3			
Průměrná teplota interiéru v otopném období $\theta_i\ [^{\circ}C]$	20	Část 4			
Průměrná teplota exteriéru v otopném období $\theta_e\ [^{\circ}C]$	3,4	Část 5			

1/1

Příloha 13

Energetický štítek budovy



Příloha 14

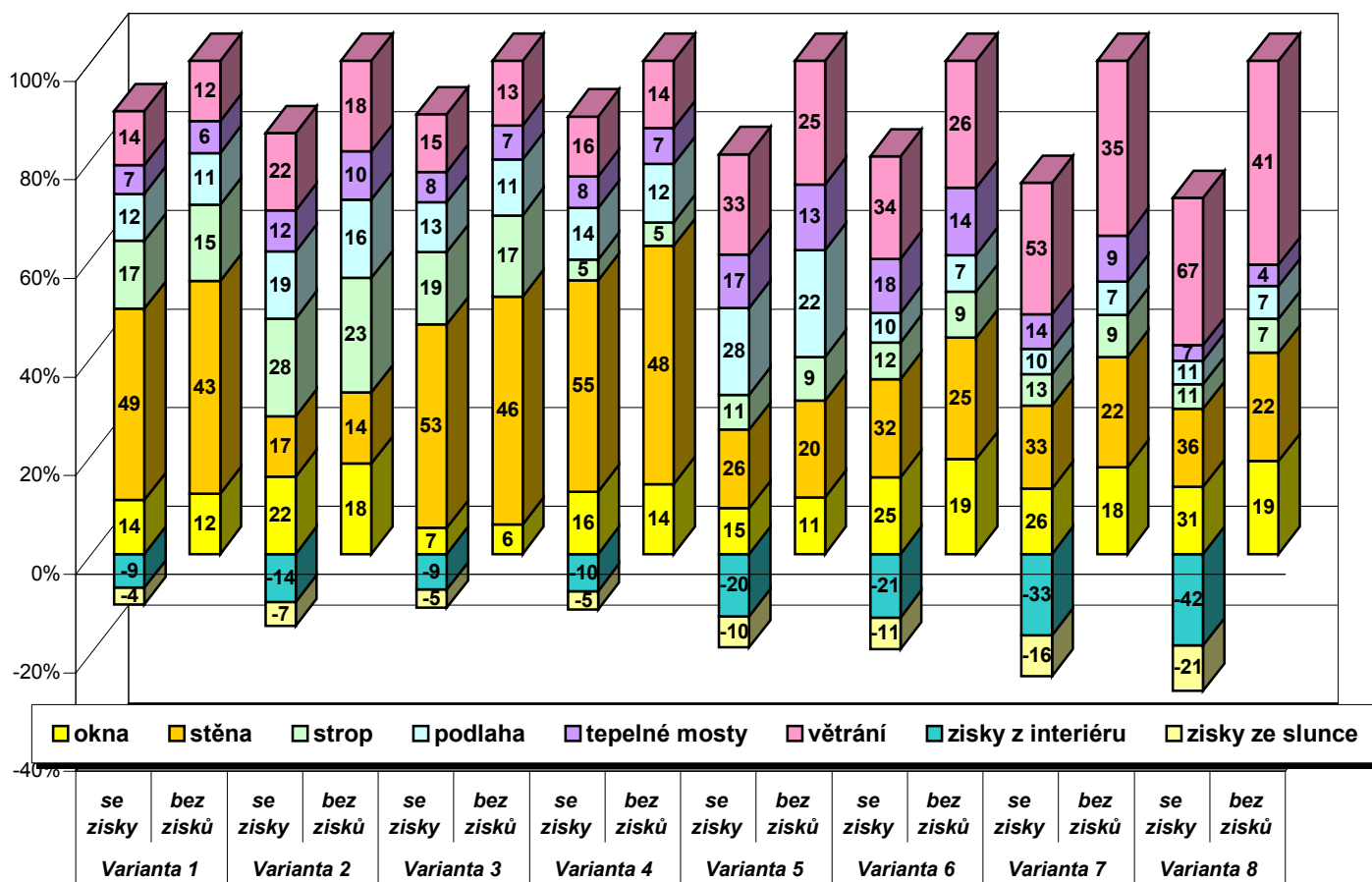
Přibližné účinnosti kotlů a výhřevnosti jednotlivých paliv

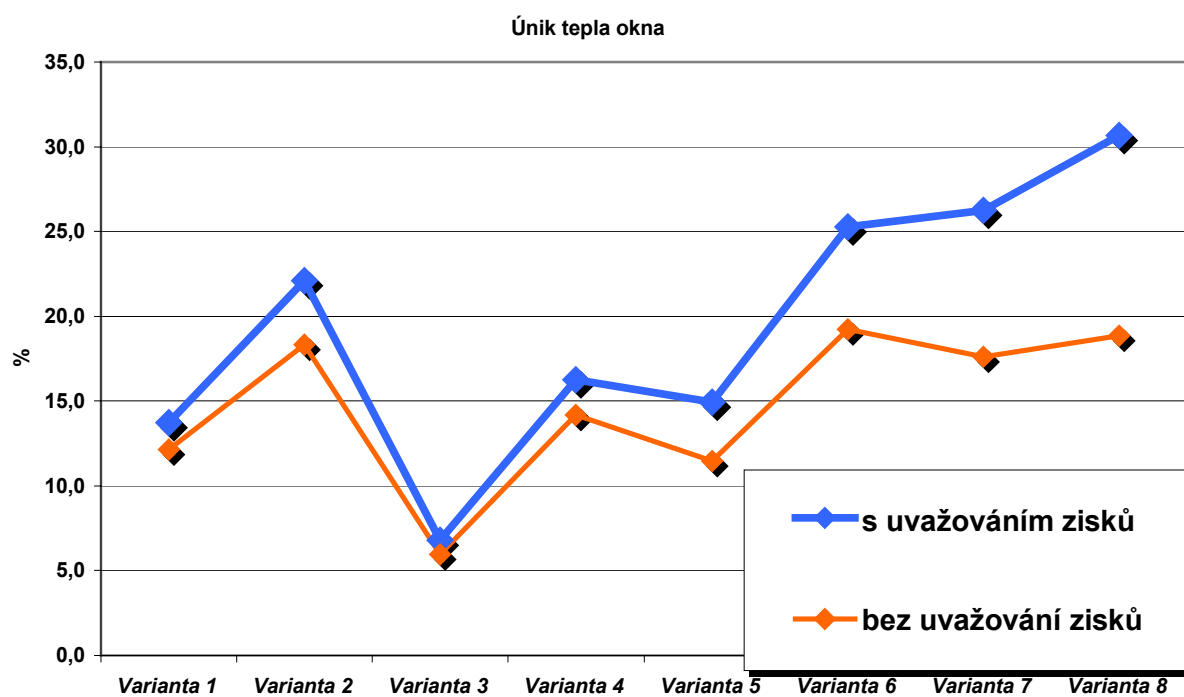
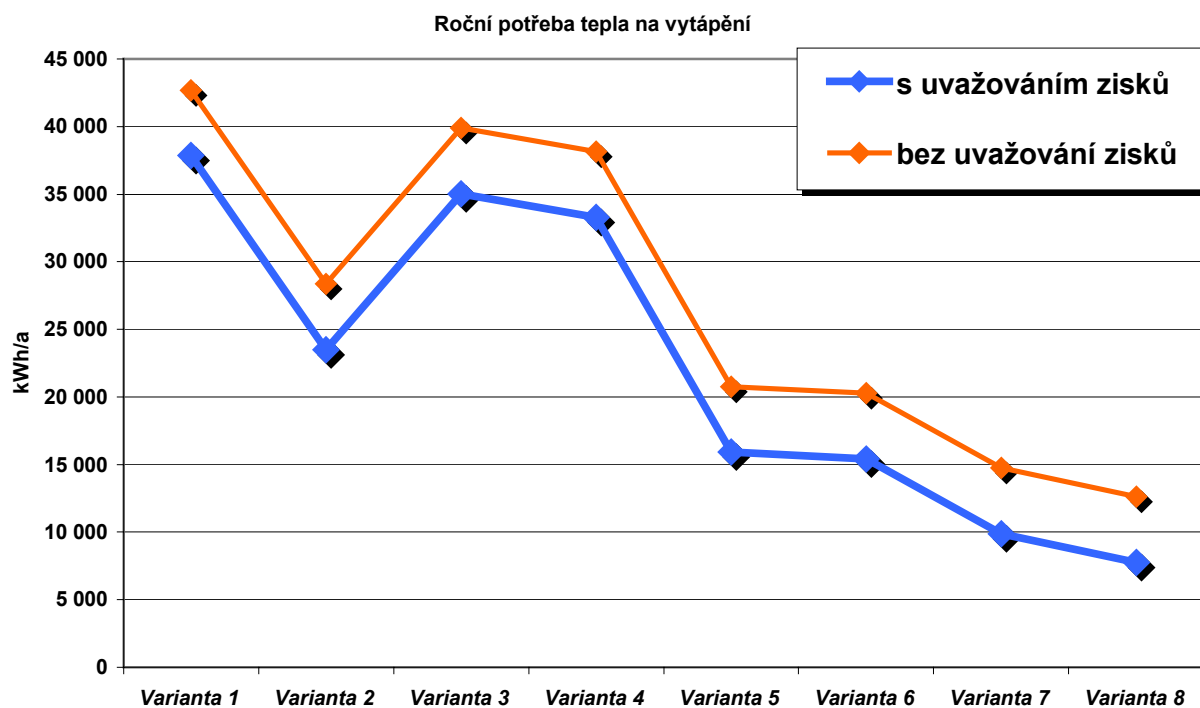
Druh paliva	výhřevnost		obvyklá účinnost kotle
dříví	4 až 5 kWh/kg	14 400 až 18 000 kJ/kg	80 %
pelety	až 5 kWh/kg	až 18 000 kJ/kg	83 %
hnědé uhlí	3 až 6 kWh/kg	10 800 až 21 600 kJ/kg	klasický kotel: 55% automatický kotel: 80%
černé uhlí	3,6 až 8 kWh/kg	13 000 až 28 700 kJ/kg	
brikety hnědouhelné	5 až 6 kWh/kg	18 000 až 21 600 kJ/kg	
brikety černouhelné	7,5 až 8,4 kWh/kg	27 000 až 30 000 kJ/kg	
plynárenský koks	6 až 7,6 kWh/kg	21 600 až 27 400 kJ/kg	
lehký topný olej	10,8 kWh/kg	38 700 kJ/kg	75 %
svítiplyn	4 až 4,3 kWh/m ³	14 400 až 15 600 kJ/m ³	75 %
zemní plyn	9 až 10 kWh/m ³	32 400 až 36 000 kJ/m ³	klasický kotel: 85% kondenzační kotel: 103%
propan-butan	12,4 kWh/kg	44 500 kJ/kg	
elektřina	1 kWh/kWh	3 600 kJ/kWh	akumulační: 97% přímotopné: 99%

Pozn.: U účinnosti plynových kotlů byla za základ vzata výhřevnost a nikoliv spalné teplo, ve kterém dodavatelé plynu fakturují.

Příloha 15

Procentuální úniky tepla jednotlivými konstrukcemi





konstrukce	Varianta 1		Varianta 2		Varianta 3		Varianta 4	
	se zisky	bez zisků	se zisky	bez zisků	se zisky	bez zisků	se zisky	bez zisků
okna	14	12	22	18	7	6	16	14
stěna	49	43	17	14	53	46	55	48
strop	17	15	28	23	19	17	5	5
podlaha	12	11	19	16	13	11	14	12
tepelné mosty	7	6	12	10	8	7	8	7
větrání	14	12	22	18	15	13	16	14
zisky z interiéru	-9		-14		-9		-10	
zisky ze slunce	-4		-7		-5		-5	
potřeba tepla [kWh/m ² ,a]	189	214	117	142	175	199	166	191
potřeba tepla [kWh/m ³ ,a]	63	71	39	47	58	66	55	64
potřeba tepla [kWh/a]	37842	42702	23490	28350	35030	39890	33293	38153

konstrukce	Varianta 5		Varianta 6		Varianta 7		Varianta 8	
	se zisky	bez zisků	se zisky	bez zisků	se zisky	bez zisků	se zisky	bez zisků
okna	15	11	25	19	26	18	31	19
stěna	26	20	32	25	33	22	36	22
strop	11	9	12	9	13	9	11	7
podlaha	28	22	10	7	10	7	11	7
tepelné mosty	17	13	18	14	14	9	7	4
větrání	33	25	34	26	53	35	67	41
zisky z interiéru	-20		-21		-33		-42	
zisky ze slunce	-10		-11		-16		-21	
potřeba tepla [kWh/m ² ,a]	80	104	77	101	49	74	39	63
potřeba tepla [kWh/m ³ ,a]	27	35	26	34	16	25	13	21
potřeba tepla [kWh/a]	15913	20773	15402	20262	9884	14744	7762	12622

Příloha 16

Vysychání plynosilikátového zdiva

	zdivo z plynosilikátu o tloušťce 375 mm s 50 mm pěnového polystyrénu na vnější straně			zdivo z plynosilikátu o tloušťce 375 mm		
počáteční vlhkost plynosilikátu	8%	12%	16%	8%-EPS	12%-EPS	16%-EPS
Měsíc	Ma [kg/m ²]	Ma [kg/m ²]	Ma [kg/m ²]	Ma [kg/m ²]	Ma [kg/m ²]	Ma [kg/m ²]
0	15,03	22,53	30,03	15,06	22,56	30,06
1	15,03	22,53	30,03	15,06	22,56	30,06
2	14,99	22,49	29,99	15,08	22,58	30,08
3	14,92	22,42	29,92	15,07	22,57	30,07
4	14,78	22,28	29,78	14,92	22,42	29,92
5	14,61	22,11	29,61	14,48	21,98	29,48
6	14,42	21,92	29,42	13,81	21,31	28,81
7	14,22	21,72	29,22	12,96	20,46	27,96
8	14,03	21,53	29,03	11,98	19,48	26,98
9	13,88	21,38	28,88	11,07	18,57	26,07
10	13,78	21,28	28,78	10,53	18,03	25,53
11	13,72	21,22	28,72	10,27	17,77	25,27
12	13,69	21,19	28,69	10,21	17,71	25,21
13	13,66	21,16	28,66	10,23	17,73	25,23
14	13,63	21,13	28,63	10,25	17,75	25,25
15	13,56	21,06	28,56	10,24	17,74	25,24
16	13,42	20,92	28,42	10,09	17,59	25,09
17	13,24	20,74	28,24	9,64	17,14	24,64
18	13,06	20,56	28,06	8,98	16,48	23,98
19	12,86	20,36	27,86	8,12	15,62	23,12
20	12,67	20,17	27,67	7,14	14,64	22,14
21	12,52	20,02	27,52	6,24	13,74	21,24
22	12,41	19,91	27,41	5,69	13,19	20,69
23	12,35	19,85	27,35	5,44	12,94	20,44
24	12,33	19,83	27,33	5,38	12,88	20,38
25	12,30	19,80	27,30	5,39	12,89	20,39
26	12,27	19,77	27,27	5,42	12,92	20,42
27	12,19	19,69	27,19	5,41	12,91	20,41
28	12,06	19,56	27,06	5,25	12,75	20,25
29	11,88	19,38	26,88	4,81	12,31	19,81
30	11,69	19,19	26,69	4,14	11,64	19,14
31	11,50	19,00	26,50	3,29	10,79	18,29
32	11,30	18,80	26,30	2,31	9,81	17,31
33	11,16	18,66	26,16	1,41	8,91	16,41
34	11,05	18,55	26,05	0,86	8,36	15,86
35	10,99	18,49	25,99	0,60	8,10	15,60
36	10,96	18,46	25,96	0,55	8,05	15,55
37	10,93	18,43	25,93	0,56	8,06	15,56
38	10,90	18,40	25,90	0,58	8,08	15,58
39	10,83	18,33	25,83	0,58	8,08	15,58

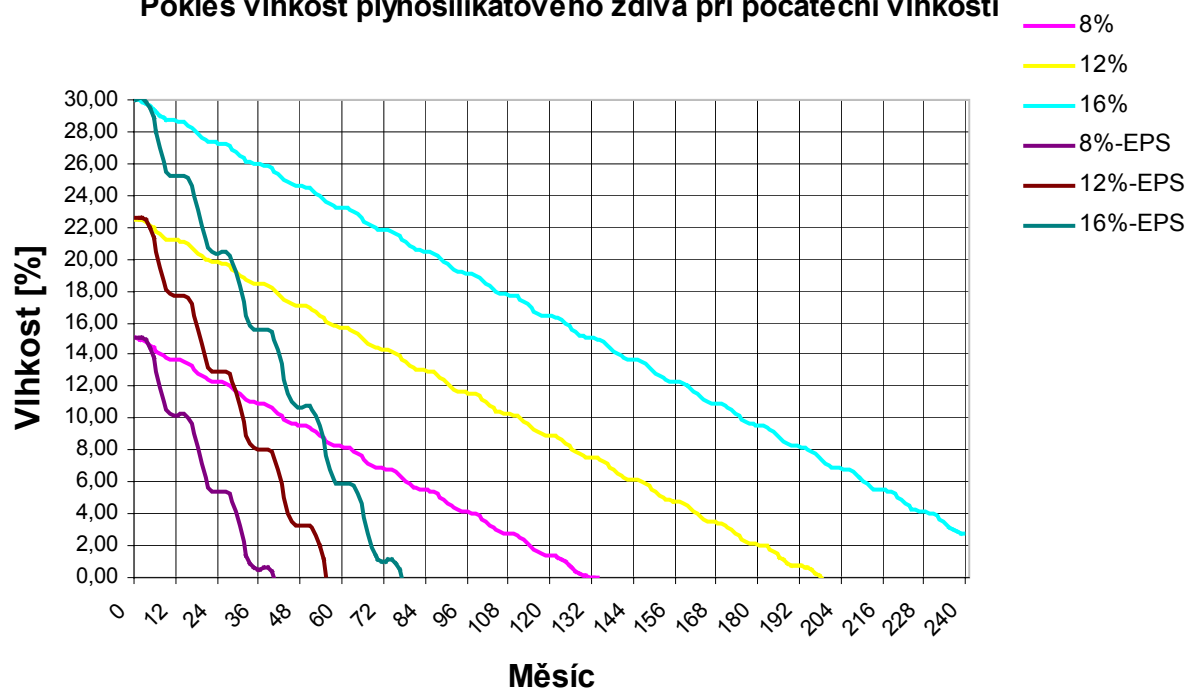
40	10,69	18,19	25,69	0,42	7,92	15,42
41	10,52	18,02	25,52	0,00	7,48	14,98
42	10,33	17,83	25,33		6,81	14,31
43	10,13	17,63	25,13		5,96	13,46
44	9,94	17,44	24,94		4,98	12,48
45	9,79	17,29	24,79		4,07	11,57
46	9,68	17,18	24,68		3,53	11,03
47	9,63	17,13	24,63		3,27	10,77
48	9,60	17,10	24,60		3,21	10,71
49	9,57	17,07	24,57		3,23	10,73
50	9,54	17,04	24,54		3,25	10,75
51	9,47	16,97	24,47		3,24	10,74
52	9,33	16,83	24,33		3,09	10,59
53	9,15	16,65	24,15		2,65	10,15
54	8,96	16,46	23,96		1,98	9,48
55	8,77	16,27	23,77		1,13	8,63
56	8,58	16,08	23,58		0,15	7,65
57	8,43	15,93	23,43			6,74
58	8,32	15,82	23,32			6,20
59	8,26	15,76	23,26			5,94
60	8,23	15,73	23,23			5,88
61	8,20	15,70	23,20			5,90
62	8,17	15,67	23,17			5,92
63	8,10	15,60	23,10			5,91
64	7,96	15,46	22,96			5,76
65	7,79	15,29	22,79			5,32
66	7,60	15,10	22,60			4,65
67	7,40	14,90	22,40			3,80
68	7,21	14,71	22,21			2,82
69	7,06	14,56	22,06			1,91
70	6,95	14,45	21,95			1,37
71	6,90	14,40	21,90			1,11
72	6,87	14,37	21,87			1,05
73	6,84	14,34	21,84			1,07
74	6,81	14,31	21,81			1,09
75	6,74	14,24	21,74			1,08
76	6,60	14,10	21,60			0,93
77	6,42	13,92	21,42			0,48
78	6,24	13,74	21,24			0,00
79	6,04	13,54	21,04			
80	5,85	13,35	20,85			
81	5,70	13,20	20,70			
82	5,59	13,09	20,59			
83	5,53	13,03	20,53			
84	5,50	13,00	20,50			
85	5,47	12,97	20,47			
86	5,44	12,94	20,44			
87	5,37	12,87	20,37			
88	5,23	12,73	20,23			
89	5,06	12,56	20,06			
90	4,87	12,37	19,87			
91	4,67	12,17	19,67			
92	4,48	11,98	19,48			

93	4,33	11,83	19,33			
94	4,23	11,73	19,23			
95	4,17	11,67	19,17			
96	4,14	11,64	19,14			
97	4,11	11,61	19,11			
98	4,08	11,58	19,08			
99	4,01	11,51	19,01			
100	3,87	11,37	18,87			
101	3,69	11,19	18,69			
102	3,51	11,01	18,51			
103	3,31	10,81	18,31			
104	3,12	10,62	18,12			
105	2,97	10,47	17,97			
106	2,86	10,36	17,86			
107	2,80	10,30	17,80			
108	2,78	10,28	17,78			
109	2,75	10,25	17,75			
110	2,71	10,21	17,71			
111	2,64	10,14	17,64			
112	2,51	10,01	17,51			
113	2,33	9,83	17,33			
114	2,14	9,64	17,14			
115	1,94	9,44	16,94			
116	1,75	9,25	16,75			
117	1,60	9,10	16,60			
118	1,50	9,00	16,50			
119	1,44	8,94	16,44			
120	1,41	8,91	16,41			
121	1,38	8,88	16,38			
122	1,35	8,85	16,35			
123	1,28	8,78	16,28			
124	1,14	8,64	16,14			
125	0,97	8,47	15,97			
126	0,78	8,28	15,78			
127	0,58	8,08	15,58			
128	0,39	7,89	15,39			
129	0,24	7,74	15,24			
130	0,13	7,63	15,13			
131	0,07	7,57	15,07			
132	0,05	7,55	15,05			
133	0,02	7,52	15,02			
134	0,00	7,49	14,99			
135		7,41	14,91			
136		7,28	14,78			
137		7,10	14,60			
138		6,91	14,41			
139		6,72	14,22			
140		6,53	14,03			
141		6,38	13,88			
142		6,27	13,77			
143		6,21	13,71			
144		6,18	13,68			
145		6,15	13,65			

146		6,12	13,62			
147		6,05	13,55			
148		5,91	13,41			
149		5,74	13,24			
150		5,55	13,05			
151		5,35	12,85			
152		5,16	12,66			
153		5,01	12,51			
154		4,90	12,40			
155		4,85	12,35			
156		4,82	12,32			
157		4,79	12,29			
158		4,76	12,26			
159		4,69	12,19			
160		4,55	12,05			
161		4,37	11,87			
162		4,18	11,68			
163		3,99	11,49			
164		3,80	11,30			
165		3,65	11,15			
166		3,54	11,04			
167		3,48	10,98			
168		3,45	10,95			
169		3,42	10,92			
170		3,39	10,89			
171		3,32	10,82			
172		3,18	10,68			
173		3,01	10,51			
174		2,82	10,32			
175		2,62	10,12			
176		2,43	9,93			
177		2,28	9,78			
178		2,17	9,67			
179		2,12	9,62			
180		2,09	9,59			
181		2,06	9,56			
182		2,03	9,53			
183		1,96	9,46			
184		1,82	9,32			
185		1,64	9,14			
186		1,46	8,96			
187		1,26	8,76			
188		1,07	8,57			
189		0,92	8,42			
190		0,81	8,31			
191		0,75	8,25			
192		0,72	8,22			
193		0,70	8,20			
194		0,66	8,16			
195		0,59	8,09			
196		0,45	7,95			
197		0,28	7,78			
198		0,09	7,59			

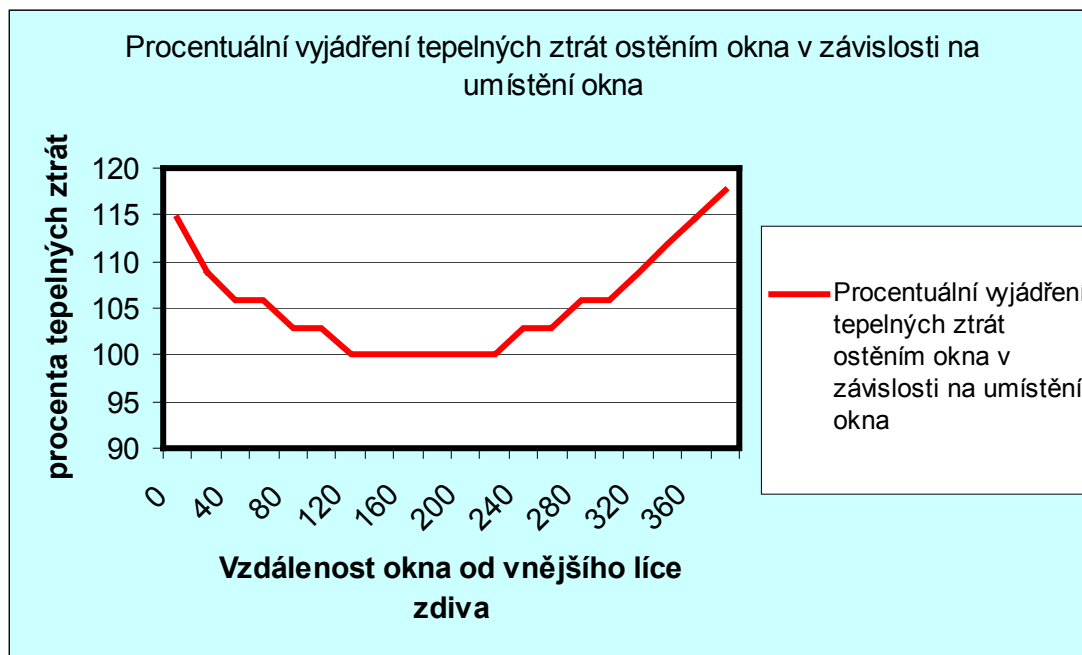
199		0,00	7,39			
200			7,20			
201			7,05			
202			6,95			
203			6,89			
204			6,86			
205			6,83			
206			6,80			
207			6,73			
208			6,59			
209			6,41			
210			6,23			
211			6,03			
212			5,84			
213			5,69			
214			5,58			
215			5,52			
216			5,50			
217			5,47			
218			5,44			
219			5,36			
220			5,23			
221			5,05			
222			4,86			
223			4,67			
224			4,47			
225			4,33			
226			4,22			
227			4,16			
228			4,13			
229			4,10			
230			4,07			
231			4,00			
232			3,86			
233			3,69			
234			3,50			
235			3,30			
236			3,11			
237			2,96			
238			2,85			
239			2,80			
240			2,77			

Pokles vlhkost plynosilikátového zdiva při počáteční vlhkosti



Příloha 17

graf závislosti povrchových teplot a tepelných ztrát na poloze okna



Příloha 18

Součinitele tepelné vodivosti λ některých materiálů

Název materiálu	sbjmová hmotnost	součinitele tepelné vodivosti	
		λ_k	λ_p
	ρ kg/m ³	W/(m.K)	W/(m.K)
Agloporitbeton 1	1350	0,6	0,69
Agloporitbeton 2	1750	1,1	1,2
Agloporitbeton 3	1850	1,29	1,42
Azbestocement	1800	0,41	0,45
Beton hutný 1	2100	1,05	1,23
Beton hutný 2	2200	1,1	1,3
Beton hutný 3	2300	1,16	1,36
Bronz	8800	70	70
Břidlice	2800	1,7	1,7
Čedič	3200	2,9	2,9
Desky CETRIS	1300		0,24
Dlažba keramická	2000	0,95	1,01
Dřevo měkké (tok kolmo k vláknům)	400	0,15	0,18
Dřevo měkké (tok rovnoběžně s vlákny)	400	0,35	0,41
Dřevo tvrdé (tok kolmo k vláknům)	600	0,18	0,22
Dřevo tvrdé (tok rovnoběžně s vlákny)	600	0,42	0,49
Dřevotříska	800	0,1	0,11
Dural	2810		165
Guma	1200		0,17
Hebel P2-500	500		0,15
Hebel P4-600	600		0,18
Hlína suchá	1600	0,45	0,7
Hliník	2700	204	204
Keramzit 1	400	0,12	0,13
Keramzit 2	700	0,17	0,18
Keramzit 3	1000	0,22	0,24
Keramzitbeton 1	700	0,23	0,28
Keramzitbeton 2	1100	0,5	0,56
Keramzitbeton 3	1700	1,25	1,3
Koberec	160	0,05	0,065
Korková drť	45	0,035	0,04
Křemelina	600	0,15	0,19
Liapor SL + malta Hasit 121 (365/2500)	500		0,1
Liatherm + malta Hasit 121 (365/2/650)	650		0,14
Liatherm + teplá malta	700		0,168
Liatherm + váp. malta	750		0,204
Liatherm + vápcem.malta	720		0,175
Lignopor 5+40+5	500		0,047
Lignopor 5+45	400		0,044

Lisovaná min. plst' 1	150	0,089	0,095
Lisovaná min. plst' 2	350	0,052	0,054
Lisovaná min. plst' 3	500	0,078	0,088
Litina	7500		50
Měď	8800	372	372
Minerální plst' 1	100	0,044	0,056
Minerální plst' 2	200	0,048	0,064
Minerální plst' 3	300	0,058	0,079
Minerální vata při 20 °C			0,035
Mramor	2800	3,5	3,5
NLM 1 - škvárobeton.tvárnice	1100	0,47	0,56
Omítka perlitová 1	250	0,095	0,1
Omítka perlitová 2	400	0,11	0,12
Omítka perlitová 3	500	0,16	0,18
Omítka vápenná	1600	0,7	0,87
Omítka vápenocementová	2000	0,88	0,99
OSB desky	650		0,13
Papír			0,12
Pěnové sklo - desky	140	0,06	0,06
Perlitbeton 1	300	0,085	0,09
Perlitbeton 2	450	0,12	0,13
Perlitbeton 3	600	0,15	0,16
Písek	1750	0,55	0,95
Pískovec	2400	1,4	1,4
Plynosilikát 1	480	0,16	0,18
Plynosilikát 2	580	0,18	0,2
Plynosilikát 3	680	0,2	0,23
Polystyren EPS 50 Z (1)	12		0,043
Polystyren EPS 70 S Stabil (1)	15		0,04
Polystyren EPS 70 Z (1)	15		0,04
Polystyren EPS F Fasádní (1)	15		0,039
Polystyren EPS P Perimeter (1)	30		0,035
Polyuretan měkký	35	0,043	0,048
Překližka 1	300		0,09
Překližka 2	500		0,13
Překližka 3	1000		0,24
Půda písčitá vlhká	2000	2,3	2,3
Rockwool Airrock	100		0,041
Rockwool Dachrock 1	175		0,042
Rockwool Durock	100		0,04
Rockwool Fasrock 1	100		0,042
Rockwool Flexirock	50		0,04
Rockwool Hardrock II	165		0,04
Rockwool INROCK s	96		0,037
Rockwool Prefrock	100		0,044
Rockwool RAF-SE	50		0,04
Rockwool RFP-L 035	50		0,038
Rockwool RFP-L 040	35		0,04
Rockwool Rohož RB	30		0,04
Rockwool Roofrock	140		0,04
Rockwool RPF-100	100		0,04

Rockwool RPF-50	50		0,04
Rockwool RP-III	35		0,04
Rockwool RP-PL	90		0,045
Rockwool RP-PL 040	80		0,04
Rockwool RP-PT	170		0,04
Rockwool RP-PT 035	90		0,035
Rockwool RP-TW	30		0,04
Rockwool RT	100		0,035
Rockwool Speedrock	100		0,044
Rockwool Steprock L	100		0,042
Rockwool Steprock T	100		0,04
Rockwool Supermatte	35		0,04
Rockwool Tectorock 035	100		0,038
Rockwool Tectorock 040	100		0,04
Sádrokarton	750	0,15	0,22
Sklo stavební	2600	0,76	0,76
Supertherm 11.5 P+D	1000		0,52
Supertherm 17.5 P+D	1000		0,58
Supertherm 19 Tým P+D	1050		0,54
Supertherm 24 P+D	1000		0,48
Supertherm 30 P+D	900		0,26
Supertherm 36.5 P+D na teplou maltu	800		0,142
Supertherm 38 P+D na teplou maltu	800		0,144
Supertherm 40 P+D na teplou maltu	800		0,143
Supertherm 44 P+D na teplou maltu	800		0,144
Supertherm 49 P+D na teplou maltu	800		0,144
Škvára	750	0,21	0,27
Škvárobeton 1	1000	0,47	0,52
Škvárobeton 2	1500	0,67	0,74
Škvárobeton 3	2000	0,91	1,01
Třískocementové desky 1 (Heraklit)	300	0,1	0,11
Třískocementové desky 2 (Heraklit)	600	0,16	0,19
Třískocementové desky 3 (Heraklit)	1200	0,26	0,35
Umělý kámen	1750		1,3
Vápenec měkký	1800		1,1
Vápenec polotvrdý	2000		1,4
Vápenec tvrdý	2200		1,7
Vápenec velmi tvrdý	2600		2,3
Vápenopískové cihly	1800		0,86
vzduch. dutina 5 mm	1,2	0	0,045
vzduch. dutina 10 mm	1,2	0	0,067
vzduch. dutina 15 mm	1,2	0	0,094
vzduch. dutina 25 mm	1,2	0	0,147
vzduch. dutina 50 mm	1,2	0	0,294
vzduch. dutina 100 mm	1,2	0	0,588
vzduch. dutina 300 mm	1,2	0	1,765
Ytong omítka vnější	800		0,19
Ytong omítka vnitřní	1000		0,35
Ytong P2-400	400		0,12
Ytong P2-500	500		0,15
Ytong P3-550 (580)	550		0,17

Ytong P4-600	600		0,2
Zdivo CD 32-tl. 240-v. 140 mm	1450	0,7	0,88
Zdivo CD 36-tl. 240-v. 140 mm	1250	0,65	0,69
Zdivo CD 36-tl. 360-v. 140 mm	1250	0,49	0,58
Zdivo CD IVA-A+CD IVA-B	1100	0,32	0,35
Zdivo CD IVA-C + CD IVA-B	1100	0,38	0,31
Zdivo CD-INA A tl. 365 mm	1000	0,32	0,34
Zdivo CD-INA L tl. 365 mm	1150	0,34	0,37
Zdivo CDm tl. 115 mm 2	1500	0,67	0,7
Zdivo CDm tl. 1150 mm 1	1400	0,6	0,65
Zdivo CDm tl. 240 mm 1	1350	0,51	0,71
Zdivo CDm tl. 240 mm 2	1550	0,55	0,69
Zdivo CDm tl. 375 mm 1	1450	0,52	0,69
Zdivo CDm tl. 375 mm 2	1550	0,57	0,73
Zdivo CD-TYN I tl. 190 mm	1300	0,58	0,64
Zdivo CD-TYN I tl. 290 mm	1300	0,48	0,53
Zdivo CD-TYN tl. 365 mm	1000	0,32	0,36
Zdivo CP 1	1700	0,73	0,8
Zdivo CP 2	1800	0,77	0,86
Zdivo Pk-CD tl. 140 mm	800	0,49	0,5
Zdivo Pk-CD tl. 290 mm	800	0,55	0,58
Železo	7850	58	58
Železobeton 1	2300	1,22	1,43
Železobeton 2	2400	1,34	1,58
Železobeton 3	2500	1,48	1,74
Žula	2500	3,1	3,1

Příloha 19

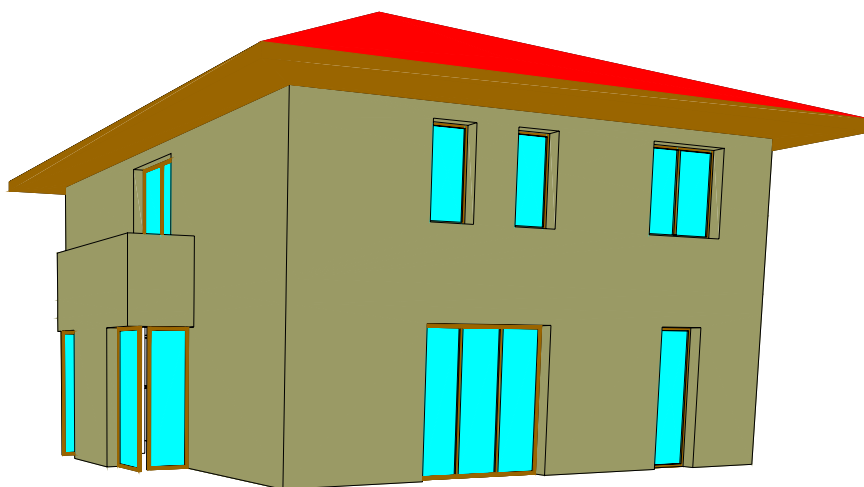
Bilance kondenzace vodní páry ve stěně při různých skladbách stěn

Důležité jsou zejména parametry vnější povrchové omítky. U zateplovacích systémů bylo uvažováno s omítkou Terranova s difuzním faktorem $\mu = 11$.

popis stěny z interiéru	roční množství vodní páry [kg/m ² ,a]	
	zkondenzované G_k	vypařené G_v
vápenná omítka 15 mm, zdivo Supertherm 44 P+D 440 mm, omítka vápennocementová 15 mm	0,050	4,373
vápenná omítka 15 mm, zdivo Supertherm 44 P+D 440 mm, pěnový polystyrén 50 mm, stěrková omítka 8 mm	0,049	1.657
vápenná omítka 15 mm, zdivo Supertherm 44 P+D 440 mm, pěnový polystyrén 100 mm, stěrková omítka 8 mm	0,025	1.249
vápenná omítka 15 mm, zdivo Supertherm 44 P+D 440 mm, pěnový polystyrén 160 mm, stěrková omítka 8 mm	0,013	0.957
vápenná omítka 15 mm, zdivo Supertherm 44 P+D 440 mm, minerální vata 50 až 160 mm, stěrková omítka 8 mm	nedochází ke kondenzaci	
omítka Ytong 4 mm, Hebel 375 mm, omítka Ytong 4 mm	0,243	1.893
omítka Ytong 4 mm, Hebel 375 mm, pěnový polystyrén 50 mm, stěrková omítka 8 mm	0,048	1.892
omítka Ytong 4 mm, Hebel 375 mm, pěnový polystyrén 100 mm, stěrková omítka 8 mm	0,023	1.373
omítka Ytong 4 mm, Hebel 375 mm, pěnový polystyrén 160 mm, stěrková omítka 8 mm	0,011	1.056
omítka Ytong 4 mm, Hebel 375 mm, minerální vlna 50 mm, stěrková omítka 8 mm	nedochází ke kondenzaci	

Obrázek 1

Ilustrativní obrázek počítaného domu

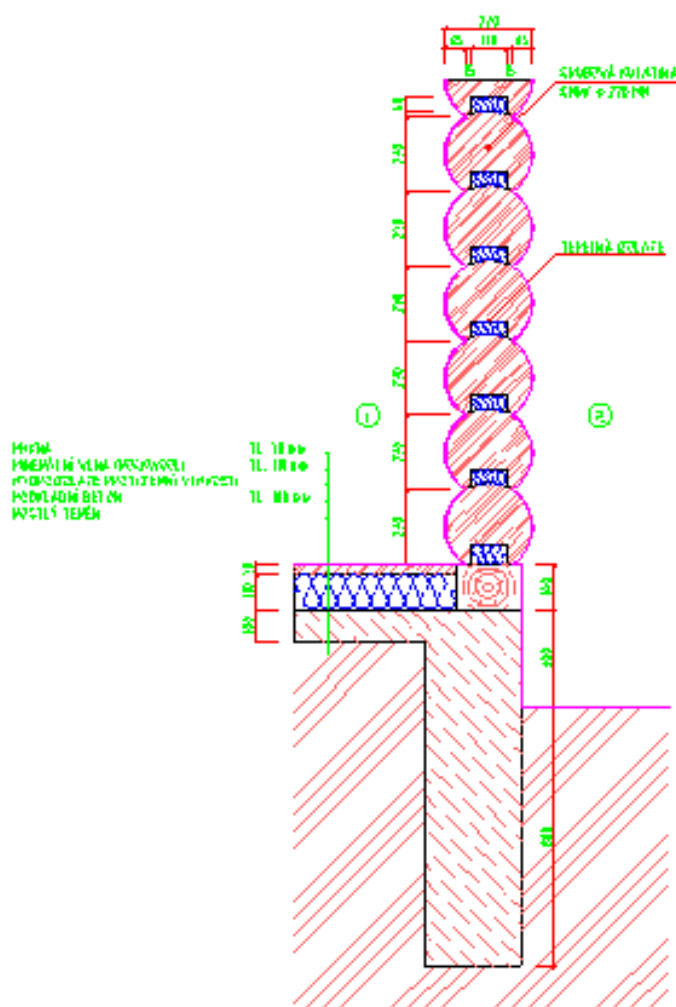


Obrázek 2
Novostavba rodinného domu

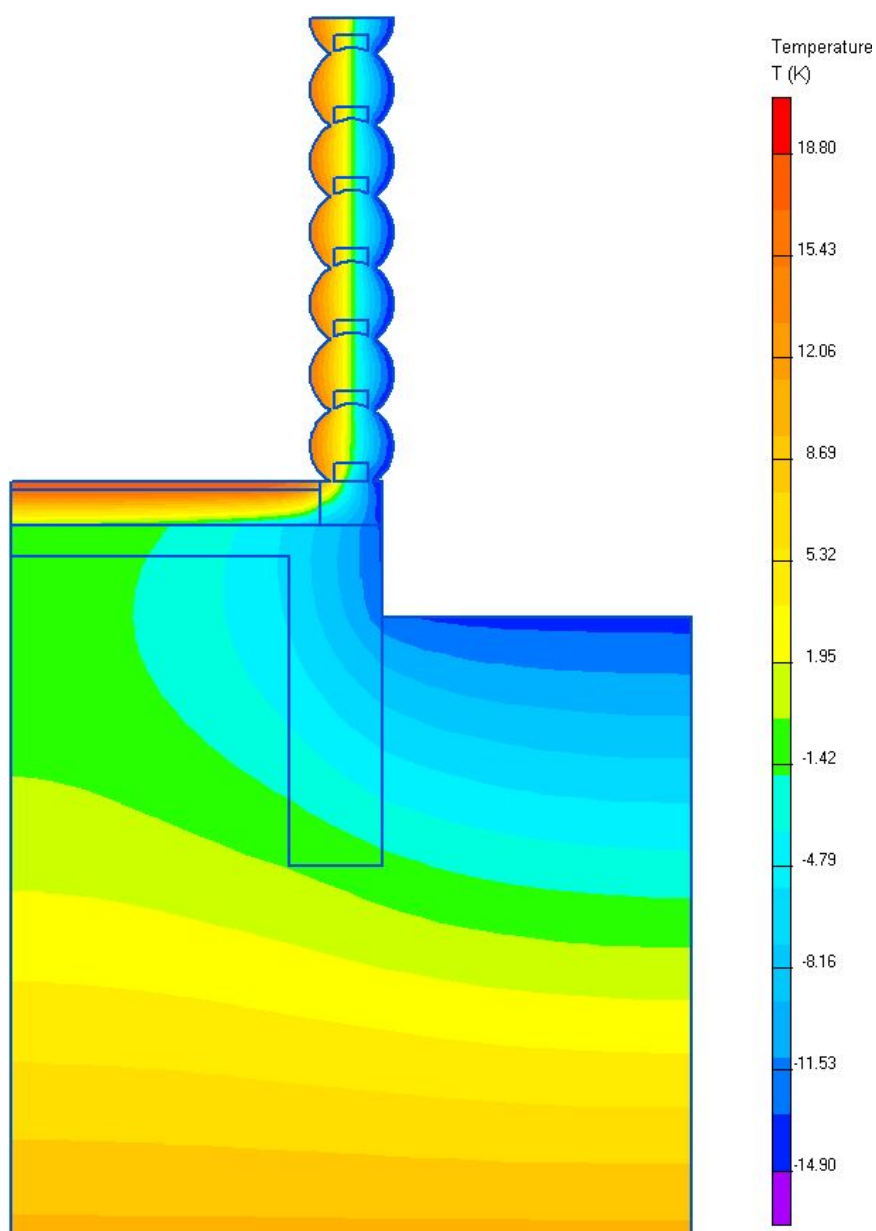


Obrázek 3

Srubová stěna včetně základu

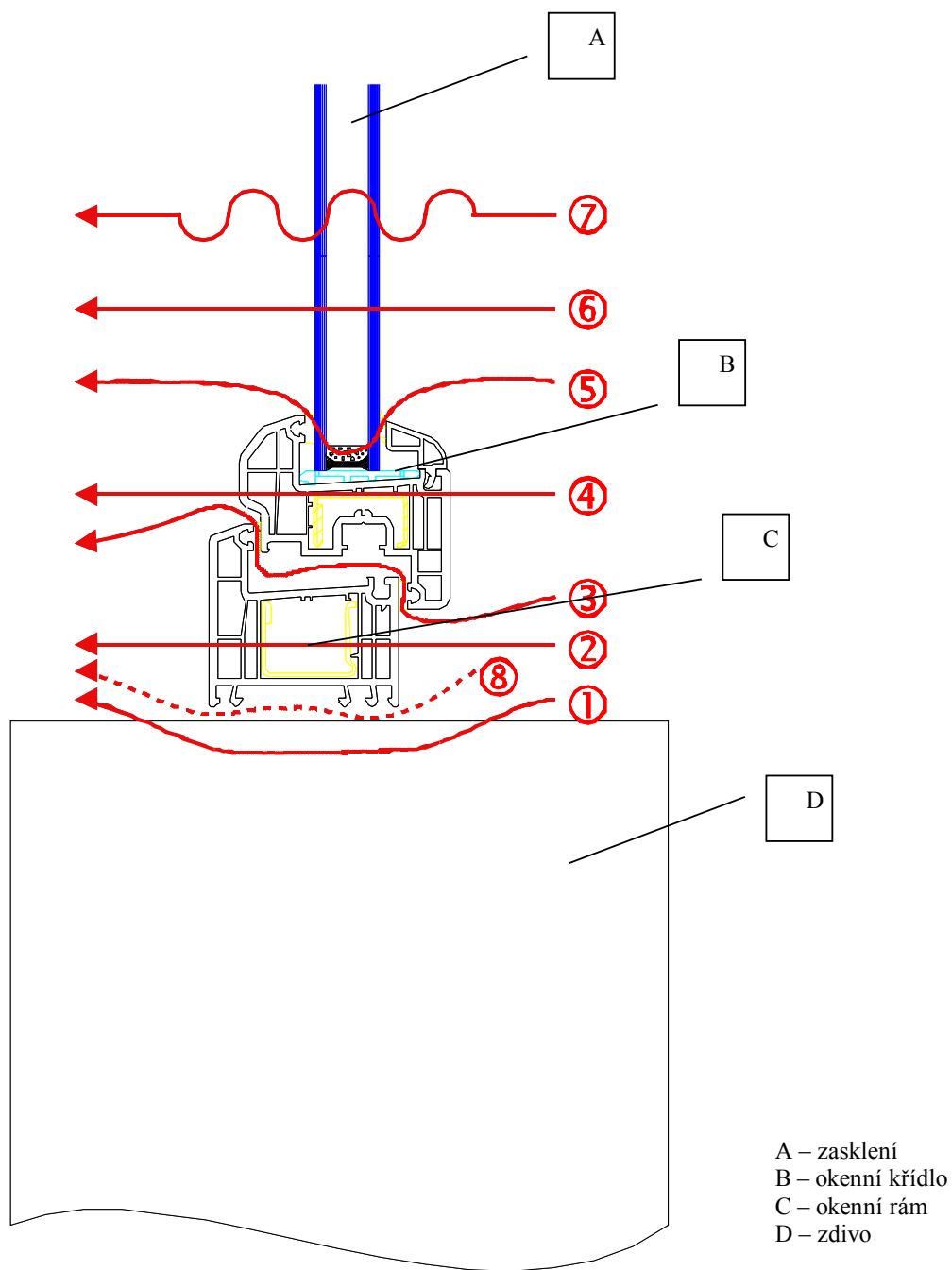


Obrázek 4
Průběh teplot ve srubové stěně



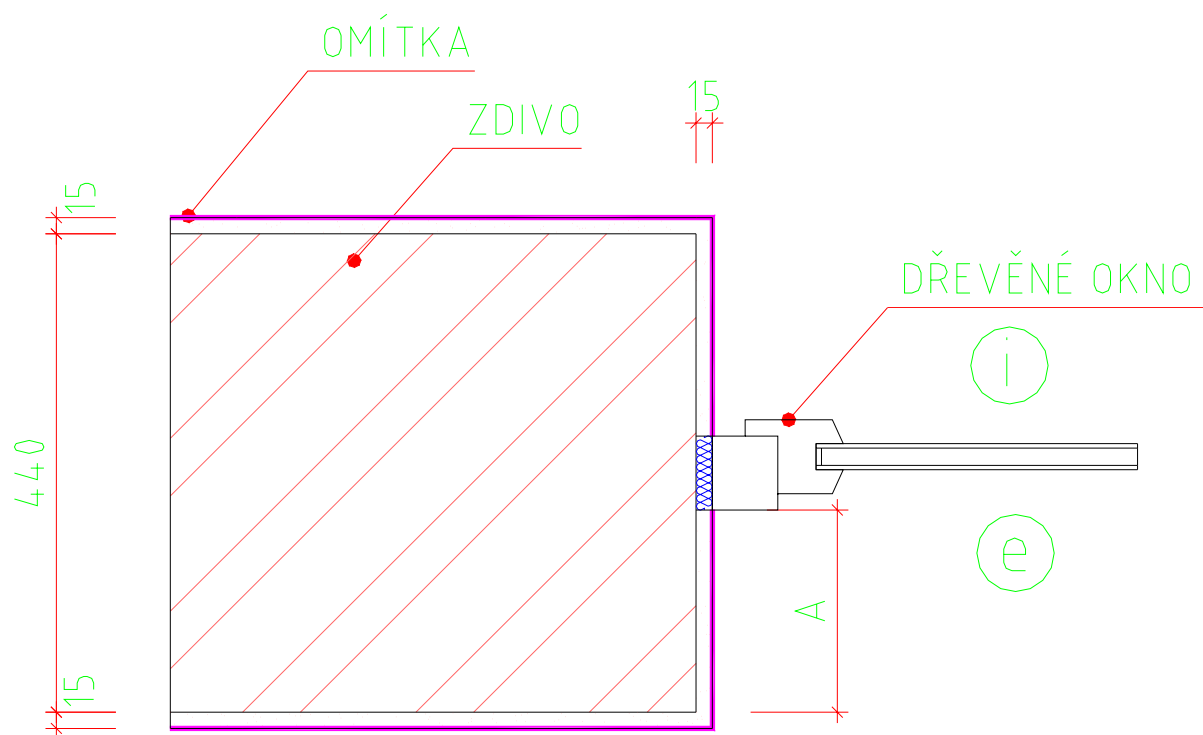
Obrázek 5

Schéma tepelných ztrát oknem u pěti komorového okna



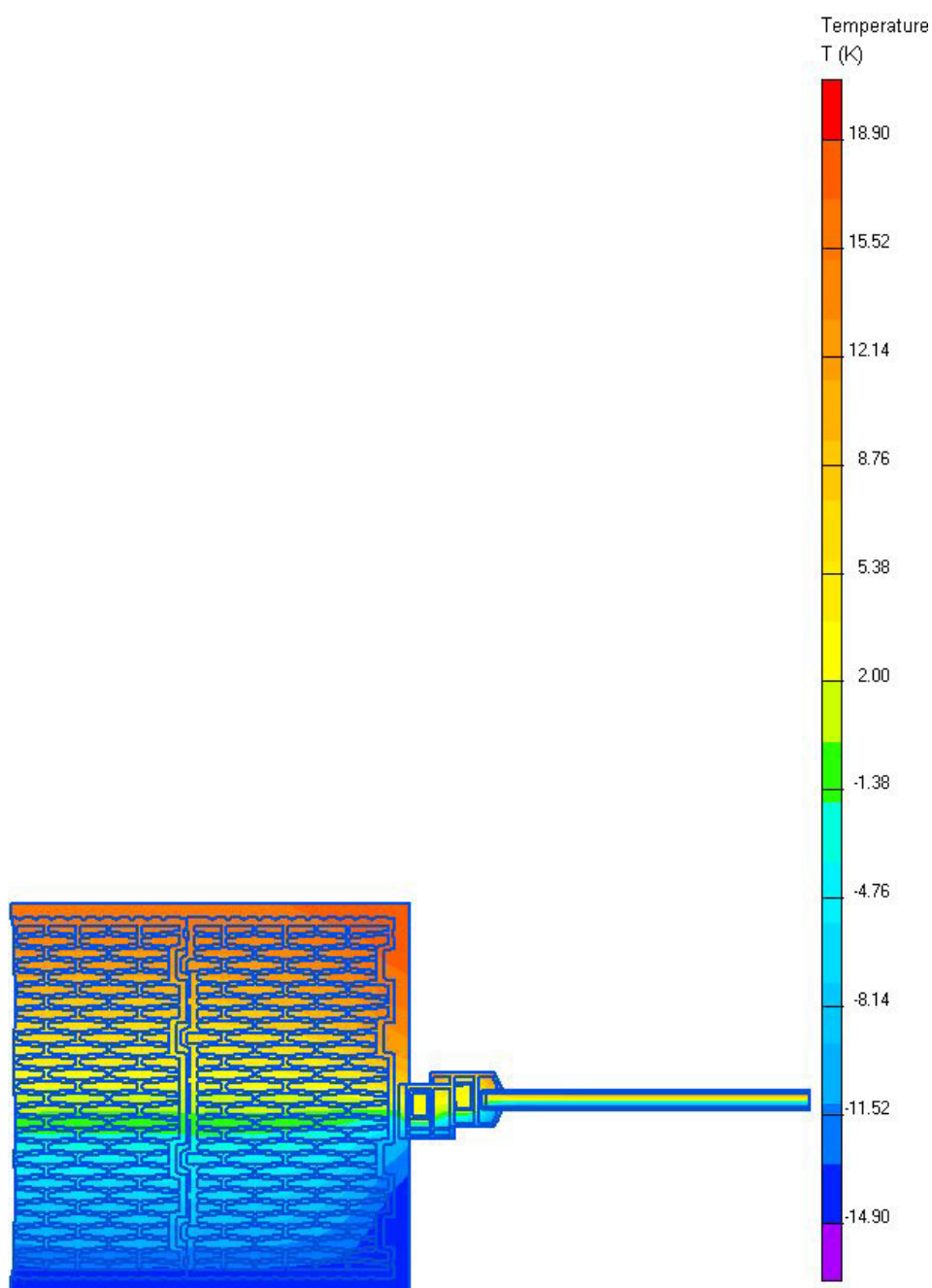
- 1 – únik tepla tepelnou vazbou (tepelným mostem) ostěním okna
- 2 – únik tepla prostupem skrz okenní rám
- 3 – únik tepla infiltrací mezi okenním rámem a okenním křídlem
- 4 – únik tepla prostupem skrz okenní křídlo
- 5 – únik tepla tepelným mostem distančním rámečkem mezi skly
- 6 – únik tepla prostupem skrz zasklení
- 7 – únik tepla radiací skrz zasklení
- 8 – únik tepla infiltrací mezi ostěním a okenním rámem

Obrázek 6
Schéma osazení okna ve stěně



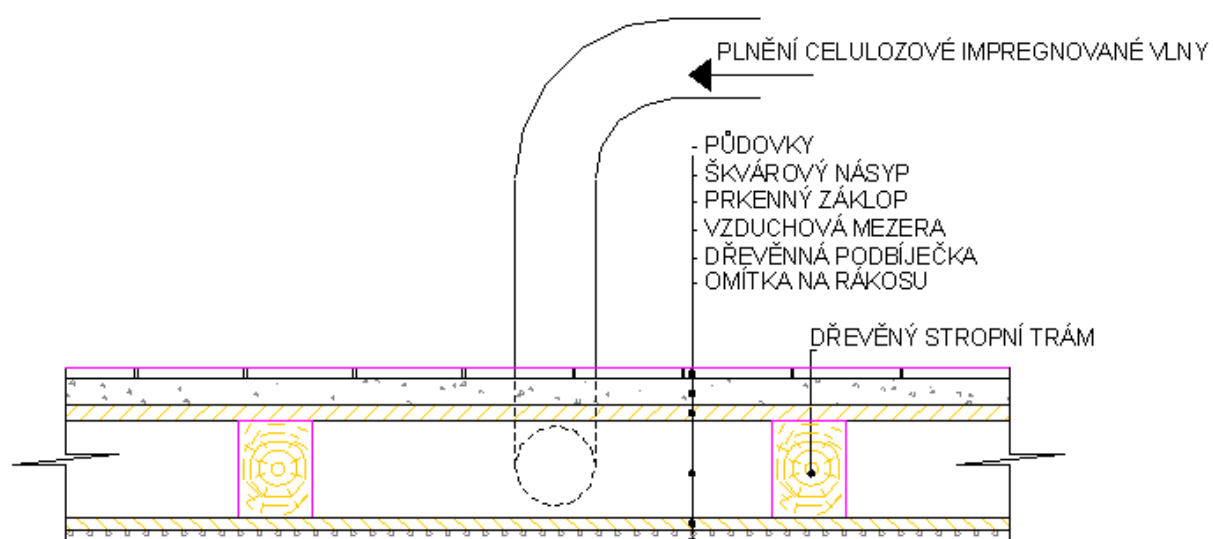
Obrázek 7

Průběh teplot v místě osazení okna do zdiva



Obrázek 8

Schéma zateplení posledního dřevěného trámového stropu pod půdou Climatizérem plus - nutno nakreslit strop - omítka, rákos, podbití, foukaný Climatizér s hadicí, záklop, násyp 3 cm, půdovky



Obrázek 9

**Fotografie ukotvení tepelné izolace a opláštění u odvětrávané
fasády**



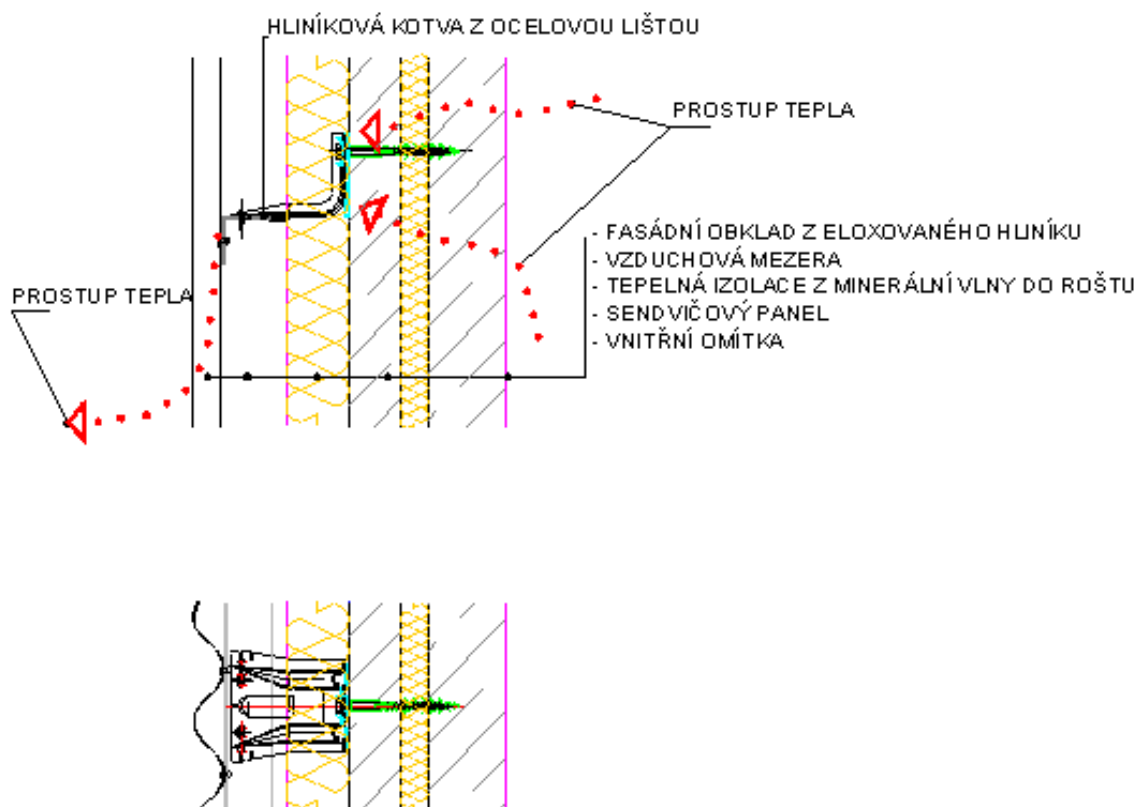
Obrázek 10

**Ukázka panelového domu zatepleného minerální vlnou
a plechovými lamelami**



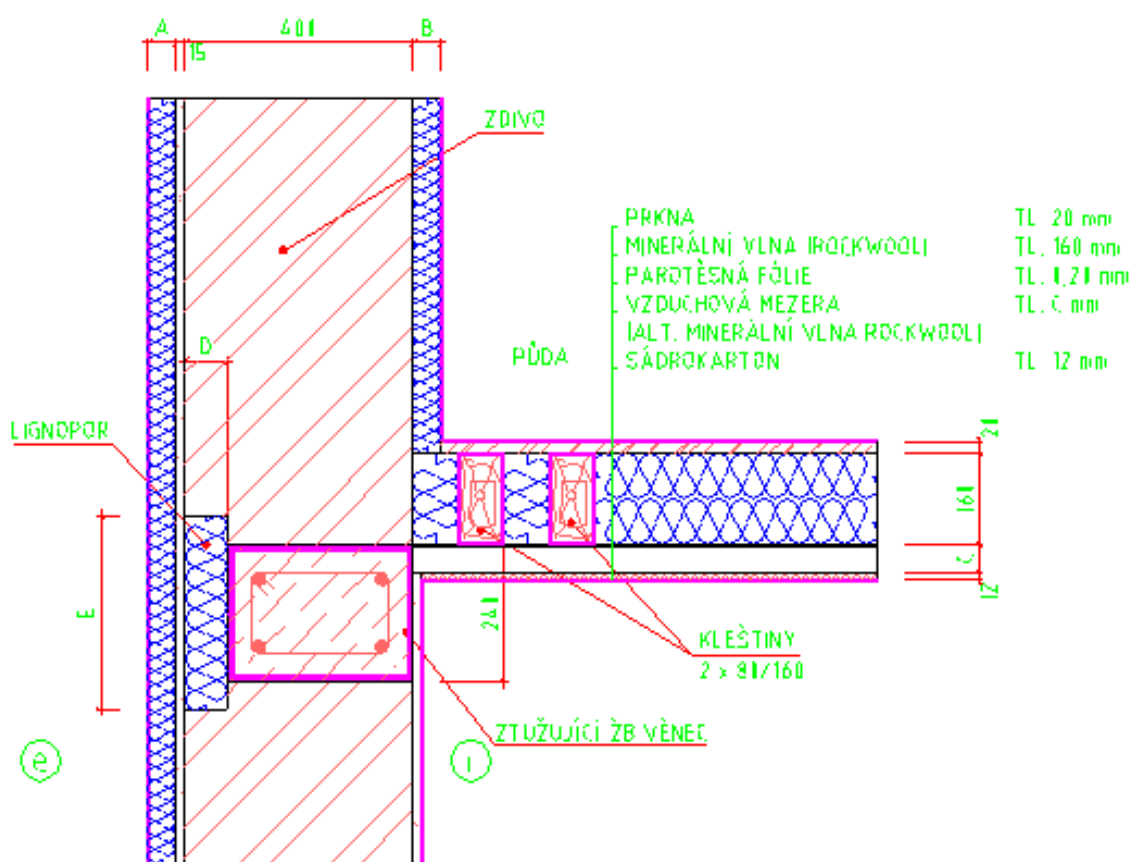
Obrázek 11

Ukázka principu vedení tepla u zateplení minerální vlnou a plechovými lamelami



Obrázek 12

Schéma detailu napojení štitové stěny na tepelnou izolaci v úrovni stropu podkrovní

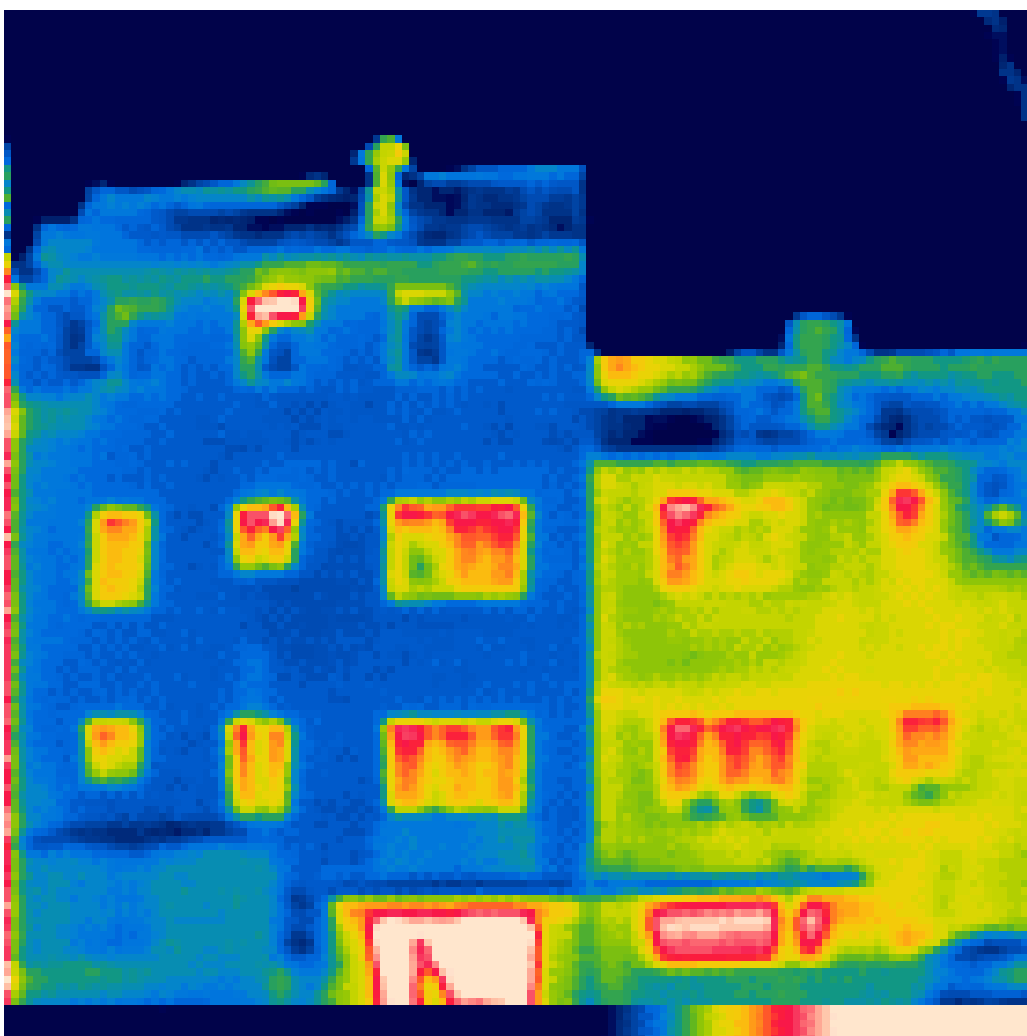


Obrázek 13
Termogram rodinného domu



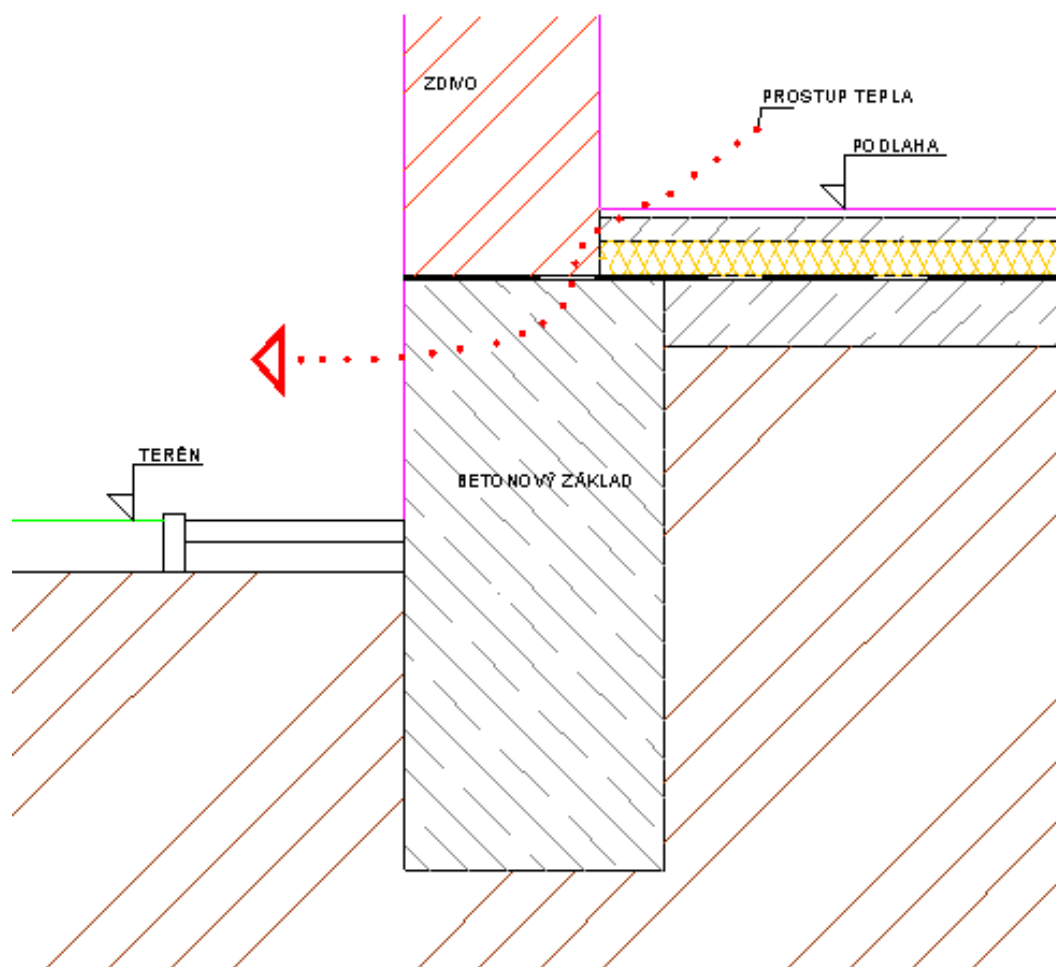
Obrázek 14

Termogram rodinného dvojdomku, kde na levé části byla provedena nástavba a byla zateplena. Na pravé části jsou patrné větší úniky tepla.



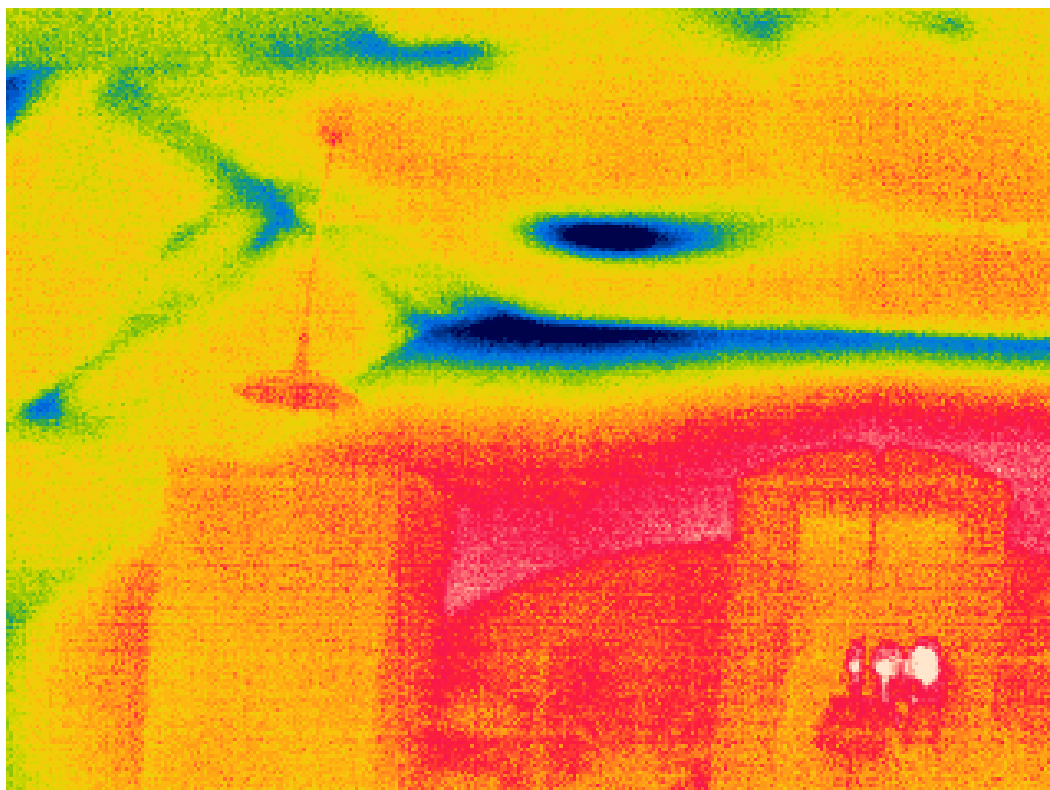
Obrázek 15

Schéma tepelného mostu u základu



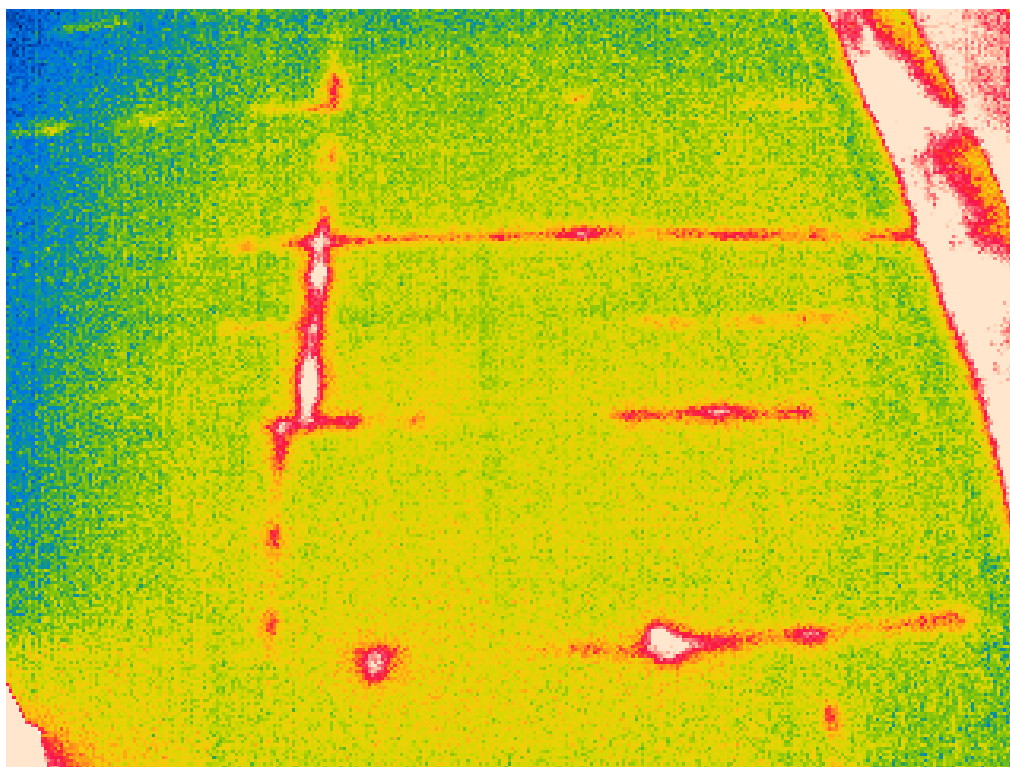
Obrázek 16

Termogram tepelných mostů v podkroví



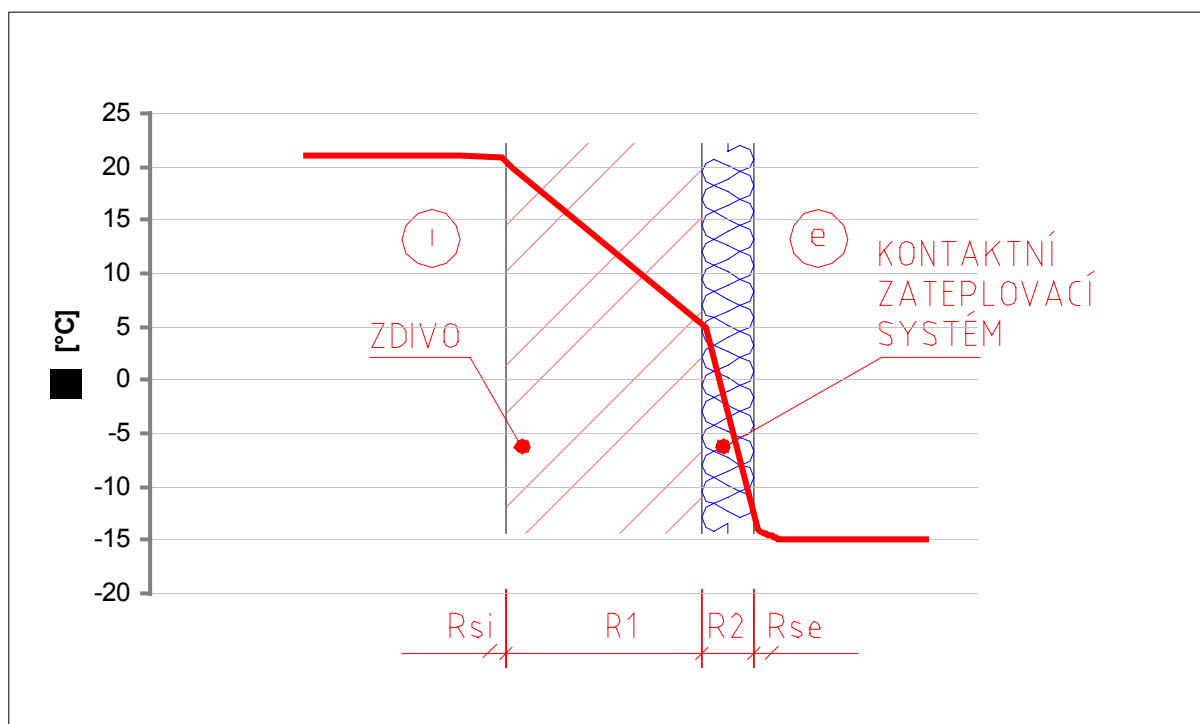
Obrázek 17

Termogram střechy zateplené pěnovým polystyrénem, který byl sežehnut plamenem.



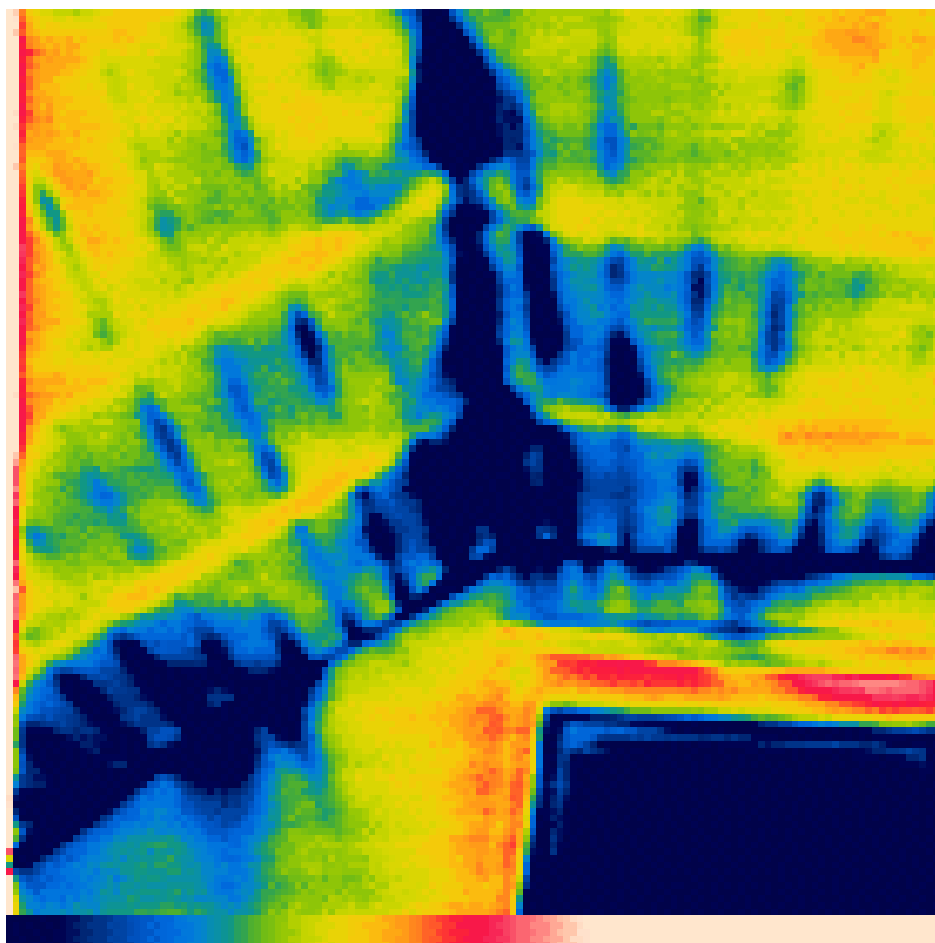
Obrázek 18

**průběh teplot ve zdivu se zateplením v ustáleném teplotním stavu a
s vyznačením jednotlivých tepelných odporů**



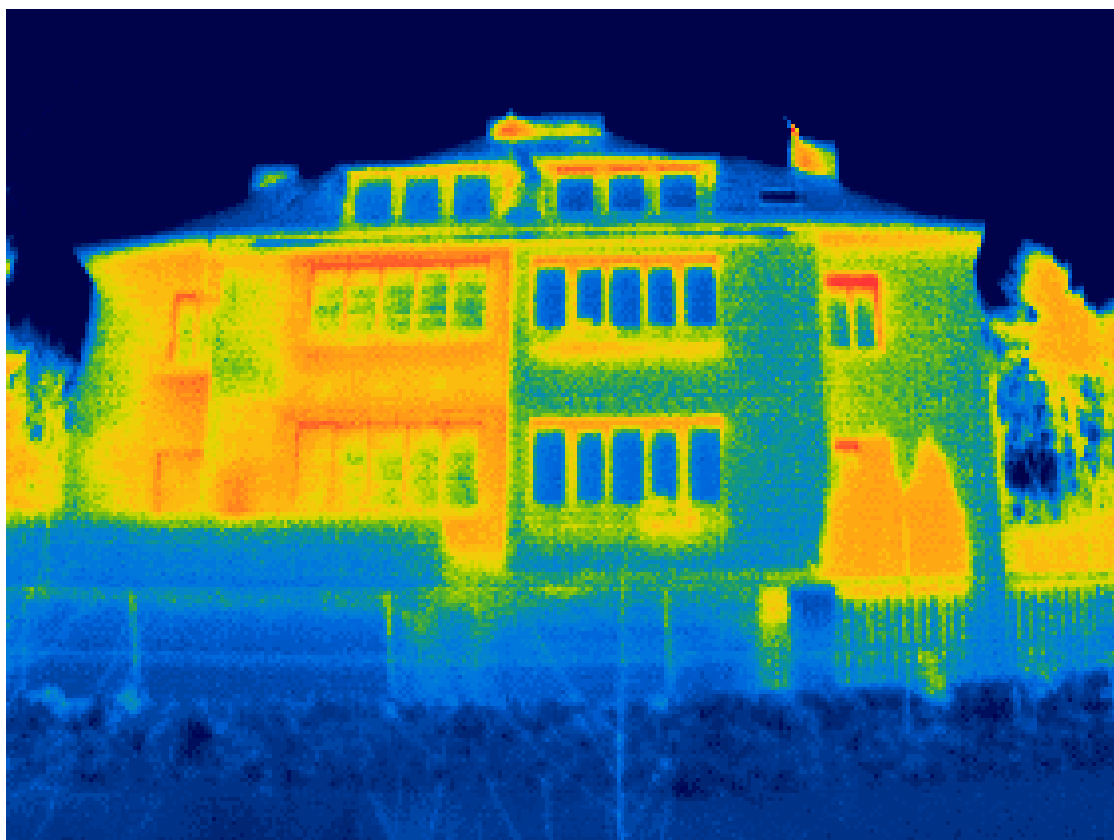
Obrázek 19

**Termogram podkroví, na kterém je patrná nosná část
sádrokartonu a krovu.**



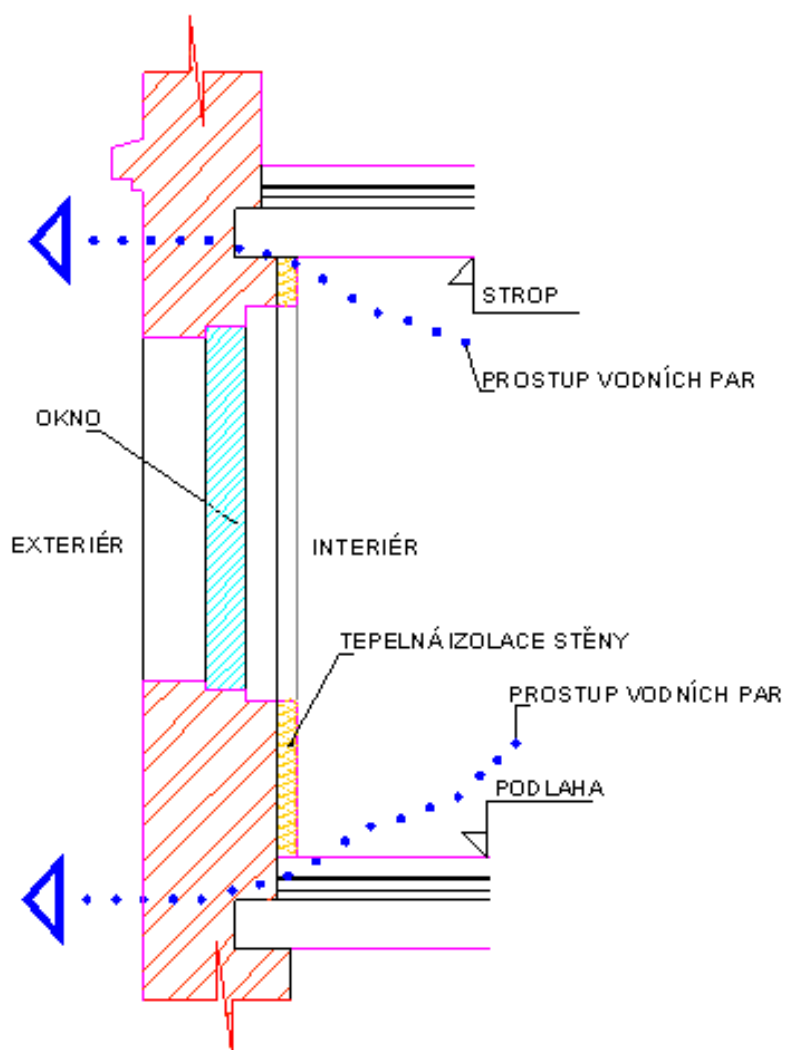
Obrázek 20

Termogram dvojdomu; pravá polovina domu je zateplena systémem Rockwool, levá polovina je nezateplena.



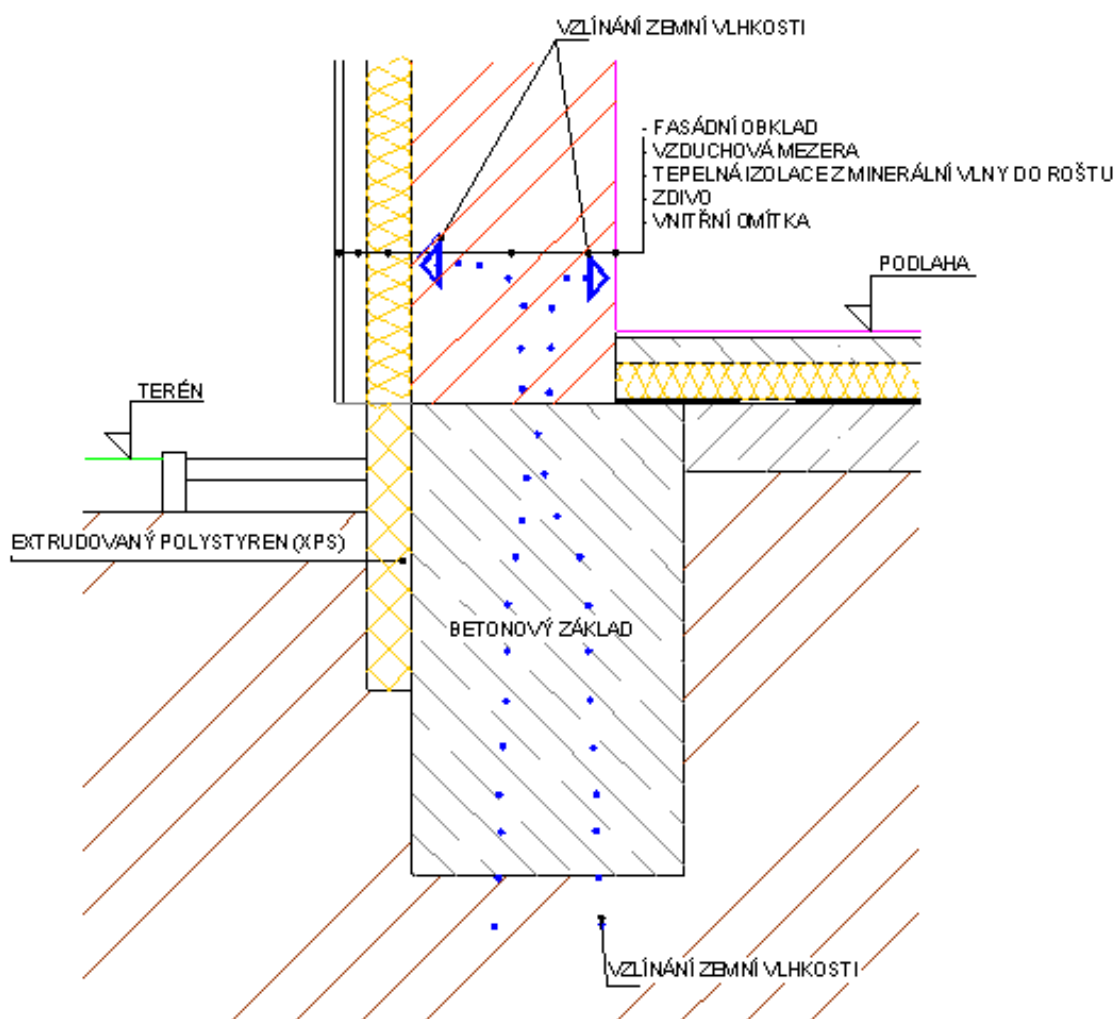
Obrázek 21

**Řez oknem a ukázka místa pronikání vlhkosti konstrukcí
při zateplení z interiéru**



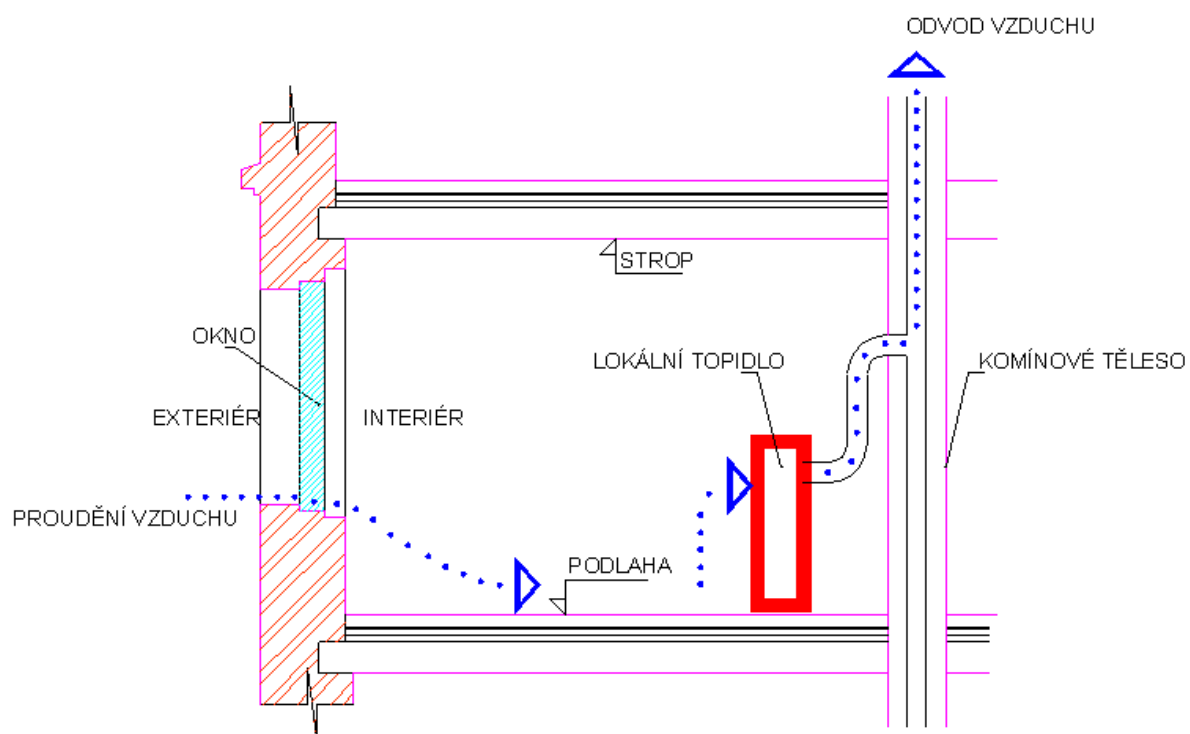
Obrázek 22

Řez zateplovanou stěnou u základu



Obrázek 23

Schéma větrání při vytápění lokálními palivy

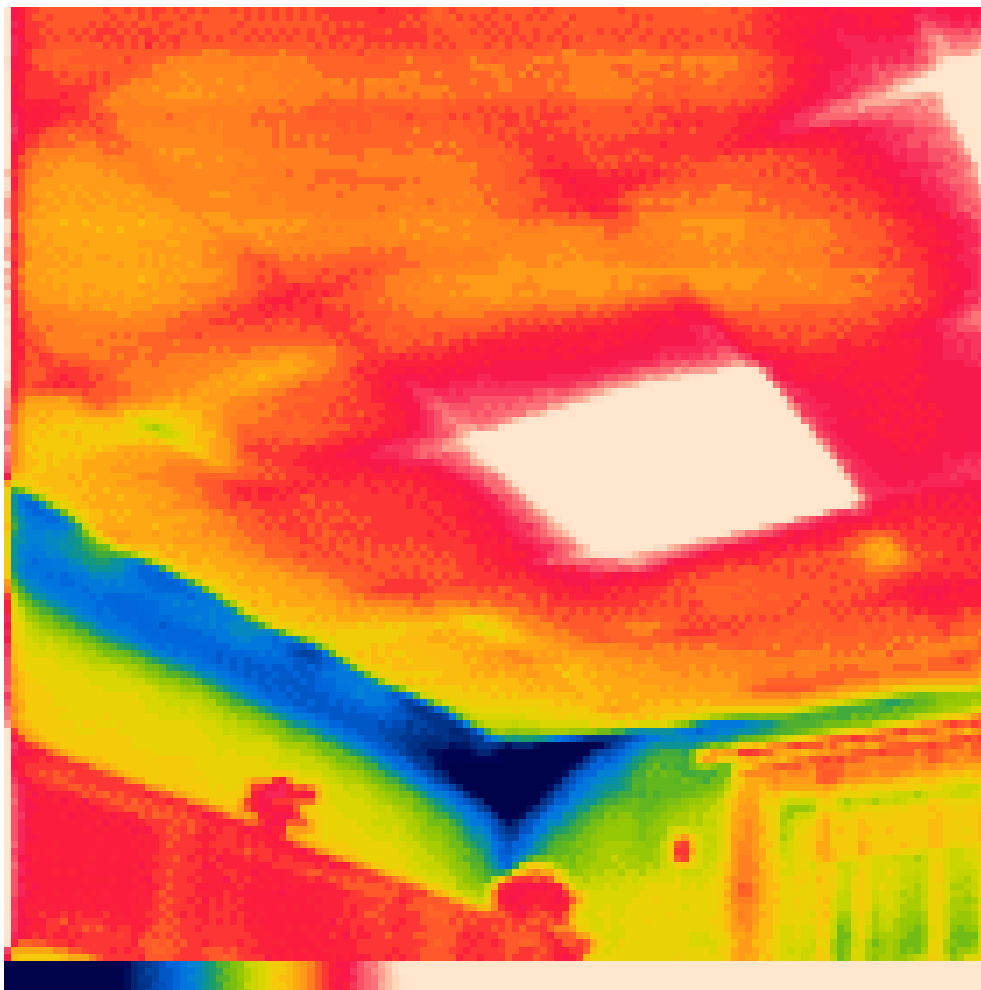


Obrázek 24
Podhled v Lehkého stropu



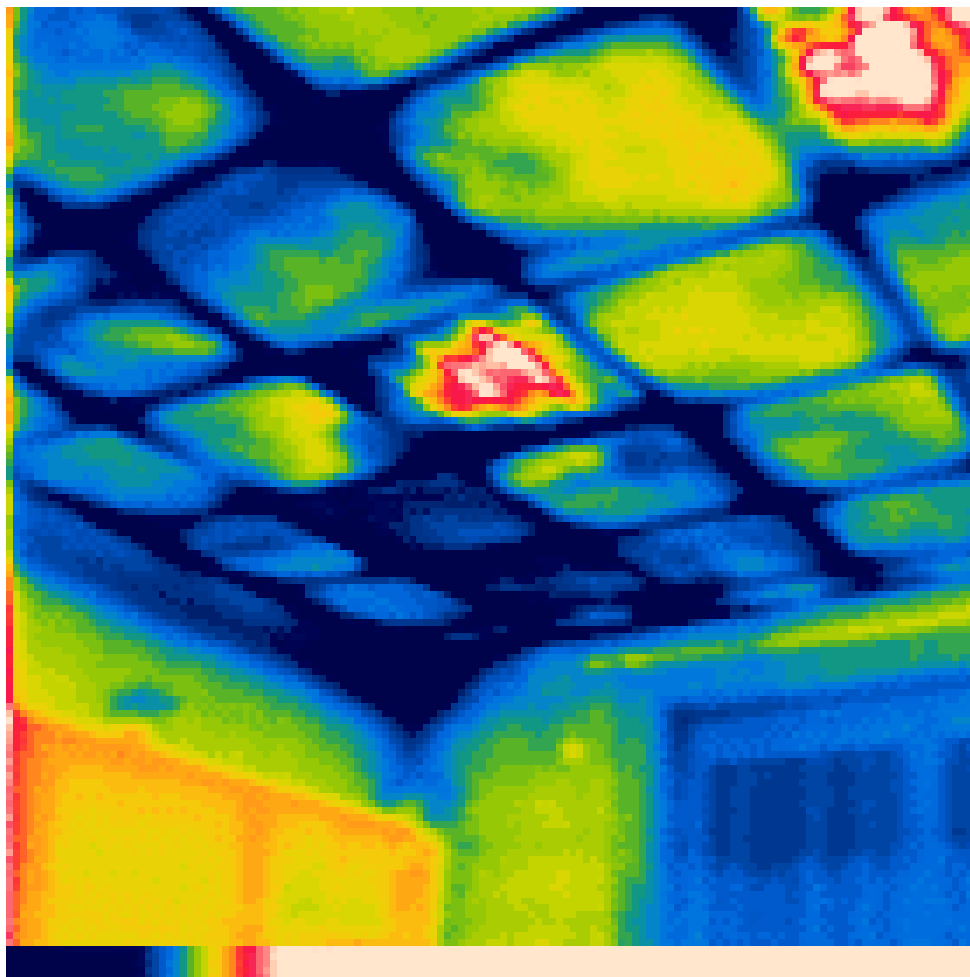
Obrázek 25

Termogram Lehkého stropu bez vyvolání podtlaku



Obrázek 26

Termogram Lehkého stropu s vyvoláním podtlaku



Obrázek 27
Termogram Vestavby podkroví

