

Pasivní domy

Tepelná izolace

Dům v kožichu

Pasivní dům má extrémně nízkou spotřebu tepla. Aby se do něj mohlo dodávat tak málo energie, a přesto v něm zůstala příjemná tepelná pohoda, je třeba teplo úzkostlivě chránit. Pravděpodobně nejdůležitější součástí pasivního domu je silná vrstva tepelné izolace, která výrazně snižuje tepelné ztráty a přináší domu řadu dalších výhod.

Pasivní domy se vyhýbají „odborným“ debatám, zda je lépe zateplit fasádu „pětkou“ nebo „osmičkou“, které zároveň posouvají každým rokem tu „správnou“ tloušťku izolace o centimetr nahoru. Pro dosažení hodnot součinitele prostupu tepla na úrovni pasivního domu je nutné zaizolovat dům podstatně větší tloušťkou – často i více než třicet centimetrů – a na místech, která se v současné praxi izolují jen velmi zřídka.



Obr. 1 Tepelná izolace se již stala neodmyslitelnou součástí moderních staveb. Druh tepelné izolace ani materiál nosné části konstrukce nehrají zásadní roli, součinitel přestupu tepla by však neměl přesáhnout $0,15 \text{ W/(m}^2\text{K)}$. Na obrázku je extrudovaný polystyren, který se používá zejména při kontaktu tepelné izolace se zemí.

Bohužel se stále lze i mezi odborníky setkat s různými mýty a pověrami ohledně použití tepelné izolace. Nejčastějším argumentem odpůrců tepelné izolace (zvláště polystyrenu) je, že

konstrukce po zateplení „nedýchá“. Pravdou je, že v běžném domě je až 95 procent větrání realizováno spárami a větracími zařízeními (digestoře, ventilátory). Samotné zateplení domu má na celkovou výměnu vzduchu v místnosti mizivý dopad.

Lidé často váhají při úvaze zda zateplovat či nezateplovat novostavbu - vždyť dnešní keramické tvárnice mají jistě dostatečné izolační vlastnosti. Na trhu však najdeme velmi těžko i cihly, které by mohly dosáhnout parametrů nízkoenergetického domu. Na úroveň pasivního domu se bez použití tepelné izolace nelze dostat.

Zcela zbytečná je také debata nad návratností investice do silnější vrstvy izolace, náklady na navýšení tloušťky jsou totiž většinou podstatně menší než náklady spojené s její aplikací. Návratnost investice do zateplení domu je v řádu maximálně několika let. Ceny energie však zcela jistě porostou a úměrně tomu se bude i snižovat návratnost. Vnější zateplovací systém také podstatně prodlužuje životnost konstrukce. Mírně vyšší počáteční investice je tedy i z tohoto pohledu velmi výhodná.

Úspory energie díky pasivním solárním ziskům rostou až do 40 % prosklené plochy. Mluvíme samozřejmě o jižní fasádě. Další zvětšování oken nevede k výrazným úsporám - výsledná roční energetická bilance okna je záporná (viz dále).

Výhody kvalitního zateplení:

- snížení tepelných ztrát;
- snížení rizika plísní zvýšením vnitřní povrchové teploty;
- menší namáhání nosné konstrukce atmosférickými vlivy;
- odstranění typických tepelných mostů – sekaní cihel, dozdívání jiným zdivem, přechod zdiva na základ;
- nižší kondenzace vody v konstrukci;
- snižuje přehřívání budovy v letním období.

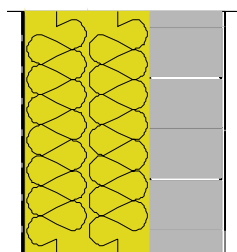
Tepelná izolace masivních staveb

Vnější zateplení

Vnější zateplovací systémy jsou nečastějším způsobem tepelné izolace objektů. Jejich největší výhodou je celistvost tepelně-izolační vrstvy. Při použití masivních stěn s vysokou akumulační schopností lze také dosáhnout vynikajících parametrů tepelné setrvačnosti vnitřního prostoru. Zateplení z vnější strany se provádí buď formou provětrávaných zateplovacích systémů, nebo se používají takzvané kontaktní zateplovací systémy.

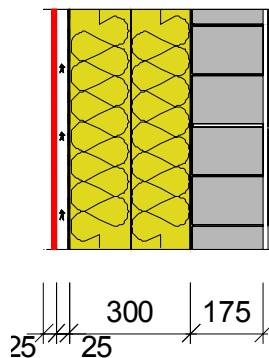
Kontaktní zateplovací systémy tvoří jednotlivý celek jednotlivých vrstev systému. Tepelná izolace slouží v tomto případě jako nosný prvek povrchových vrstev. Povrch fasády tvoří většinou omítka, v ojedinělých případech lepený obklad. Tento systém je v současnosti masivně využíván zejména při obnově bytového fondu. Pro kontaktní zateplení je nejčastěji používán expandovaný polystyren s tenkovrstvou vnější omítkou. U kontaktních zateplovacích systémů hrozí riziko kondenzace vlhkosti v konstrukci. Je to dáno poměrně vysokým difúzním odporem lepidel a vnějších omítek. Navrženou skladbu je vždy nutné prověřit ve výpočtovém programu. Při rekonstrukci budov u lehce zavlhlého zdiva je vždy nutné použít provětrávanou fasádu.

Tloušťka izolace není ani u jednoho systému nijak omezena, u větších vrstev je zpravidla nutné ji i mechanicky kotvit.



Vrstvy konstrukce:

- vnější tenkovrstvá omítka
- výztužná síťka ze skelné tkaniny
- tepelná izolace + fasádní kotvy 300 mm
- lepicí stěrka
- nosná konstrukce – vápenopísková cihla 175 mm
- vnitřní omítka



Vrstvy konstrukce:

- fasádní obklad – cementotřířsková deska 25 mm
- vzduchová mezera min 25 mm
- pojistná hydroizolace
- tepelná izolace + dvojitý dřevěný rošt 300 mm
- nosná konstrukce – vápenopísková cihla 175 mm
- vnitřní omítka



Obr. 2 Příklad provětrávané fasády v novostavbě rodinného domku v Drážďanech ve stavu před namontováním fasádního obkladu. Svislé laťování tvoří vzduchovou mezeru.

Vnitřní zateplení

U rekonstrukcí budov je velmi těžké dosáhnout pasivního standardu. Situace se ještě podstatně komplikuje, pokud má budova výraznou a kvalitní fasádu například režné zdivo nebo štukovou výzdobu. Tam, kde nepřipadá vnější zateplení v úvahu je jediným řešením izolace zevnitř. Jak praxe i výpočty ukázaly, z energetického hlediska nemá smysl zateplovat silnější vrstvou než 80 mm. Efekty tepelných mostů stěn a stropů pronikajících izolací jsou totiž velmi výrazné. Při rozumném návrhu vnitřní izolace se lze u historické budovy dostat na $U_{\text{stěna}} = 0,35 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$. Pro omezení kritických teplot při okrajích tepelné izolace (u podlahy a stropu) je možné použít náběhové klíny, které však nepůsobí v interiéru příliš esteticky [1].

Při projektování novostaveb je vždy možné se vnitřní izolaci fasády vyhnout

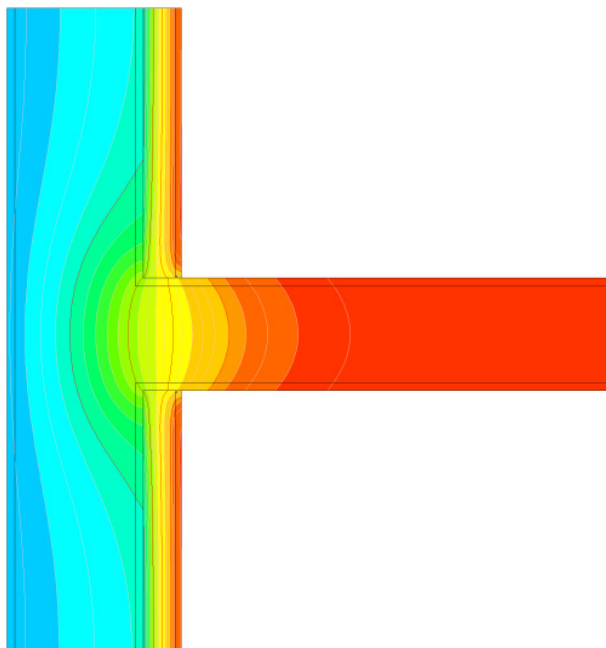
výhody vnitřního zateplení:

- často jediná možnost zateplení historických budov
- možnost provádění celý rok
- snadná realizace bez lešení – nízká cena

nevýhody vnitřního zateplení:

- obtížné řešitelné tepelné mosty
- rozumné pouze v malé tloušťce izolace
- zmenšení podlahové plochy místnosti
- nelze počítat s akumulačními vlastnostmi zdiva
- promrzání a vlhnutí vnějšího zdiva

U **provětrávaných zateplovacích systémů** se vkládá tepelná izolace mezi nosné prvky roštu (nejčastěji dřevěného), který je připevněn k nosné části zdiva. Rošt je vhodné udělat několikanásobný – dvojitě až trojitě překřížený – pro eliminaci liniových tepelných mostů. Dále je vytvořena provětrávaná mezera o tloušťce min 25 mm a připevněn fasádní obklad (dřevo, cementotřířskové desky, keramika a podobně). Souvrství je často doplněno pod vzduchovou mezerou o difúzně otevřenou fólii, která slouží jako pojistná hydroizolace. V tomto systému se v našich podmínkách nejčastěji používá jako tepelná izolace minerální vlna. Je dobře propustná pro vodní páry, které jsou pak odvětrány vzduchovou mezerou a v konstrukci je vyloučeno riziko kondenzace.



Obr. 3 Na obrázku je výstup z výpočtového programu simulujícího průběh teplotního pole. Při dodatečném vnitřním zateplení vzniká v místě průchodu stropní desky liniový tepelný most, který výrazně zvyšuje tepelné ztráty v tomto místě. Další navyšování tloušťky proto není efektivní.

Systémy ztraceného bednění

Tyto systémy, které tvoří specifickou skupinu masivních staveb, v současné době získávají stále větší oblibu. Pro pasivní domy jsou zvláště vhodné systémy z polystyrénových tvarovek. Po sestavení vytváří skládačku jako z dětské stavebnice, která zaručí perfektní návaznost jednotlivých prvků a celistvou tepelně-izolační obálku.

Bloky jsou vyráběny z extrémně izolačního materiálu Neopor, který tvoří zároveň bednění pro lité beton tvořící nosnou část stěny. Neopor, který vyvinula firma BASF, tvoří v současné době špičku mezi materiály polystyrénového typu – dosahuje součinitele tepelné vodivosti $\lambda=0,032 \text{ W/(m.K)}$ a stěna o tloušťce 430 mm má součinitel prostupu tepla $U=0,1 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$.

Výhody systémů ztraceného bednění

- vysoká přesnost stavebnicových systémů
- rychlost výstavby
- systémové řešení konstrukčních detailů bez tepelných mostů
- vynikající tepelně-izolační vlastnosti při relativně malé tloušťce zdi

Tepelná izolace u dřevostaveb

Dřevostavby jsou již z konstrukce svých stěn jako stvořené pro použití masivní vrstvy tepelné izolace. Obecně lze rozdělit stavby s dřevěnou nosnou konstrukcí na stavby připravované na místě (in situ) a stavby panelového systému, jejichž dílce se vyrábí jako prefabrikáty v továrně a na místě jsou pouze smontovány a utěsněny.

Tepelná izolace se vkládá přímo mezi dřevěné nosníky a tím dochází k zásadnímu snížení tloušťky stěny, která je ve výsled-

ku téměř totožná s tloušťkou izolace. Používají se jiné typy izolací velmi často materiály na přírodní bázi jako jsou dřevovláknité desky, desky z konopí, slámy či lnu. V zahraničí je zdaleka nejrozšířenější celulóza (desky, foukaná) označovaná jako Climatizer či Iso-floc. Vyrábí se recyklací novinového papíru.

Mezi nosníky dřevostaveb se zpravidla používá měkká tepelná izolace o nízké objemové hmotnosti. Souvrství pak může být doplněno klasickým kontaktním zateplovacím systémem (např. dřevovláknité desky o vyšší objemové hmotnosti).

Všechny tyto materiály spojuje velmi malá ekologická stopa při tepelně-technických vlastnostech srovnatelných s izolacemi vyráběnými průmyslově chemickou cestou.

Tabulka

V tabulce je porovnání nejčastěji používaných tepelných izolací v pasivních domech, které jsou běžně k dostání na českém trhu. Cena je kalkulována většinou jako součet více vrstev o odpovídající doporučené tloušťce (tloušťka není v nabídce dodavatelů, překrytí na vazbu eliminuje tepelné mosty na styku dílců).

typ izolace	součinitel tepelné vodivosti *	faktor difúzního odporu	doporučená tloušťka izolace**	orientační cena tepelné izolace – na danou tloušťku a m ² (bez DPH)
cihlová stěna - CPP	0,770	9	6 200	
vzduch	0,026			
expandovaný polystyren EPS	0,033 – 0,044	40-100	300	555,-
extrudovaný polystyren XPS	0,032 – 0,038	100 - 200	280	Styrodur 1 562,-
pěnový polyuretan PUR	0,024 – 0,028	180 - 200	220	1 315,-
minerální vlna	0,035 – 0,042	1 - 3	300	1 155,-
pěnové sklo	0,038	70 000	300	3 549,-
vakuová izolace	0,008		60	cca 8 000,-
celulóza	0,037 – 0,042	1 - 2	320	670,- (včetně aplikace)
sláma	cca 0,050		400	méně než 50,-
dřevité desky	0,038-0,046	5	330	803,-

desky na bázi konopí	0,040	0,5	320	1 023,-
desky na bázi lnu	0,040	1	320	1 414,-

*) Hodnota součinitele tepelné vodivosti se mění s různou objemovou hmotností a tloušťkou.

**) Tloušťka izolace při vnějším zateplení masivní stavby na úroveň běžnou u pasivních domů – $U = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Nosnou vrstvu tvoří vápenopískové cihly tloušťky 175 mm (neuvažován vliv omítek). Pro zjednodušení a přehlednost je tato skladba uvažována i u materiálů, které se častěji používají u dřevostaveb. Pro výpočet byla brána střední hodnota (průměr) součinitele tepelné vodivosti λ . Doporučené tloušťky byly zaokrouhleny. 9

Typy tepelných izolací

Tepelných izolací je nepřeberné množství. Následující přehled tepelných izolací zdaleka není jejich vyčerpávajícím výčtem, ale je přehledem materiálů běžně dostupných a používaných v českém prostředí.

Expandovaný pěnový polystyren

Je stále ještě nejrozšířenějším tepelným izolantem. Polystyren vzniká jako produkt polymerace styrenu. Následně je materiál tepelně zpracován a vypěňován do forem. Bloky se pak řezou na desky požadovaného rozměru. Dalším zpracováním se docílí samozhášivosti (přidávají se retardéry hoření).

Ve stavitelství se používají čtyři základní varianty, které předurčují jeho použití.

- Z – základní – nízká přesnost desek, použití: podlahy
- S – stabilizovaný – používaný ve střeších
- F – fasádní – vysoká přesnost desek (tolerance max. 2 mm), zejména pro kontaktní zateplovací systémy.
- Perimetr - materiál má uzavřenou povrchovou strukturou, využívá se tam, kde by mohlo dojít ke kontaktu s vodou – izolace soklu, pod hlavní hydroizolaci ve střeše.

Typ polystyrenu se označuje např. EPS 70 S. Číslo značí pevnost v tlaku v kPa. Běžně jsou k dostání polystyreny tříd 50, 70, 100, 150, 200 a 250.

Materiál dosahuje výborných hodnot součinitele tepelné vodivosti $\lambda_D = 0,036 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$ pro EPS 100. Pomocí materiálu Neopor je možné dosáhnout ještě nižších hodnot – blíže viz kap. Systémy ztraceného bednění.

Polystyren nelze dlouhodobě vystavit vlhku. Kotví se buď pouze lepením nebo lepením a mechanicky. Vhodné je použít více vrstev kladených na vazbu pro eliminaci liniových tepelných mostů, které vznikají na styku konstrukcí.

Mezi výhody polystyrenu patří jednoznačně jeho nízká cena a snadná dostupnost.

Extrudovaný pěnový polystyren

Tento druh polystyrenu je využíván zejména pro izolaci soklu a základové desky nebo v střeších s obráceným pořadím vrstev.

Materiál má díky své struktuře (uzavřeným póram) výrazně sníženou nasákavost a zároveň zvýšenou pevnost. Nelze však vystavovat účinkům UV záření. Na trhu se lze setkat s označením XPS nebo termínem Styrodur. Levnější alternativou k extrudovanému polystyrenu je perimetr polystyren (viz výše).



Obr. 4 Extrudovaný polystyren se používá především tam, kde dochází ke kontaktu tepelné izolace se zemí. Na obrázku je použití při izolaci soklu seminárního centra v Hostětíně. Pro izolaci vrchní betonové stěny byla použita minerální vlna vkládaná mezi lepené I-profilů.

Pěnový polyuretan PUR

Polyuretan může být ve formě měkké pěny, která zlidověla pod označením molitan. Ve stavebnictví se používá téměř výhradně tvrdá polyuretanová pěna s názvem PUR. Jedná se o účinnou tepelnou izolaci s velmi nízkým součinitelem tepelné vodivosti ($\lambda_D < 0,025 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$). Aplikuje se buď přímo na místě nebo je dodáván ve formě desek či tvarovek. Podobně jako extrudovaný polystyren nesnáší UV záření a je nutné jej před ním chránit.

Minerální vlna

Po pěnovém polystyrenu se zatím u nás jedná o nejrozšířenější tepelnou izolaci. Vyrábí se průmyslově tavením hornin. Surovinou pro výrobu je buď čedič nebo křemen a další sklotvorné příměsi. Název podle suroviny je potom kamenná nebo skelná vlna. Desky jsou v celém objemu hydrofobizované, ale nelze je trvale vystavit vlhku. Předností je jednoznačně odolnost vůči vysokým teplotám – používají se například v kombinaci s polystyrenem u panelových budov nad požárně dovolenou výškou nebo pro vytvoření požárních pásů. Další výhodou minerální vlny je její nízký difúzní odpor a tím vysoká paropro-

pustnost. Díky této vlastnosti se minerální vlna často úspěšně používá ve skladbách provětrávaných fasád nebo dvouplášťových střeche. Aplikace může probíhat buď klasicky pomocí lepící stěrky kontaktním způsobem nebo vkládáním desek do připraveného dřevěného roštu.



Obr. 5 Výhodou izolace z minerálních vláken je její nehořlavost. Zde při sanaci mateřské školy v Drážďanech na úrovni pasivního standardu bylo vytvořeno nehořlavé ostění okna. Minerální vlna se často používá v kombinaci s polystyrenem.

Pěnové sklo

Materiál vzniká ztavením směsi skleněného a uhlíkového prášku. V nově vzniklém materiálu, který je vlastnostmi podobný sklu, se vytváří drobné bublinky, jejichž stěny jsou zcela uzavřené. Tím docílí materiál úplné nehořlavosti a parotěsnosti. V pasivních rodinných domech se v současnosti využívá především pro přerušení tepelného mostu například u paty nosných stěn. Jeho širšímu použití na stavbě brání jeho vysoká cena. Větší využití nachází pěnosklo v průmyslu, kde se aplikuje na podlahy či střechy s extrémním tlakovým namáháním. Při pokládce se desky lepí k napenetrovanému podkladu horkým asfaltem.

Vakuová izolace

Vakuová izolace patří mezi takzvané high-tech izolační materiály. Používá se zejména kvůli extrémně vysoké ceně velmi okrajově. Dodává se ve formě panelů obalených v metalizované fólii. Plnivo tvoří pyrogenní kyselina křemičitá, která zajišťuje prvku unikátní vlastnosti. Součinitel tepelné vodivosti vakuové izolace v neporušeném stavu se udává $\lambda_D = 0,004 \text{ W/(m.K)}$, do výpočtu se počítá s vyšší hodnotou s přírůstkem na stárnutí - $\lambda_D = 0,008 \text{ W/(m.K)}$. Při těchto hodnotách je možné použít k izolování stěny na úrovni pasivního domu pouze 6 centimetrů

široký panel. Vakuové panely nachází uplatnění zejména při řešení komplikovaných konstrukčních detailů např. při zaizolování roletového boxu atd. V zahraničí jsou však i realizace, kde byla provedena kompletní izolace domu pomocí systému vakuových panelů – fasáda, střecha, podlaha.

Celulóza

Jedná se o tepelnou izolaci z celulóзовých vláken, která se vyrábí metodou recyklace starého novinového papíru. Základní surovinou izolace je tedy dřevo. Výroba probíhá smícháním kousků novinového papíru s boritany, které zajišťují jeho odolnost proti hnilobě a požáru. Směs je následně semleta. U nás je tato izolace známá pod názvem climatizer či isocell v zahraničí se lze setkat zejména s termínem iso-floc.

Aplikace se provádí nejběžněji strojově foukáním do připravených dutin stěn nebo stropů. Systém umožňuje izolovat bez spár a řešení komplikovaných a těžko dostupných míst. Při kalkulaci ceny je nutné počítat s koeficientem zhuštění kvůli sedání materiálu. Do vertikálně umístěné stěny je nutné nafoukat téměř dvakrát větší množství celulózy než do horizontálního stropu.

Mezi další techniky izolace patří volné sypání (především u podlah) a sprayování, které se používá při jednostranně otevřených konstrukcích – v podstatě nahrazuje kontaktní zateplení.

Zvláštní vlastností tzv. „živých izolací“ (všechny izolace na přírodní bázi) je, že do buněčné struktury váží vlhkost a rozvádí ji. V praxi to znamená, že celulóza funguje jako jakýsi piják, který je schopen ze zavlhlého zdiva vysát vlhkost. Ta se neshlukuje, ale je rovnoměrně rozložena v izolaci.

Celulóza je v pasivních stavbách v zahraničí masivně využívána zejména v dřevostavbách, které zde tvoří vysoké procento novostaveb (viz grafy).

Sláma

Obliba slaměných balíků jako tepelné izolace v poslední době roste zejména mezi ekologicky smýšlejícími stavebníky. Používá se často v kombinaci s dalšími přírodními materiály jako jsou hliněné omítky a nepálené cihly. Fyzikální vlastnosti závisí z velké části na kvalitě a objemové hmotnosti slaměných balíků. Běžně mají hodnotu $\lambda_D = 0,05 \text{ W/(m.K)}$. Sláma lze použít buď v kombinaci s nosnou stěnou nebo může sama sláma sloužit jako nosná konstrukce. Izolace má ve spojení s hliněnou omítkou požární odolnost až 90 minut, vyhovuje proto všem typům konstrukcí.

Velmi důležité je oddělení balíků od všech zdrojů vlhkosti omítkou nebo obkladem.

Izolace z dřevitých vláken, konopí a lnu

Desky z dřevitých vláken se dají považovat za čistě ekologický materiál, při jejich výrobě nejsou používána žádná lepidla. Mezi velkou výhodou patří mimořádně vysoká tepelná kapacita ($c=2100 \text{ J/kg.K}$), která brání proti přehřívání v letních měsících. Desky jsou slušně paropropustné.

Stejně jako u ostatních přírodních materiálů materiál nasaje a uvnitř distribuuje vlhkost. Této vlastnosti se říká sorpční schopnost.

Podobné vlastnosti jako dřevitá vlákna mají také izolace z technického konopí a lnu.

Širší rozšíření těchto nových materiálů se teprve očekává v nejbližších letech.

Literatura

- [1] FEIST, W.: Protokollband Nr.32 – Faktor 4 auch bei sensiblen Altbauen, Innendämmung. Passivhaus Institut, Darmstadt, 1998
- [2] ŠUBRT, R.: Tepelné izolace v otázkách a odpovědích, BEN. 2005
- [3] kolektiv autorů: Ploché střechy, DEKTRADE 2006
- [4] ČSN 73 0540:2 Tepelná ochrana budov, změna 2005
- [5] www.passivhausprojekte.de
- [6] [www stránky výrobců a dodavatelů tepelných izolací](#)

Vydal:

Centrum pasivního domu, Údolní 33, 602 00 Brno, www.pasivnidomy.cz

Autoři textů: Jiří Cihlář, Juraj Hazucha,

© 2007 Centrum pasivního domu. Všechna práva vyhrazena

Publikace je určena pro poradenskou činnost a je zpracován v rámci

Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných zdrojů energie pro rok 2007 – část A – PROGRAM EFEKT.