

# UCELENÝ PŘEHLED PŘÍRODNÍCH STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ\_2007

BRNO, SRPEN 2007

## 1. Úvod

- životní prostředí, stavební biologie
- přírodní suroviny ve stavebnictví, ekologie

## 2. Filozofie zdravého bydlení

## 3. Rozdělení přírodních stavebních materiálů, přehled dostupných přírodních stavebních materiálů v ČR

- stavební materiály pro ekodům
- stavební hmoty
- tepelné izolace
- hydroizolace

## 4. Technické parametry vybraných materiálů

## 5. Zajímavé internetové odkazy, adresář firem

## 6. Závěr

## 1. ŽIVOTNÍ PROSTŘEDÍ

Pokora a citlivost k životnímu prostředí, k lidem i rostlinám, umocněné kreativitou nových

sdělení pro obohacování našeho bytí. Samozřejmě prostoupení života vnitřním jasem a radostí z této milosti, udělované jen těm citlivým. Podtrženo nezahlcením civilizačními vymoženostmi hlučné konzumní společnosti.

Jak je možné, že se navzdory orientaci naší vyspělé technické civilizace na rozvoj vědy, techniky a uspokojování konzumních potřeb, náhle objeví tak velký zájem zaměřený převážně na přírodní materiály? Jak to, že ve společnosti orientované na ekonomický zisk a na výkon jednotlivce má své zapálené příznivce?

[1]

Rostoucí koncentrace skleníkových plynů v ovzduší způsobuje klimatické změny se stále častějšími projevy extrémního počasí, s hrozbou globálního oteplování a stoupání hladiny moří. Rozhodující vinu na tomto stavu nese užívání tzv. fosilních paliv (tedy uhlí, ropy, zemního plynu a dalších neobnovitelných zdrojů pocházejících z procesů v dávné geologické minulosti planety Země). Většina jejich spotřeby padá na vrub vytápění a vůbec obývání budov. Užívání fosilních paliv je však nutné co nejrychleji utlumit nejen kvůli ochraně klimatu, ale také proto, abychom neposílali stále více peněz do oblastí, kde se jich nekontrolovatelná část dostává na financování válečných operací. Důsledkem silné závislosti na fosilních zdrojích je i skutečnost, že politika mocností je určována především starostmi o zásoby nafty a zemního plynu.[2]

K neustálému zvyšování nároků na tepelné izolace vede snaha o ochranu přírody. Lidstvo jako celek v posledních dvou stoletích neuvěřitelným způsobem zvýšilo svoje nároky na množství spotřebovávané energie. Dříve energie sloužila víceméně pouze k vytápění a k přípravě jídla. K dopravě byla používána energie tažných zvířat, lidí či větru. Výroba průmyslového zboží, jako byly kovy a sklo byla minimální, a proto i spotřeba energie byla nevýznamná. V současné době je však spotřeba energie velmi vysoká, navíc jsou obvykle spotřebovávány neobnovitelné zdroje energie, což vede ke zvyšování skleníkových i dalších nežádoucích plynů v ovzduší, proto je naší povinností šetřit tam, kde je to možné. Relativně jednoduché jsou pak právě tepelné izolace vytápěných i chlazených objektů. Ale není možné vyčíslení spotřeby energie na stavby zjednodušit na spotřebu tepla domů v zimním období, protože energie se nespotebovává pouze v zimě na vytápění, ale celý rok na provoz budovy.

Typy ekologické zátěže způsobené budovami, pak můžeme rozdělit takto:

### 1. Spotřeba energie při stavbě na:

- výrobu stavebních prvků a materiálů;
- dopravu stavebních prvků na staveniště;
- výstavbu

### 2. Spotřeba energie při provozu budovy na:

- úniky tepla konstrukcemi;
- úniky a zisky tepla okny, včetně nutnosti chlazení;
- úniky tepla tepelnými mosty;
- spotřebu energie na hygienickou výměnu vzduchu (větrání, klimatizace);
- spotřebu energie na nadbytečnou výměnu vzduchu (netěsnost stavby);
- spotřebu energie na údržbu;
- zastavení půdního fondu a tím omezení přeměny CO<sub>2</sub> na kyslík rostlinami rostoucími na této ploše.

### 3. Spotřeba energie při likvidaci na:

- bourání;
- recyklaci;
- likvidaci odpadu.

Všechny tyto vlivy je nutno vzít v úvahu a při návrhu stavby se jimi řídit. V této souvislosti je nutné poznamenat, že při poradenské činnosti se neustále setkáváme se lpěním na tradiční výstavbě, která již nemá v dnešní době logické opodstatnění. Je možné považovat za nevhodné a rozumu odporující dvě tradice, které jsou u nás velmi hluboko zakořeněny. První je odpor k dřevostavbám. Ten vychází z nařízení císaře Františka II., který v roce 1815 vydal "Obnovené požární řády" a v nich zakázal z požárních důvodů stavět v obytných aglomeracích dřevostavby kvůli riziku šíření požárů. Dnes toto nebezpečí je minimální nejen proto, že existují různé protipožární nátěry, ale hlavně proto, že až na nepatrné výjimky není používán otevřený oheň, který dříve sloužil k vaření, vytápění i osvětlení.

Druhá u nás velmi dodržovaná tradice je stavba domů z cihel, nejlépe s tloušťkou zdiva 45 cm. I tato tradice vychází ještě z Rakousko - Uherska, kdy císař František Josef vydal stavební řády. V nich pak bylo stanoveno, že nosná zeď je silná 45 cm a na každé patro se o 7,5 cm rozšiřuje.

Obě tyto tradice vedou k odmítání moderních trendů, kdy u návrhu konstrukcí s velkými tepelně izolačními vlastnostmi je lépe zabezpečení těchto vlastností přenechat tepelně izolačním materiálům. Vlastní nosnou konstrukci domu je možné řešit buď skeletově (což jsou i některé dřevostavby) a nebo subtilními nosnými zdmi. Při současné výstavbě domů stavěných "klasicky" není možno používat standardní technologie a s tavební postupy, kde se pouze vymění starší materiál za novější s úplně jinými vlastnostmi a to bez ohledu na projekt či technologický postup daný výrobcem, k čemuž bohužel podobnost technologie svádí. Vzniká pak mnoho problematických míst, které by nemusely vzniknout při dodržení vhodného technologického postupu. Sendvičové či skeletové konstrukce jsou z hlediska tepelných izolací velmi podobné klasickým stavbám a obvykle umožňují lepší řešení mnoha tepelných mostů. [3]

Ekologické stavitelství hledá takové možnosti navrhování a budování lidských sídel, které mají co nejmenší negativní vliv na životní prostředí. Bere se přitom v úvahu široké hledisko – vliv stavební činnosti na globální klima, na život organismů, na zacházení s přírodními zdroji. Změna přístupu k používaným stavebním technologiím a materiálům, ale i k celkovému způsobu navrhování budov se týká především šetrného využívání materiálových a energetických zdrojů, vytváření zdravého vnitřního klimatu i efektivního zhodnocování investic.

[2]

## STAVEBNÍ BIOLOGIE (Baubiologie)

Při stavbě domů se používá mnoho materiálů a pracovních postupů které uvolňují množství škodlivých látek do obytného prostředí. Celkovým pohledem na celostní vztah mezi člověkem a jeho obydlením se zabývá tzv. stavební biologie. Má interdisciplinární charakter, do něhož se promítá řada různých specializací jako je např. architektura, ekologie, psychologie a sociologie.

Při výstavbě domů je důležité nejenom stavět podle obecně platných kritérií, ale také brát v úvahu další faktory, které člověka a jeho okolí ovlivňují. Profesor Anton Schneider z Institutu pro baubiologii a ekologii stanovil tzv. 25 směrnic pro zdravé bydlení:

1. stavební pozemek bez umělých a přírodních anomálií
2. umístění obytných domů mimo zdroje emisí a hluku
3. přirozený, decentralizovaný způsob výstavby v sídlech obklopených zelení
4. výstavba domů a osídlení respektující individuální přístup, spojení s přírodou, vycházející vstříc člověku a potřebám rodiny
5. nezpůsobující negativní sociální následky
6. použití přírodních a nefalšovaných stavebních materiálů
7. přirozená regulace vlhkosti vzduchu v místnosti (pomocí materiálů vyrovnávajících vlhkost)
8. omezená a rychle se snižující vlhkost v novostavbách
9. vyvážený poměr mezi tepelnou izolací a akumulací
10. optimální teplota vzduchu a povrchu stěn v místnosti
11. dobrá kvalita vzduchu díky jeho přirozené výměně
12. sálavé teplo pro vytápění
13. denní světlo, umělé osvětlení a barvy odpovídající přírodním podmínkám
14. zachování přirozených radiačních polí
15. omezení umělých elektromagnetických polí
16. použití stavebních materiálů s nízkou radioaktivitou
17. ochrana proti hluku a vibracím s ohledem na potřeby člověka
18. neutrální nebo příjemná vůně bez vylučování jedovatých látek
19. maximální omezení plísní, bakterií, prachu a alergenů
20. vysoká kvalita pitné vody
21. nezpůsobující zhoršování životního prostředí
22. minimalizace spotřeby energie při maximálním využití obnovitelných zdrojů
23. výběr stavebních materiálů přednostně z místních zdrojů, nepodporování těžby nedostatkových nebo rizikových surovin
24. využití znalostí z oblasti fyziologie a ergonomie při vytváření interiéru a jeho zařízení
25. zohlednění harmonických rozměrů, proporcí a forem.

[4]

## PŘÍRODNÍ MATERIÁLY VE STAVEBNICTVÍ

Přírodní materiály (u nás tradičně kámen, dřevo, hlína) jsou užívané pro stavby od nepaměti. Nepálená hlína jako stavební materiál se užívala pro výstavbu masivních hliněných stěn prakticky na celém světě a odhaduje se, že v hliněných domech žije polovina současné světové populace.

Životní prostředí a jeho ochrana nabývají ve stavebnictví na významu, i když zatím převážně pouze ve smyslu hledání nových zdrojů energie a šetření energiemi během užívání stavby. Pojmy jako svázaná (též šedá, zabudovaná...) energie do výrobků během jejich výroby a provádění, životní cyklus budov apod. si pomalu razí cestu mezi zainteresované. Ekonomika státu na ně však dosud není nastavená, proto nejsou vnímány odbornou veřejností příliš vážně.

Hlína, dřevo a kámen - až donedávna jediné materiály pro výstavbu domů. Člověk v nich žil po tisíciletí bez újmy na zdraví. S příchodem moderních stavebních materiálů, které přinesly především lepší mechanické vlastnosti, bylo možno stavět budovy vyšší při zachování nebo dokonce snížení tloušťky stěn. Reklamní akce vykonaly své natolik, že i drobné stavby, jako např. rodinné domy, se dnes staví z železobetonu bez ohledu na to,

že jeho mechanické vlastnosti zůstanou nevyužity, zatímco ostatní je třeba tlumit. Dnešní zedník nedokáže pracovat např. s hliněnou maltou, pod pojmem vápenná malta rozumí maltu, do které je mimo vápna třeba přidat řádný přídavek cementu, aby "držela". Energetické vstupy na výrobu cementu jsou vysoké, v jeho ceně se to však neodráží.

Přednosti přírodních materiálů proti moderním, vyráběným uměle, jsou:

- nepatrné množství energie nutné při jejich zpracování a při provádění stavby
- nižší náklady na dopravu v případě užití místních materiálů
- příznivé působení na zdraví člověka
- snadný návrat do přírody po dožití stavby, snadná, nenáročná recyklace.

## ZDRAVOTNÍ HLEDISKA

Moderní stavební materiály užívané v posledních sto letech sebou přinesly mimo technické vlastnosti výhodné pro spolehlivost stavby a její odolnost proti různým vlivům také některá negativa v podobě uvolňování škodlivin do vnitřního, příp. i do vnějšího prostředí, kde poškozují zdraví člověka. Kvalita vnitřního prostředí budov nabývá na významu zvláště v posledních letech, kdy se ze statistik dozvídáme, že člověk v interiéru budov tráví v průměru 90% celkové doby, na straně druhé přibývá nemocí, jejichž příčiny se postupně zjišťují jako následek vlivů způsobených právě budovami, a to v různých podobách. Znečištění vzduchu v interiéru se stalo natolik vysoké, že kvalitě vzduchu ve vnitřním prostředí budov je v posledním desetiletí věnována zvýšená pozornost. Zkoumání negativních vlivů se ubírá několika směry.

"Indoor Air Pollution" (IAP) se zabývá negativním působením škodlivin z hlediska fyzikálního, chemického i biologického.

"Sick Building Syndrome" (SBS) - syndromem nemocných budov se nazývá negativní ovlivnění zdraví člověka v budovách, jehož původ a souvislost s budovou zatím nedokážeme prokázat.

"Building Related Illness" (BRI) jsou choroby, které mají prokazatelně původ v samotné budově.

Škodliviny pocházející ze stavebních materiálů je možno rozdělit do několika základních skupin:

- a. radioaktivní materiály a plyny (např. radon)
- b. vláknité částice (např. azbestové, minerální nebo skleněná vlákna)
- c. prchavé organické sloučeniny (např. rozpouštědla a ředidla)
- d. monomery umělých živců (např. formaldehyd)
- e. přísady do plastů (např. změkčovadla)
- f. vybavení interiérů (podlahové krytiny a další)
- g. zdroje vlhkosti v konstrukcích (plísňe)
- h. další.

Je to právě kvalita vnitřního prostředí, kterou spoluvytvářejí materiály užití ve stavbě i v jejím interiéru. Řada vlastností nových stavebních materiálů je zcela neznámých a upozorní na ně teprve zdravotní potíže uživatelů, jako dráždění dýchacích cest a očních spojivek, bolesti hlavy, kožní choroby, podrážděnost, poruchy koncentrace atd. Příčina těchto zdravotních poruch není známá a teprve při hromadných zdravotních problémech se začíná pátrat po příčinách a způsobech léčení a také prevence těchto onemocnění, která spočívá především v odstranění škodlivých vlivů z okolí člověka. Ze zkušeností je však známo, že včasné varování se často bagatelizuje a dotyčná osoba se stává někdy i předmětem výsměchu, protože řada negativních vlivů je současnými přístroji obtížně

měřitelná a tudíž i prokazatelná. Jak tedy předcházet škodlivému vlivu vnitřního prostředí? Za prvé je ho třeba exaktně určit. Při veškeré pečlivosti nelze zjistit takové škodliviny, o jejichž existenci nevíme. Je zcela pravděpodobné, že v budoucnosti budeme zjišťovat další negativní vlivy nově vyvíjených staviv.

Jedním z fyzikálních parametrů interiéru (i exteriéru) - na který je během historického vývoje adaptován lidský organismus - je přirozené geomagnetické pole nabývající v naší zeměpisné šířce hodnotu přibližně 50  $\mu\text{T}$  (mikro tesla) =  $50 \cdot 10^{-6}$  T. V budovách s ocelovým skeletem je přirozené geomagnetické pole deformované až o cca 60-70 % vzhledem ke své původní hodnotě, zatímco nejméně je jeho průběh porušen ve stavbách z přírodních materiálů (dřevěné stavby, hliněné stavby, po případě klasické cihlové stavby) s minimálním železným / ocelovým / vybavením interiéru.

Které stavební materiály lze považovat za bezpečné z hlediska zdraví člověka? Především takové, kterými je člověk obklopen po celou dobu svého vývoje a na něž se lidský organismus dokonale adaptoval. Přírodní materiály, jako je dřevo, kámen, hlína, části rostlin, srst, vlna apod., bez chemických aditiv, která v nevhodném složení mohou negovat pozitiva těchto materiálů. V zahraničí vznikají a jsou užívané technologie výstavby dřevostaveb bez použití spojovacích kovových prvků (hřebíky, vruty, hmoždíky, ocelové desky s prolisovanými trny atd.). Jedná se vlastně o novodobé varianty technologií užívaných našimi předky (tesařské spoje, dřevěné kolíky apod.).

V poslední době se připisuje značný význam pozitivním vlastnostem hliněných omítek v interiéru budov, které dokáží přijmout velice rychle vysoký obsah vzdušné vlhkosti a po pominutí příčiny uvolňování vlhkosti do ovzduší (např. z koupelny, z kuchyně, aj.) jsou schopny vodní páru postupně uvolňovat znovu do vnitřního prostředí. Pohlcují zápachy. Tímto svým chováním zabezpečují relativně stálé teplotně-vlhkostní mikroklima ve vnitřním prostoru, což příznivě působí na zdraví člověka a omezuje nemoci z nachlazení. [5]

## **2. FILOZOFIE ZDRAVÉHO BYDLENÍ**

Již dlouhou dobu je v podvědomí lidí zakotvená filosofie zdravých potravin, produkovaných na ekologicky hospodařících farmách. Je nasnadě, že kvalita prostředí, v němž trávíme většinu svého života, ovlivňuje naše zdraví stejnou měrou jako potraviny, které jíme. Proto se začala v současnosti rozvíjet i paralela ke zdravým potravinám, totiž filosofie zdravého bydlení.

Ukazuje se, že za problémy tohoto typu jsou zodpovědné především dvě okolnosti: přítomnost určitých látek v ovzduší budov a příliš těsné nebo přímo hermetické oddělení vnitřního a vnějšího prostředí budovy při nedostatečné nebo i nesprávně probíhající výměně vzduchu.

Cílem filozofie zdravého bydlení je vytvářet resp. upravovat konstrukce budov tak, aby při dlouhodobém pobytu v nich nedocházelo k poškozování zdraví.

### **SYNDROM NEMOCNÝCH BUDOV**

Již dlouhou dobu je v podvědomí lidí zakotvená filosofie zdravých potravin, produkovaných na ekologicky hospodařících farmách. Je nasnadě, že kvalita prostředí, v němž trávíme většinu svého života, ovlivňuje naše zdraví stejnou měrou jako potraviny, které jíme. Proto se začala v současnosti rozvíjet i paralela ke zdravým potravinám, totiž filosofie zdravého bydlení.

V roce 1982 byl Světovou zdravotnickou organizací zavedený do medicínské terminologie pojem syndrom nemocných budov ( dále SBS, sick building syndrome). SBS je společný název pro souhrn nepříliš specifických zdravotních obtíží a příznaků. Pro SBS je typické, že lidé pociťují zdravotní obtíže (které nemají zjevné příčiny) jen pokud pobývají uvnitř "nemocných" budov. Příznaky však ustupují, když jsou lidé mimo budovu.

Ve většině případů se jedná o podráždění očí, nosu, krku či kůže, bolesti hlavy, únavu, podrážděnost, některé alergické příznaky a poruchy koncentrace.

Po několikaletém studiu tohoto problému v řadě zemí došli odborníci k závěru, že za vznik syndromu nemocných budov jsou zodpovědné především dvě základní skupiny příčin:

- přítomnost určitých rizikových látek v ovzduší budov. Ty se tam dostávají více cestami. Může jít o zdravotně závadné stavební materiály, rizikové látky užívané nebo vznikající při provozu budovy či jejích zařízení (zejména klimatizace), ale třeba i kysličník uhličitý vznikající při dýchání osob.

- příliš těsné, ne-li přímo hermetické oddělení vnitřního a vnějšího prostředí budovy a nedostatečná nebo i nesprávně probíhající výměna vzduchu.

Cíl filosofie zdravého bydlení je prostý: vytvářet resp. modifikovat vnitřní prostředí budov tak, aby při dlouhodobém pobytu v něm nedocházelo k poškozování zdraví.

## **ZDRAVÉ BUDOVY A ÚSPORY ENERGIE**

Trvalým požadavkem na budovy, který dnes opět nabývá na významu, je požadavek energetické úspornosti. S ohledem na neodvratné ubývání rezerv fosilních paliv lze očekávat, že tento požadavek bude stále naléhavější.

Významných energetických úspor se docílí především

- prováděním dostatečně tlusté vrstvy tepelných izolací obalových konstrukcí budov (zejména střechy a obvodové pláště),

- používáním výplní otvorů s co největší tepelně izolační schopností (dveře, okna),

- maximálním omezením netěsností, zejména okenních a dveřních otvorů,

- omezením přirozeného větrání obytných prostor na minimum (okna, dveře a podobně) a použitím větrání umělého, často ve spojení s technologií rekuperace.

Je nutné si uvědomit, že tyto úpravy a opatření mají ve svých důsledcích významný dopad právě na kvalitu vnitřního prostředí staveb. Starší budovy, u kterých přetrvávají doposud nekvalitní výplně otvorů, mají paradoxně vlivem jejich netěsností vesměs dostatečnou výměnu vzduchu s okolím.

Nově provedené budovy, poplatné výše zmíněným energeticky úsporným opatřením, jsou často více či méně vzduchotěsné. V těchto budovách bývá nezdědkou nestabilní vlhkostní režim, výjimkou není výskyt plísní v exponovaných oblastech (např. rohy a kouty v koupelnách), vlhká ostění a parapety oken apod. Malá nebo prostorově nestejněměrná výměna vzduchu může způsobit i vznik vysokých koncentrací látek, které nejsme schopni svými smysly vnímat, které však škodí našemu zdraví. Vnitřní mikroklima v zatěsněných budovách může být oproti vnějšímu klimatu daleko více "zahuštěné" bakteriemi, viry, spory hub či jinými biologickými kulturami, které smysly rovněž nevnímáme. Zejména plísně se s oblibou usazují na dlouhodobě zvlhlých površích interiérů, odkud mohou prorůstat do nitra konstrukcí.

Typickým rysem příliš zatěsněných budov je také vznik pachů, který se projeví zejména při dlouhodobějším opuštění uzavřeného objektu (např. o dovolené).

Uvedené souvislosti naznačují, že požadavek konstrukce energeticky úsporných budov velice úzce s otázkou konstruování zdravých budov souvisí. Řešení jednoho problému nelze v žádném případě oddělit od druhého.

Ve vnitřním prostředí staveb se často vyskytuje ve zvýšených koncentracích i řada potenciálně rizikových chemických látek, viz výše. Tyto látky se do ovzduší interiérů dostávají nejrůznějšími cestami. Produkují je sami obyvatelé (např. oxid uhličitý CO<sub>2</sub>), vznikají spalováním tuhých paliv či zemního plynu (např. oxid uhelnatý), emitují je neekologické stavební materiály (např. formaldehyd z nábytku a koberců), jsou součástí různých látek užívaných v domácnostech (těkavé složky barev, lepidel, kosmetika, deodoranty apod.).

Je tedy třeba hledat cesty, jak snížit koncentrace těchto látek na minimum. Toho můžeme docílit kombinací více přístupů:

- stavěním ze zdravotně nezávadných materiálů,

- dostatečnou výměnou vzduchu,

- používáním zdravotně nezávadných látek ve vnitřním provozu budovy [6]

### 3. ROZDĚLENÍ PŘÍRODNÍCH STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ, PŘEHLED DOSTUPNÝCH PŘÍRODNÍCH STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ V ČR

#### STAVEBNÍ MATERIÁLY PRO EKODŮM

Jaký materiál má environmentálně příznivé vlastnosti? Při hlubším zamyslení dojdeme k tomu, že tato otázka je špatně formulovaná, každý stavební materiál s sebou ponese určitý díl negativních vlivů. Ať již to bude jeho podstatou, zpracováním, jeho vlastnostmi, způsobem samotné výstavby či likvidace po dožití, .....

Materiály mohou být pro konkrétní posuzovanou vlastnost výborné až přímo hrozné. Pro samotnou stavbu ale použití výborných materiálů nestačí, navíc bude potřeba dobrý projekt a pečlivé provedení. I z výborného materiálu se totiž dá postavit odstrašující stavba.

Hlavní faktory posuzovatelné z environmentálního hlediska:

Surovina pro výrobu stavebního materiálu a její získávání (míra obnovitelnosti zdroje/ložiska materiálu, poškozování prostředí těžbou, přímá a nepřímá spotřeba energie při těžbě, skladování, transportu, ...)

Výroba stavebních materiálů, polotovarů, dílů, sestav (znečištění životního prostředí výrobním provozem, spotřeba energie na výrobu, skladování, transport...)

Výstavba (míra poškození životního prostředí průběhem výstavby, spotřeba energie na dopravu, zpracování materiálu na místě stavby a vlastní zdění, ...)

Likvidace (trvalé nebo dočasné poškození přírody způsobené stavbou či stavebními materiály, recyklovatelnost materiálů, energetická náročnost, ...)

Samotná stavba a její užitné vlastnosti (úměrnost stavby pro dané potřeby, požadavky na dodávky energie pro zajištění obyvatelnosti stavby - efektivita zařízení pro vytápění - klimatizaci - ohřev TUV, efektivní míra využití obnovitelných zdrojů, ...)

Každá část stavby má své konkrétní požadavky na použitý materiál či složení. Pro dané požadavky je skoro vždy možný výběr z více vhodných variant.

Příklad stěny:

Požadavky budou na zatížitelnost, požární odolnost, tepelně izolační vlastnosti, tepelně akumuláční vlastnosti, mikroklimatické vlastnosti (regulace vlhkosti v interiéru, ...), propustnost par, .....

Výhodným řešením nebude jediný univerzální materiál se spornými vlastnostmi. Pravděpodobně nejvýhodnějším bude vždy složení stěny z více vrstev rozličných materiálů, ale s výbornými konkrétními vlastnostmi, které pro dané místo potřebujeme. Důležité je, že si materiály v "sendviči" své vlastnosti podrží, na rozdíl od směsí, které vlastností samostatně aplikovaných materiálů nedosáhnou.

Pro interiérovou část stěny zvolíme materiály, které nám co nejlépe vyhoví pro zdravé obytné prostředí a bezpečnost v interiéru. Pokud konkrétní nám vyhovující materiál není např. uznán jako nosný, může být kombinován s nosnou konstrukcí (např. nepálené cihly s dřevěnou nosnou konstrukcí).

Pro dobré tepelně izolační vlastnosti je nutností použít tepelnou izolaci. Její hlavní tepelně izolující složkou je vzduch (plyn), pomocnou je materiál ze kterého je složena nosná konstrukce, tvořící vzduchové komůrky. Tepelné izolace mají obrovské rozdíly v energetické náročnosti na výrobu a tím také ve výrobní ceně.

Případ tepelných izolací je dobrým příkladem pro možnosti využití odpadních surovin či vedlejších produktů z obnovitelných zdrojů (papírenská celulóza, sláma, ovčí vlna, ...). Jejich použitím dojde také k dočasnému vyvázání CO<sub>2</sub> z ovzduší (konzervace do stavby), na rozdíl od jejich nárůstu v ovzduší zpracováním ropných produktů. Při jejich správné aplikaci mohou i předčít celkové užité vlastnosti průmyslově vyráběných izolací. Samozřejmě ale mají také svá omezení a nejdou zatím aplikovat vždy a všude.

Z environmentálního hlediska je ovšem také nutno říct, že je lépe použít i průmyslový typ izolace než žádnou. Pokud ovšem jejím použitím dojde k úsporám energií (a tím také i omezení emisí v ovzduší) vyšším, než je potřeba na její výrobu a likvidaci. Mimo hlediska poměru energií by výroba, provoz a likvidace tepelné izolace neměla nevratně poškozovat životní prostředí ve všech ostatních ohledech.

[7]

## **ZÁKLADNÍ ROZDĚLENÍ PŘÍRODNÍCH STAVEBNÍCH MATERIÁLŮ**

- stavební hmoty
- tepelné izolace
- hydroizolace

## **| PŘEHLED | STAVEBNÍ HMOTY (KONSTRUKČNÍ MATERIÁLY A PRVKY):**

### **Pálená hlína**

Pálená hlína se pro stavební účely využívá již několik tisíc let. Její kořeny sahají až do Sumeru a největšího rozmachu dosáhla v době Římského impéria. Výrobky z pálené hlíny se vyvinuly zcela přirozeně nejprve sušením nepálené hlíny a poté cíleným vypalováním při vysokých teplotách.

### **Pálené cihly**

Neoddiskutovatelnou výhodou pálené cihly je, oproti jiným materiálům, relativně malá energetická náročnost výroby, neustále se zlepšující izolační i mechanické vlastnosti, přirozená prodyšnost (propustnost pro vodní páru) zajišťující stabilní mikroklima a přírodní původ základní suroviny. Cihelná suť je recyklovatelná a z použitých cihel je možné, po pečlivé kontrole stavu, znovu stavět.

Klasická plná pálená cihla, která je základem velkého množství starších staveb, je však v současném stavebnictví překonaná zejména kvůli špatným tepelně-izolačním vlastnostem. Používá se spíše jako dekorační prvek na lícové zdění.

Na trhu s výrobky z pálené hlíny dnes najdeme nepřeberné množství zdících systémů, které umožňují suché svislé zdění (cihly do sebe ve svislých spojích přesně zapadají způsobem pero-drážka a není nutné použít maltu) i speciální tvarovky umožňující vyzdívání rohů pod libovolnými úhly. Izolační vlastnosti těchto systémů zajišťují různě tvarované svislé dutiny, které narušují tepelný tok cihelným střepelem.

### **Nepálená hlína**

Nepálená hlína je jedním z nejzajímavějších stavebních materiálů současnosti a pozornost jí věnuje čím dál více institucí a stavebních firem. Její největší předností je velká energetická úspora při výrobě (až 40x méně energie než na pálenou cihlu).

### **Nepálené cihly**

V současnosti se nepálená hlína upravuje pomocí malého množství stabilizátorů, které upravují fyzikální vlastnosti materiálu (např. cement a vápno). Používá se pak buď ve formě bloků a cihel zpracovaných na lisu nebo postupným dusáním do bednění. Vzhledem k tomu, že její únosnost v tlaku je srovnatelná s pálenou cihlou a ostatními stavebními materiály je nepálená hlína vhodná pro svislé nosné konstrukce. Ve vodorovných konstrukcích je, kvůli malé pevnosti v tahu, třeba navrhovat klenby, kopule apod. Izolačními vlastnostmi se nepálená cihla vyrovná cihle pálené a pokud je navíc lehčená a použita jako výplňové zdivo, izoluje přibližně stejně jako moderní zdící systémy (např. *PoroTHERM*®). Kvalitně zpracovaná hutněná hlína odolává i mrazu.

Problematický může být výběr hlíny s ideálním složením a také finální omítání. Nejlépe se hodí sádrové omítky, protože tvrdší omítky je třeba podložit pletivem.

## Kámen

Kámen je jedním z nejstarších stavebních materiálů vůbec. Díky nekonečné škále barev, vzorů a tvarů má obrovský rozsah použití jak v exteriéru tak v interiéru. Pro používání kamene ve stavebnictví hovoří zejména stoprocentně přírodní původ, velká odolnost proti rozmarům počasí a trvanlivost. Působí dekorativně a snadno se kombinuje s ostatními stavebními materiály.

## Dřevo jako materiál budoucnosti

Dřevo je v konstrukcích používáno od prvopočátků lidstva, z dalších stavebních materiálů máme podobně dlouhou zkušenost pouze s kamenem. Navíc zpracování dřeva pro stavební materiál je energeticky mnohem méně náročné, než je tomu například u betonu, hliníku, oceli a podobně. V neposlední řadě nacházíme úsporu i při likvidaci dřevostaveb, ať už užitá dřeva recyklujeme nebo použijeme pouze jako palivo. V USA tvoří stavby ze dřeva v celkové bytové výstavbě 70 %, v německém Bavorsku 30 %, v Rakousku 10 % a zájem o dřevostavby stoupá i ve Velké Británii, která má méně lesů než ČR. Naopak v České republice tvoří dřevostavby v celkovém podílu bytové výstavby pouhé jednotky procent a i když se situace v posledních letech zlepšila, ještě stále jsou dřevostavby spíše na okraji. Rozhodnutí pro dřevěný dům je u nás spojeno většinou určitým způsobem i s příklonem k přírodním hodnotám a k ekologii. Dřevo jako materiál skutečně řeší největší soudobé problémy naší společnosti – nutnost spořit energii a snižovat úroveň produkovaných odpadů. Možná je jedním z prostředků, které nám i budoucím generacím umožní udržet si standard a životní styl a současně šetřit přírodu, bez níž nepřežijeme. Doba obnovy dřeva je srovnatelná s věkem člověka a dřevo ve svém růstu je pro člověka nepostradatelné, neboť produkuje k životu nezbytný kyslík. Dnešní technologie navíc umožňují různé úpravy a další zpracování dřeva, jejichž prostřednictvím se zlepšují jeho vlastnosti. Moderní dřevostavby jsou energeticky mnohem méně náročné, než stavby z klasických materiálů, provoz takové budovy je levnější, a to jak při výrobě a stavbě, tak i při užívání. Zajímavý je i fakt, že dřevostavba je odolná proti zemětřesení a hodí se i do záplavových oblastí, neboť takový dům lze pak jednoduše rozebrat, vysušit a zase složit, aniž by doznal výraznějších změn.

Klasické jedno až dvoupodlažní dřevostavby jsou obvyklé, ve světě se však stále více prosazují i dřevostavby vícepodlažní a předpokládá se další výrazný nárůst uplatnění dřeva při stavbách a konstrukcích domů. Dřevo by se tak logicky mělo stát stavebním materiálem třetího tisíciletí. [8]

## SIP (Structural Insulated Panel)

Konstrukční tepelně izolační panel je velmi oblíbeným materiálem zejména ve Spojených státech, ale v poslední době je možné tento trend pozorovat i u nás.

Skládá se ze dvou dřevoštěpkových desek (známých pod názvem „OSB desky“) proložených pěnovým polystyrénem. Spoje mezi panely mohou být provedeny vložením trámku a spojeny vruty nebo se dodávají panely s perem na jedné a drážkou na straně druhé. Hlavní výhodou SIP je bezproblémová instalace a snadná manipulace, což umožňuje rychlé „uzavření“ stavby. Dokončení interiéru je rovněž pohodlné, protože záleží čistě na rozhodnutí zákazníka, jestli si nechá dodat již upravené panely, nebo si povrchovou úpravu panelu provede podle svých potřeb. SIP má ovšem i své nevýhody. Použití v našich zeměpisných šířkách je diskutabilní zejména kvůli absenci parotěsné zábrany. Kondenzace vodních par z vnitřního prostředí na nepropustné polystyrenové vrstvě může mít za následek postupné odehňování dřeva a je proto třeba vždy provést tepelně technický výpočet s bilancí zkondenzované vodní páry.

## Desky z orientovaných plochých třísek

Dřevoštěpková deska je velkoplošný konstrukční materiál na bázi dřeva, vyrobený systémem orientovaného uložení a následného lisování plošných štěpků na deskový materiál s širokým rozsahem použití.

### Použití:

v exteriéru dřevostavby: haly, rodinné domy, nástavby obytných budov, mobilní buňky, zařízení stavenišť, hospodářské budovy

nosné konstrukce: plnostěnné nosníky, rámové a roštové konstrukce, stěnové nosné panely

betonářské a střešní bednění

provizorní zateplení staveb, ohrazení stavenišť, billboardy

v interiéru

podlahové konstrukce, podlahy s povrchovou úpravou lakováním (mořením)

dělicí příčky, obklady stěn a stropů (podhledy)

konstrukce pro výstavnictví, filmové stavby

korpusy pro čalouněný nábytek

v obalové technice

bedny, palety, speciální obaly, kontejnery, regály

## Dřevocementové kombinační desky (poskytuje je například firma DCD)

Tradiční izolační desky ze slisované dřevité vlny obalené cementem. Používají se k tepelné i zvukové izolaci, jako ztracené bednění stropních věncových konstrukcí staveb, k opláštění jednoduchých staveb. Stupeň hořlavosti: B (nesnadno hořlavý).



Desky z pěnového stabilizovaného polystyrenu v samozhášivé úpravě a slisované dřevité vlny obalené cementem ve dvouvrstevném provedení. Používají se k tepelné izolaci budov, zejména obvodových stěn, stropů, střech a půdních vestaveb. Stupeň hořlavosti: C1 (těžce hořlavý).

Desky třívrstvé, okrajové vrstvy tvoří dřevocementová hmota, střední vrstvu pěnový, stabilizovaný samozhášivý polystyren. Používají se k dodatečné tepelné izolaci obvodového pláště budov, k izolaci podlah, ke zhotovení dělicích příček, k přerušení tepelných mostů ve stavebních konstrukcích. Stupeň hořlavosti: C1 (těžce hořlavý).



Desky dvouvrstvé nebo třívrstvé, z nichž jednu vrstvu tvoří minerálněvláknitá deska, druhou vrstvu (nebo obě okrajové vrstvy) tvoří dřevocementová hmota. Používají se k tepelné izolaci budov a staveb, kde je požadována vyšší požární bezpečnost (výškové budovy, podzemní garáže atd.). Stupeň hořlavosti: B (nesnadno hořlavý).

## **| PŘEHLED | TEPELNĚ IZOLAČNÍ MATERIÁLY:**

### **Minerální vlna**

Jedná se o izolační materiál vyrobený tepelnou úpravou z přírodních surovin. Zejména z čediče (čedičová vlny) nebo skla či křemičitého písku (skelná vata)

### **Expandovaný perlit**

Expandovaný perlit je jedním z produktů pocházejících z tzv. přírodního skla (stejně jako skelná vata a pěnové sklo). Proto je pochopitelně odolný proti hmyzu, hlodavcům, plísním a nepodléhá biologickému rozkladu. Díky velmi poréznímu povrchu dokáže regulovat vlhkost a je hypoalergenní.

### **Papírové vložky**

Papírové vložky se vyrábí recyklací novinového papíru a jsou oblíbeným izolačním materiálem ve skandinávských zemích a v Kanadě. Ačkoliv nejsou vhodné do výrazně vlhkých míst, jsou levné a relativně šetrné k životnímu prostředí.

### **Ovčí vlna**

Na české trhu je v současné době k dostání vlna tuzemská (z valašských ovcí) a také vlna pocházející z Austrálie a Nového Zélandu, jejíž ekologickou šetrnost poněkud destrukuje dálková doprava. Ovčí vlna je izolačním materiálem ověřeným přírodou, a proto se pro izolaci domů dobře hodí. Kromě teploty reguluje vlhkost a omezuje hluk.

### **Rákos**

Rákos je tradičním stavebním materiálem s průměrnými izolačními vlastnostmi, používaným na střechy i do zdí. Narozdíl od slámy je výrazně tvrdší, nepodléhá biologickému rozkladu a díky vysokému obsahu kyseliny křemičité je značně sniženo riziko samovznícení.

### **Seno**

Seno má v mnoha směrech velmi podobné vlastnosti a využití jako sláma. Je dostupnější, ale snadněji podléhá přirozené biologické zkáze.

### **Sláma**

Pro izolaci domu slámou hovoří zejména malá energetická náročnost ve všech fázích stavby a fungování domu až po jeho demolici. Je velmi snadno dostupná a jednoduše likvidovatelná. Proti stavění ze slaměných panelů nebo slámy balené do balíků můžeme uvést především vysokou hořlavost. Slámu také napadají škůdci a není odolná proti vlhkosti. Slámu je možné chemicky ošetřit tak, aby téměř nepřijímala vodu a byla také odolná vůči škůdcům. Pak hovoříme o „slámě hydrofobizované“.

## Slaměné panely ve stavebních konstrukcích

Hlavní surovina pro výrobu slaměných panelů slouží pšeničná sláma. Jádro desky tvoří slisovaná orientovaná slaměná vlákna a povrch panelů je opatřen kartonem z recyklovaného papíru připojeným k slaměnému jádru přírodním lepidlem. Do lisované slámy se přidávají přísady proti hloďavcům a zlepšující vlastnosti panelů. Lisování slámy do kompaktní podoby desky probíhá ve speciálním tvářecím lisu za vysokého tlaku a teploty. Všechny materiály používané k výrobě desek jsou 100% hygienicky nezávadné, ekologicky čisté a mají svůj původ v obnovitelných přírodních surovinách.

Možnosti pro využití slaměných panelů ve stavebnictví jsou poměrně široké. Jejich použití je však limitováno skutečností, že panely nelze použít jako nosné části konstrukcí. Mezi nejrozšířenější aplikace patří konstrukce interiérových příček (stabilní i mobilní), stropní podhledy, řešení půdních vestavb obytných podkroví, opláštění dřevěných skeletů atd. Obecně lze použít k obdobným účelům jako desky sádkartonové, cemento-dřevovláknité desky nebo OSB desky (tech. pozn.: při použití jako opláštění rámců skeletu nemohou slaměné panely staticky spolupůsobit s rámem a plnit funkci plošného ztužení rámců skeletu). Racionální je aplikace slaměných desek při vytváření obytných podkroví. V podkrovních prostorech bývají často problémy s tepelnou stabilitou v letním období. Díky zvýšeným tepelně akumulacím schopnostem slaměných panelů lze tyto problémy zmírnit.

Za pozornost dále stojí použití slaměných panelů při výstavbě montovaných staveb s dřevěným skeletem.

## Konopí

Konopí má v mnoha směrech podobné vlastnosti jako len. Je plodinou mírného pásu, dobře odolává škůdcům a neklade zvláštní nároky na kvalitu půdy. Konopné rostliny produkují velký objem použitelného materiálu a konopí má kromě dobrých izolačních vlastností také schopnost omezovat hluk a vibrace.

## Len

Len, jako stoprocentně přírodní a hlavně v našem klimatickém pásu pěstovaná surovina, představuje výhodný alternativní materiál s dobrými izolačními vlastnostmi. Na trhu je k dostání v několika formách - volně sypaný, jako plst, případně v deskách. Lněná vlákna však mají své nevýhody. Jsou hořlavá a snadno se lámou, i když jsou v tahu velmi odolná. Právě kvůli lámavosti se do lněných produktů přidávají polyesterová vlákna, která přírodní podstatu materiálu poněkud omezují.

## Bavlna

Bavlna je z hlediska přírodního původu zařazena jednoznačně, avšak její ekologickou hodnotu zastiňuje postup při pěstování. Bavlna pochází převážně z plantáží ve střední Asii a východní Africe a při jejím pěstování se bohužel hojně používají herbicidy a pesticidy. Když připočteme znečištění způsobené dopravou na dlouhé vzdálenosti, je její význam jako obnovitelného zdroje velmi diskutabilní. Bavlna se používá k zateplování relativně krátkou dobu a na českém trhu není běžně dostupná. Má dobré izolační vlastnosti a působí jako regulátor vlhkosti. Proti hoření, plísním a hloďavcům se obvykle napouští boraxem, což fakticky znemožňuje její kompostování.

## Rostliny

Hlavní předností popínavých rostlin na fasádě je bezesporu jejich estetický přínos. Působí však také jako izolační materiál, protože brání únikům tepla z budovy, vytvářejí stín v letních měsících a regulují vzdušné proudění kolem zdiva. Při použití rostlinné izolace je třeba vzít v úvahu orientaci budovy a opadavost rostlin.

## Recyklovaná džínovina

Jedním z nejméně známých a na našem trhu těžko dosažitelných alternativních izolačních materiálů se prodává pod označením UltraTouch. Jedná se o bavlněné rouno vyrobené z džínovinových odřezků (až 8% džínoviny končí jako odpad). K džínovině se při výrobě přidávají olefinová vlákna a boritany, které zlepšují odolnost proti hmyzu a vznícení.

## Climatizer Plus

Climatizer Plus - rozvlákněný papír (celulozová vlna), obohacen kys. boritou a boraxem (pentahydrát), dodáván v PE pytlích o hmotnosti 13,6 kg. Výrobek nelze vystavovat přímému vlivu agresivního prostředí (louhy a kyseliny), je použitelný do teploty max. 105 °C.

Climatizer thermo - rozvlákněný papír (celulozová vlna), obohacen kys. boritou (do 5% hmotnostních) a síranem hořečnatým dodáván v PE pytlích o hmotnosti 12; 12,5; 13,6; 15 kg. Výrobek nelze vystavovat přímému vlivu agresivního prostředí (louhy a kyseliny), je použitelný do teploty max. 105 °C.

## **| PŘEHLED | HYDROIZOLAČNÍ MATERIÁLY:**

Základ každé stavby – hydroizolace.

Vedle tepelné ochrany staveb je důležitým a spíše vůbec nejdůležitějším problémem ochrana proti působení a výskytu vody na stavbách. Podrobně se touto problematikou zabývá obor "Hydroizolační technika", což je poměrně obtížná disciplína jak z hlediska teorie, tak z pohledu provádění, neboť poznatky a zkušenosti tvořící její základ jsou rozptýleny ve více oborech. Dosažení absolutní vodotěsné ochrany je na reálných stavbách velmi složitým problémem se snadnou kontrolou.

Požadavky na hydroizolační konstrukce a zásadní principy řešení vymezuje norma ČSN 73 06 00 "Hydroizolace staveb". V tomto základním pilíři české hydroizolační techniky jsou definovány používané termíny, typy hydroizolačních konstrukcí a vrstev i hlavní hydroizolační materiály. Dominantní místo mezi hydroizolačními materiály zaujímají asfaltové materiály, tedy stavební asfalty, laky, tmely a suspenze.

Asfalt je přírodní hydroizolační materiál, který lidstvo využívalo již ve starověku při náboženských obřadech, např. k balzamování mrtvých, jako pojivo při stavbách a také jako izolaci proti vodě. Asfalt je svou povahou a složením koloidní disperzní soustavou<sup>2)</sup>, v níž jsou tuhé makromolekulární heterocyklické látky zvané asfaltény dispergovány v rozmanitých uhlovodíkových olejích. Neobsahují ve vodě rozpustné fenoly a díky netečnosti k vodě, běžným kyselinám a louhům nejsou asfalty zdrojem nebezpečných látek, které by ohrožovaly životní prostředí. Pro své příhodné vlastnosti je proto používán i na počátku třetího tisíciletí k ochraně přírodních vodních nádrží před únikem vody a k ochraně deponií s nebezpečnými odpady a ke stabilizaci odpadů před uvolňováním škodlivin do okolí. Asfalty se vyznačují dobrou adhezí k různým povrchům. Jako každý organický materiál podléhá asfalt vlivem vzdušného kyslíku a UV záření stárnutí, které vede k tvrdnutí a křehnutí. Hydroizolační vrstvu, která pro netlakovou vodu má mít tloušťku 1 mm a u stěrkových izolací s nejistou rovnoměrností 1,5 mm, je proto nutno pravidelně obnovovat.

### **LUTEX ATV**

Asfaltový, vodou ředitelný tmel. Vyrábí se emulgací vhodného asfaltu ve vodě s pevným emulgátorem a zahuštěním minerálními plnidly a krátkovláknitými materiály. Neobsahuje organická rozpouštědla. Je mísitelný s vodou.

#### **Použití:**

- k zajištění výsprav a oprav zestárých nebo poškozených asfaltových hydroizolačních vrstev a skladeb, případně v kombinaci s výztužnými vložkami;
- k izolacím proti zemní vlhkosti a jako bežešvé povlakové krytiny;
- k realizaci ochranných vrstev povlakových krytin z izolačních pásů;
- ke zhotovování hydroizolačních vrstev na různé podkladové materiály (velkorozměrové pórobetonové dílce, cementový potěr apod.), tato hydroizolační vrstva zůstává jako podklad k natavení nebo nalepení dalších hydroizolačních vrstev.

#### **Výhody:**

- ekologická nezávadnost;
- nehořlavost;
- v případě nutnosti lze ředit vodou;
- vyhovující adheze ke stavebním a asfaltovým materiálům;
- paropropustnost (při tloušťce filmu, 5 mm je součinitel difúze vodní páry membránou cca  $d = 2,5 \cdot 10^{-13}$  s, faktor difúzního odporu  $m = 750$ );
- vodotěsnost při tloušťce zaschlého povlaku min. 1,5 mm;
- nestékavost na svislých plochách, dobrá adheze na vlhké podklady;
- prakticky neomezená tažnost

## 4. TECHNICKÉ PARAMETRY VYBRANÝCH MATERIÁLŮ

### SLÁMA

Součinitel tepelné vodivosti ( $\lambda$ ) balíku slámy závisí na jeho objemové hmotnosti (míry stlačení), aktuální vlhkosti a směru vláken. Proto se dostupné informace o této základní tepelně technické vlastnosti slámy liší. Já jsem kromě toho, co uvádíte Vy, narazila na hodnoty součinitele lambdy 0,045 – 0,06 W/(m.K), v závislosti na objemové hmotnosti od 90 – 133 kg/m<sup>3</sup>. Já bych se přikláběla minimálně k výpočtové hodnotě lambdy 0,5 W/(m.K). Jiné informace uvádějí přímo hodnoty součinitele prostupu tepla U pro slaměné stěny:

tl. 50 cm cca  $U = 0,12$  W/(m<sup>2</sup>.K),

tl. 40 cm cca  $U = 0,13$  W/(m<sup>2</sup>.K),

tl. 30 cm cca  $U = 0,17$  W/(m<sup>2</sup>.K),

Součinitel prostupu tepla konstrukcí  $U = 1/(R_{si} + R + R_{se})$ , kde

$R_{si} = 0,13$  m<sup>2</sup>.K/W, odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce (dle ČSN 730540/2005)

$R_{se} = 0,04$  m<sup>2</sup>.K/W, odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce (dle ČSN 730540/2005)

$R = \Sigma d / \lambda$  m<sup>2</sup>.K/W, tepelný odpor konstrukce závislý na tloušťce materiálu a součiniteli tepelné vodivosti.

Při přepočtu zjistíme, že se hodnota lambdy slámy pohybuje v rozmezí od 0,052 – 0,061 W/(m.K).

· Pokud se uvádí, že 40 cm slámy (tloušťka stěny) dokáže nahradit 20 cm polystyrénu, pak to odpovídá, protože pokud porovnáme pouze tepelný odpor obou konstrukcí:

Slaměný balík tl. 40 cm  $R = 0,4/0,05 = 8$  m<sup>2</sup>.K/W

Polystyrén tl. 20 cm  $R = 0,2/0,039 = 5,13$  m<sup>2</sup>.K/W

Čím je hodnota tepelného odporu vyšší, tím materiál lépe izoluje.

· Pokud chcete použít na stavbu balíky tl. 30 cm a stlačit je na tl. 15 cm, pak se zvětšením jejich objemové hmotnosti musíte počítat se zhoršením izolačních vlastností, součinitel tepelné vodivosti se zvýší a tím se zvýší i prostup tepla. To bude platit i pro vámi navrhovaný případ výroby briket. Doporučuji si při stavbě objemovou hmotnost balíku překontrolovat ( $r = m/V$ ).

[9]

### KONVEKCE KVANTITATIVNĚ –TEPELNĚ IZOLAČNÍ SCHOPNOSTI SLÁMY

Vliv proudění na tepelný tok se vyjadřuje tzv. Nusseltovým číslem. Je-li rovno jedné, je to případ, kdy se proudění nijak tepelně neprojevuje, tepelný tok se realizuje jen zářením a vedením ve vzduchu a vedením ve vláknech. Je-li rovno dvěma, pak to znamená, že proudění snížilo tepelný odpor izolační vrstvy na polovinu. Jak ukazují americká a dánská měření, a jak také vyplývá z teorie, to je právě případ slaměných balíků v situaci, kdy je venku mráz.

Porézní izolační materiály proudění potlačují, kladou mu odpor. Odpor kladený prouděním lze charakterizovat jediným geometrickým parametrem, permeabilitou, která má rozměr plochy a značí se obvykle  $K$ . Porézní tepelně izolační materiály ji mají v rozmezí  $10^{-7}$  až  $10^{-10}$  metru čtverečního, lépe se to pamatuje v milimetrech čtverečních, kdy je to od jedné desetiny do jedné desetitisíciny. Nebo ještě lépe, jako odmocnina z této hodnoty, lze si ji představit jako jakýsi průměr kanálků, to je pak od tří desetin milimetru (balíky slámy) do setiny milimetru.

Abychom získali Nusseltovo číslo  $Nu$ , vyjdeme z modifikovaného Rayleighova čísla  $Ra_m$  pro porézní vrstvy.  $Ra_m$  je úměrné výšce porézní dutiny  $H$ , teplotnímu rozdílu  $T$  a permeabilitě  $K$ . Pro obvyklou zimní teplotu v dutině a obvyklé materiály s  $\lambda = 0,04 \text{ W/(m.K)}$  je to kolem

$$Ra_m = 0,7 (H / 1 \text{ dm}) (T / 10 \text{ K}) (K / 0,01 \text{ mm}^2)$$

Vodorovné homogenní vrstvy, i když v nich teplota klesá směrem vzhůru, zůstávají bez konvekce, pokud platí, že  $Ra_m < 40$  (nebo  $< 25$ , je-li vrstva nahoře otevřená, což by ale být neměla už kvůli možným porывům větru). Nad tímto limitem platí  $Nu = 1 + 0,04 (Ra_m - 40)$ .

Ve svislých vrstvách, jimiž jde tepelný tok příčně, se konvekce odehrává vždy. Ale Nusseltovo číslo zůstává pod 1,1 je-li  $Ra_m$  nižší než 10.

Má-li konvektivní buňka čtvercový průřez (to může být případ stěn z balíků slámy, vlivem nehomogenity na rozhraní balíků) pak zhruba platí, že

$$\begin{aligned} Nu &= 1 + Ra_m/100 \text{ pro } Ra_m < 15, \\ Nu &= 0,8 + Ra_m/36 \text{ pro } 15 < Ra_m < 40, \\ Nu &= 1 + Ra_m/45 \text{ pro } 40 < Ra_m < 100. \end{aligned}$$

Jinými slovy,  $Ra_m=20$  zhoršuje izolační vlastnosti o třetinu,  $Ra_m=90$  třikrát.

Jak řečeno, sláma má  $K = 0,1 \text{ mm}^2$  – to je hodně. Taková hodnota vyplývá z publikovaných měření i z měření, která jsem prováděl pomocí dlouhého polyetylenového vaku, dávajícího přetlak asi 1 Pa (měřené balíky měly objemovou hmotnost kolem 75 kg/m<sup>2</sup>). K tomu, že musí být řádově takto velká, lze k ní dojít ale i úvahou: reprezentuje totiž průřez typického póru. Kdyby byl čtvercový, pak by jeho hrana byla asi třetina milimetru, což je hodnota, která odpovídá stlačené vrstvě málo uspořádaných slaměných stébel. Sláma je ze všech izolačních materiálů nejhrubší, až na dřevěné štěpky (které už izolují zřetelně hůře), u všech ostatních vláknitých či vločkových materiálů, nemají-li objemové hmotnosti zvláště nízké, jsou póry tenčí.

Snížit modifikované Rayleighovo číslo lze buď snížením permeability, tedy přidáním dostatečně jemnozrnné frakce, nebo rozdělením vrstvy na menší buňky.

U vodorovné vrstvy nad vytápěnými prostory stačí rozdělení na dvě poloviny (např. papírem, lepenkou nebo jakoukoliv starou fólií se spoustou dírek).  $Ra_m$  se sníží čtyřikrát. Dvě vrstvy balíků (celkové výšky 80 cm) by měly bez rozdělení  $Ra_m$  kolem 175, je-li teplotní spád 30 K. Po oddělení vrstev přepážkou, která proudění klade velký odpor, se  $Ra_m$  zmenší na 45. Tak lze dosáhnout hodnoty  $U$  kolem 0,06 W/m<sup>2</sup>K.

Oproti tomu, pouhá jedna vodorovná vrstva standardních balíků má v takových podmínkách  $U$  velkou až 0,3W/m<sup>2</sup>K, a dvě neoddělené vrstvy asi stěží méně než 0,2!

Ve zdi to není tak jednoduché. Vodorovné oddělení balíků nemůže pomoci (možná může i vadit). 80cm dvojitá vrstva se svislou bariérou proti konvekci uprostřed dává sice hodnotu  $U$  pod 0,1 (tak je izolovaný tepelný zásobník moštárny a seminárního centra v Hostětíně), ale většina lidí dává přednost tenčím stěnám.

Při užití nasypávané izolace lze dutinu dělit vodorovně do vrstviček, jejichž výška činí nejvýše pětinu tloušťky dutiny, pak zůstává konvektivní příspěvek k vodivosti pod deseti procenty i při materiálu s permeabilitou 0,1 mm<sup>2</sup>.

Svislé bariéry proti konvekci jsou ale tepelně účinnější, ve vrstvě tloušťky 40 cm stačí vždy pouhé dvě. *Ram* (počítané z vodorovné tloušťky vzniklých komor místo z jejich svislého rozměru) klesá totiž devětkrát, z mrzutých 90 na velmi přijatelných 10.[10]

## SLAMĚNÉ PANELY

Základní vlastnosti u nás dostupných slaměných panelů jsou následující:

- standardní rozměry 2600 x 1200 x 60 mm (délka, šířka, tloušťka)
- průměrné měrné hmotnosti:
  - § 24 kg/m<sup>2</sup> - plošná hmotnost,
  - § 398 kg/m<sup>3</sup> - objemová hmotnost,
  - § 74 kg - hmotnost st. panelu,
- průměrný součinitel tepelné vodivosti:  $\lambda = 0,102 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ ,
- součinitel prostupu tepla panelu  $U = 1,69 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$  ( $R = 0,59 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$ ),
- průměrný difúzní odpor  $R_d = 4,3\cdot 10^{-9} \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$  (resp.  $r_d = 0,8 \text{ m}$ ,  $\mu = 13$ ),
- akustický útlum panelu 27dB.



Obr. 1: Vzhled vnitřku panelu ze slaměných vláken tuzemské produkce.

## PARAMETRY TEPELNÉ STAVEBNÍ IZOLACE Z OVČÍ VLNY INWOOL®

součinitel tepelné vodivosti.....	0,038 W·m <sup>-1</sup> ·K <sup>-1</sup>
třída hořlavosti dle DIN 4102 – část 1.....	B2
stupeň hořlavosti dle ČSN 730862.....	C3
tloušťka d .....	0,035 – 0,14 m
šířka š .....	0,7 – 0,9 m
objemová hmotnost .....	12,5 – 25 kg/m <sup>3</sup>

Státní zkušebna č.241 vydala na základě provedených měření a předložení podkladů certifikát č. C1-97-002.

## PARAMETRY TEPELNÉ STAVEBNÍ IZOLACE CLIMATIZER PLUS

- **Směrodatné vlastnosti:**
  - objemová hmotnost při volném zásypu bez stroje: 35-45 kg.m-3
  - při volném zasypání strojem na volné vodorovné plochy: 30-60 kg.m-3
  - při zhutnění aplikaci strojem za sucha, případně nástřikem s vodou: 38-50kg.m-3
  - při max. zhutnění, případně nástřikem s lepidlem: 45-90 kg.m-3
- **Relativní navlhavost:** při teplotě 20 °C a relativní vlhkosti 90 % - 16,62 % hm.
- **Průměrná rovnovážná vlhkost materiálu:**  
ve venkovním prostředí s rel. vlhkostí 80% a teplotě 10st. celsia - 8 - 11%
- **Korozivní účinky:**  
Výrobek nepůsobí na kovy korozivně

· **Součinitel tepelné vodivosti:**

0,0368 Wm-1K-1 při obj. hm. 26,85 kg.m-3 - suchý  
0,039 Wm-1K-1 při nástřiku s vodou  
0,042 Wm-1K-1 při nástřiku s pojivem  
0,0486 Wm-1K-1 při zhutnění nad 55 kg.m-3

· **Stupeň hořlavosti:**

suchý materiál - "C 1" hodnota Q = 247  
nástřík s pojivem SOKRAT - "C 1" hodnota Q = 244  
nástřík s pojivem KARSIL - "B" hodnota Q = 112  
nástřík s vodou - "C 1" hodnota Q = 263

· **Klasifikace Climatizeru plus dle reakce na oheň (ČSN EN 13501-1)**

suchý materiál -	C - s2 - d0
nástříkaný s pojivem Karsil - E 01	B - s1 - d0
nástříkaný s pojivem Sokrat 2802A	D - s2 - d0

· **Šíření plamene po povrchu:**

is = 0,00 mm.min-1 výrobek je stavební hmota, která nešíří plamen  
vs = 0,00 mm.min-1

· **Součinitel difuze vodních par:**

suchý výrobek  $\Delta = 0,086 \cdot 10^{-9}$ (s) obj. hm. 26 kg.m-3  
nástřík s vodou  $\Delta = 0,066 \cdot 10^{-9}$ (s) obj. hm. 68 kg.m-3  
nástřík s lepidlem  $\Delta = 0,053 \cdot 10^{-9}$ (s) obj. hm. 36,9 kg.m-3

uváděné teploty při relativní vlhkosti 76 %, teplota 10 °C

· **Zvuková pohltivost:**

Climatizer Plus má velmi dobrou zvukovou pohltivost.

kmitočet (Hz)	tl. izolace 100 mm	tl. izolace 50 mm
250	0,67	0,45
500	0,71	0,87
2000	0,83	0,57

· **Ekologická nezávadnost:**

Výsledek šetření MITGLIED DER ARBEITSGEMEINSCHAFT ÖKOLOGISCHER FORSCHUNGS  
INSTITUTE AGOR - BRD - protokol č. 488-1/92: Materiál je ekologicky nezávadný!

· **Biologická degradace:**

Climatizer Plus - biologicky odbouratelný materiál - protokol (SZÚ-ZŽP-5373/92 z 16. 3.  
1993).

· **Hygienické posouzení:**

Výrobek splňuje hygienické požadavky, viz Rozhodnutí Hlavního hygienika ČR  
z 19. 2. 1992, 26. 4. 1993 a SR z 10. 11. 1992; 20.04.2001; 5.04.2001; 29.04.2004.  
[11]

## **TECHNICKÉ KONOPÍ**

Objemová hmotnost technického konopí je 24 – 42 kg/m<sup>3</sup>, součinitel tepelné vodivosti dosahuje hodnoty 0,040 W/(m.K). Z výnosu hektarového lánu konopí se dá získat zhruba 8 tun kvalitního materiálu, postačujícího k postavení menšího rodinného domku.

### *Technické parametry:*

#### **Mechanicko - fyzikální vlastnosti**

Evropské technické schválení	ETA 05/0014
Obsažené látky	Lněná vlákna, bramborový škrob, boritá sůl
Hustota	30 kg/m <sup>3</sup>
Tepelná vodivost $\lambda_D$	0,040 W/mK
Třída požární ochrany	Euro E podle ÖNORM EN 13 501-1
Difuzní odpor	$\mu=1$
Specifická tepelná kapacita c	1550 J/kgK
Biologická stabilita	Odolná proti hnilobě, napadení plísněmi a napadení hmyzem
Oblasti použití	Upínatelné izolační desky pro tepelnou a zvukovou izolaci
Dodací tvar	Pružná, upínatelná deska
Rozměry	1000 x 625 mm
Tloušťka desky	40 - 160 mm

## 5. ZAJÍMAVÉ INTERNETOVÉ ODKAZY, ADRESÁŘ FIREM

### | Knihovna odkazů: |

<http://vyrobky.estrechy.cz/k-cj-Krytiny-z-prirodnich-materialu>

<http://www.i-ekis.cz/> energetické konzultační středisko

<http://www.insowool.cz/> eko materiály

<http://web.quick.cz/inwool/>

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

<http://www.e-c.cz/index.php> energy consulting

<http://www.enki.cz/index.php> ekologie

<http://www.louisa.cz/> program pro výpočet tepelných ztrát -zdarma

<http://pasivni-domy.info>

<http://www.enviweb.cz/> ekologie

<http://www.rigi.cz/> hliněné omítky

<http://www.hlinenydum.cz/> přírodní materiály

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

<http://www.prirodni-izolace.cz/>

<http://www.ecoshop.cz/> ekotechnologie, ekomateriály

<http://www.ekodum.cz/> informace, materiály

<http://www.sustainableabc.com/ecobuild.html>

<http://www.kreidezeit.cz> přírodní povrchové úpravy

<http://www.ecolivecb.cz/> ekopanely

<http://www.ciur.cz/> klimatizér plus

[http://www.akastav.cz/sroubky/steico\\_cen.html](http://www.akastav.cz/sroubky/steico_cen.html) -izolační konopný materiál STEICO (nosníky, obvodové konstrukce..)

<http://www.mta.cz> materiály pro dřevostavby

<http://www.jakubwihan.com> -stavitel slaměných domů

<http://www.ekopanely.cz>

<http://www.tfdesign.cz> -dřevostavby

## | Adresář firem |

Čistě přírodní ochrana dřeva, oleje a laky, nátěry stěn, přírodní pigmenty od německé firmy Kreidezeit - [www.kreidezeit.cz](http://www.kreidezeit.cz). Další možnosti AURO, Biopin, Livos.

Odpojovače sítě Comfort, Eltako (ochrana proti elektrosmogu) a přístroje na měření elektromagnetických polí, sluchátka pro mobilní telefony Aero 99 - [www.conrad.cz](http://www.conrad.cz), [www.eltako.cz](http://www.eltako.cz) - jen odpojovače.

Perlit – [www.perlitpraha.cz](http://www.perlitpraha.cz)  
(izolace)

Liapor – [www.liapor.cz](http://www.liapor.cz)  
(izolace)

sádrovláknitá deska Fermacell – [www.fermacell.cz](http://www.fermacell.cz)  
(alternativa k sádrokartonu)

Ekotoalety, teplovzdušné kolektory, – [www.ekodum.cz](http://www.ekodum.cz), p. Kurtin 608417741

Dřevovláknité desky Hofatherm – [www.insowool.cz](http://www.insowool.cz)  
(izolace, Hofatherm UD náhrada difúzní fólie)

Papírová parozábrana P7, dřevoštěpková deska OSB Sterling, paropropustná podstřešní deska DHF Formline – [www.osb.cz](http://www.osb.cz), p. Kubů

Konopí – pí. Široká 777145787, [www.konopa.cz](http://www.konopa.cz)  
(izolace, dovoz konopných desek)

Rákosové desky (5 cm, 2 cm), rákos pod omítky, rákosové střešní krytiny – L+S Speed, Hajany 73, Blatná. [Isspeed.Inare@tiscali.cz](mailto:Isspeed.Inare@tiscali.cz)  
(izolace)

Hliněné omítky – [www.lehm.at](http://www.lehm.at), p. Hnízdil 0043 664 504 0547 nebo p. Münster 774101180 (aplikace) nebo p. Vlček 608419421 <http://www.hlinenydum.eu/>

Sláma – zemědělec z okolí stavenišť

Izolační desky ze lnu a konopí – [www.osb.cz](http://www.osb.cz), p. Kubů

Ovčí vlna – [www.insowool.cz](http://www.insowool.cz), [www.isowool.cz](http://www.isowool.cz), <http://www.daemwool.sk>,  
p. Vorel 60202733673, Ekotex Ivančice.  
(izolace)

Celulóznové vločky - Climatizer plus [www.climatizer.cz](http://www.climatizer.cz)  
(izolace)

Korkové role – [www.likor.cz](http://www.likor.cz)  
(zvuková a kročejová izolace)

Slámokartonové desky Stramit – [www.ekopanely.cz](http://www.ekopanely.cz)  
(náhrada sádrokartonových příček)

Ruční cihelná dlažba - cihelna Nebužely [www.cihelnanebuzely.cz/](http://www.cihelnanebuzely.cz/)

Heraklith BM – Asta, p. Tůma 602 296 775 nebo [web.iol.cz/vedagcr](http://web.iol.cz/vedagcr)  
(heraklit pojený magnezitem)

#### Výrobci, prováděcí firmy –hlína

Firma	Sídlo	Předmět činnosti	Kontakt
BAUMIT	Brandýs n.L.	výrobce pytlovacích hliněných omítkových směsí VITON <a href="#">Hliněné omítky Viton 2006</a>	326900400 <a href="http://www.baumit.cz">www.baumit.cz</a>
RIGI	Hradčany	výrobce pytlovaných hliněných omítkových směsí PICAS bez chem. přísad (první a jediný výrobce v ČR) a nepálených cihel bez chem. přísad; dodavatel přírodních stavebních materiálů a staveb	603110366 <a href="mailto:info@rigi.cz">info@rigi.cz</a> <a href="http://www.rigi.cz">www.rigi.cz</a>
HLINĚNÝ DŮM, s.r.o.	Lysovice 33 Vyškov 682 01	výroba a prodej přírodních stavebních materiálů, návrhy a realizace staveb z těchto materiálů	608419421 <a href="mailto:info@hlinenydum.eu">info@hlinenydum.eu</a>

[12]

## 6. ZÁVĚR

Vzhledem k obsáhlosti problematiky nebylo v mých možnostech poskytnout naprosto komplexní přehled ekologických stavebních materiálů. Z tohoto důvodu zde nabízím zajímavé a užitečné odkazy na internetové stránky. Nevěnoval jsem se také přírodním materiálům použitelných v interiéru (podlahové krytiny, omítky atd.).

#### Použité zdroje informací:

- [1] Jana Pauly 2003, UJEP
- [2] <http://www.veronika.cz>
- [3] <http://www.insowool.cz>
- [4] <http://www.baubiologie.cz/baubiologie.htm>
- [5] Doc. Ing. Ivana Žabičková, CSc., <http://www.tzb-info.cz>
- [6] <http://www.insowool.cz>
- [7] František Kurtin, <http://www.ekodum.cz>
- [8] Ing. Dana Dalmatika Daňková, Odborný seminář Dřevostavby na VOŠ ve Volyni 2006
- [9] Ing. Iveta Skotnicová, Ph.D., <http://www.i-ekis.cz>
- [10] RNDr. Jan Hollan <http://www.veronika.cz>
- [11] <http://www.ciur.cz/>
- [12] <http://www.hlina.info>