



PŘÍKLADY SPRÁVNÉ PRAXE REALIZACE ENERGETICKY ÚSPORNÝCH OPATŘENÍ VEŘEJNÝCH BUDOV

MĚSTO CHRUDIM

Resselovo náměstí 77, 537 01 Chrudim

ZPRACOVATEL

Ing. Michal Čejka

prosinec 2017



Obsah

1. Identifikační údaje	2
Identifikace dokumentu	2
Identifikace zpracovatele	2
Identifikace objednatele.....	2
2. Zadání předmětu zakázky.....	2
3. Metodický přístup ke komplexní renovaci (veřejných) budov	3
3. 1. Optimalizace projektu	3
4. Modelový příklad postupu při komplexní renovaci pavilonového (panelového) objektu z 80. let 20.století.....	16
4. 1. Popis původního stavu	16
4. 2. Návrh energeticky úsporných opatření	17
4. 3. Přínosy projektu	18
5. Příklad IIa - Komplexní renovace historické budovy bez zateplení fasády.....	20
5. 1. Popis stávajícího stavu.....	20
5. 2. Pečlivá příprava investice	20
5. 3. Stav před opravou	21
5. 4. Navržené stavební řešení	23
5. 5. Energetická koncepce a provozní náklady	24
6. Příklad IIb - Renovace historické budovy se zateplením fasády.....	26
7. Příklad III - Novostavba v nejlepším energetickém standardu	29
7. 1. Energetický koncept budovy	29
7. 2. Architektonická soutěž o návrh.....	30
7. 3. Metoda Design and build	32

1. Identifikační údaje

Identifikace dokumentu

Název díla / Title	Příklady správné praxe realizace energeticky úsporných opatření veřejných budov		
Datum vydání / Date of delivery	prosinec 2017		
Počet stran / Pages	33	Počet příloh / Annexes	-
Počet výtisků / Printed copies	1	Č.výtisku / Copy number	-

Identifikace zpracovatele

Název / City Name	Michal Čejka
Adresa sídla / Postal address	Mečislavova 1357/16, 14000 Praha 4
Identifikační číslo / identification number	03807991
Vypracoval / Cooperated	Ing. Michal Čejka
Telefon / Phone	736 767 644
E-mail	Pasiv.projekt@gmail.com

Identifikace objednatele

Název / City Name	Město Chrudim
Adresa sídla / Postal address	Resselovo náměstí 77, 537 01 Chrudim
Identifikační číslo / identification number	00270211
Odpovědná osoba / Responsible person	Bc. Zdeněk Pavlík
Telefon / Phone	+420 469 657 261
E-mail	zdenek.pavlik@chrudim-city.cz
Statutární orgán / Responsible person	Mgr. Petr Řezníček

2. Zadání předmětu zakázky

Studie Příkladů správné praxe se ve své první části věnuje souhrnnému metodickému přístupu a následně popisuje 3 základní modelové příklady konkrétních realizací.

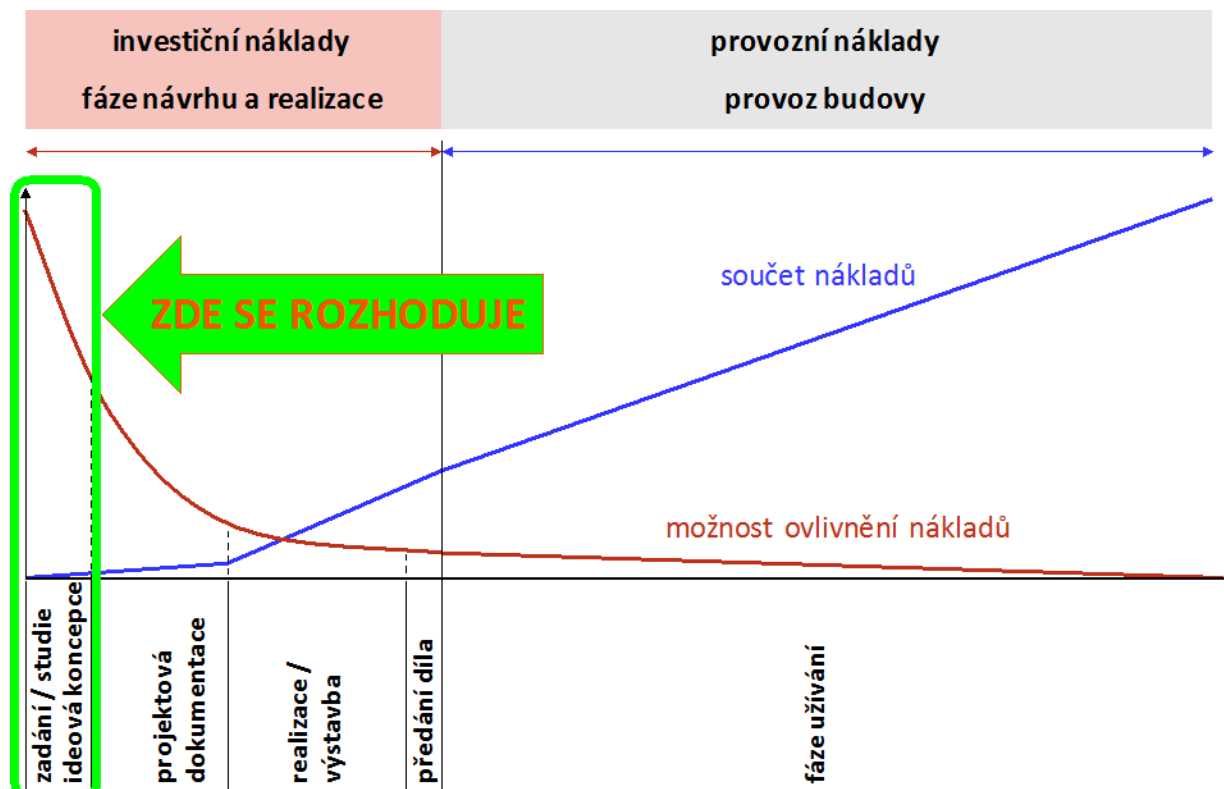
- Metodický přístup
- Komplexní renovace pavilonového (panelového) objektu ze 70. let 20.století
- Komplexní renovace historické budovy bez zateplení fasády
- Novostavba v nejlepším energetickém standardu

3. Metodický přístup ke komplexní renovaci (veřejných) budov

3.1. Optimalizace projektu

Rozložení vynaložených investiční nákladů a míry jejich ovlivnitelnosti klesá s postupujícími fázemi realizace a provozu. Nejvyšší míra ovlivnění konečných nákladů a současně nejlevnější fáze je předprojektová příprava. Právě tato fáze je ústředním bodem, ve kterém by měl být proveden široký rozbor možností a jejich dopadů – tzv. optimalizace projektu.

Obrázek 1 Míra ovlivnění budoucích nákladů stavby od zadání až po provoz budovy



Zdroj: Centrum pasivního domu

Optimalizace projektu je soubor činností spočívajících v hledání co nejefektivnějšího využití dostupných finančních prostředků se současným maximálním uspokojení potřeb investora. Jejím účelem je poskytnout investorovi dostatečný rozsah relevantních informací, na základě kterých činí zásadní rozhodnutí v procesu řízení projektu. Optimalizace projektu se skládá z následujících bodů:

- Rozbor s vyhodnocení stávajícího stavu budovy nebo projektu
- Návrh dílčích opatření v co nejširší škále
- Stanovení souboru dílčích opatření do ucelených variant
- Vyhodnocení přínosů jednotlivých variant

Návrh dílčích opatření by se měl zabývat těmito okruhy:

Č.	Položka (činnost)	Komentář / popis
1	KONCEPČNÍ ŘEŠENÍ DOMU (TVAR, DISPOZICE, VELIKOST, ARCHITEKTURA)	Tato část má největší potenciál optimalizace investičních nákladů a využití tzv. beznákladových energetických úspor

2	KONSTRUKČNÍ SYSTÉM	Je třeba hledat vztah mezi požadovanými statickými vlastnostmi, dosažitelným tepelně technickým parametrem, dosažitelností celkové nízké průvzdušnosti obálky budovy a celkovými investičními náklady
3	TEPELNÉ IZOLACE	S jistou mírou zjednodušení lze říci, že správně provedená tepelná izolace „v zimě hřeje, v létě chladí“
4	ŘEŠENÍ STAVEBNÍCH DETAILŮ	Návrh řešení základních stavebních detailů obálky budovy musí být součástí každého kvalitního projektu pro stavební povolení a rámcově by měly být vymyšleny již v úrovni studie
5	TECHNICKÉ PARAMETRY OKEN	Mimo samotné technické parametry je vhodné posoudit i možnosti úpravy geometrie, velikosti a členitosti oken v kontextu požadavků na denní osvětlení a architektonické ztvárnění.
6	PASIVNÍ VYUŽITÍ SLUNEČNÍHO ZÁŘENÍ	Vhodný návrh oken je tzv. energeticky aktivní (solární zisky oken převyšují jejich teplé ztráty).
7	PROTISLUNEČNÍ OCHRANA (STÍNĚNÍ)	Zamezení přehřívání v přechodném a letním období je možné pouze instalací vnějších stínících prvků. Vnitřní stínící prvky nepředstavují účinnou ochranu proti letnímu přehřívání.
8	PRŮVZDUŠNOST OBÁLKY BUDOVY	Test průvzdušnosti obálky budovy je základní zkušební metodou kontroly kvality provedení stavebních detailů a správného vzduchotěsného napojení konstrukcí.
9	KONCEPT VĚTRÁNÍ	Obecné zajištění hygienických požadavků na výměnu vzduchu je možné pouze návrhem opatření v souladu s „konceptem větrání“. Nejeefektivnějším způsobem zajištění požadavků je instalace řízeného větrání s rekuperací tepla.
10	SYSTÉM VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVY TEPLÉ VODY	Optimalizace celého konceptu vytápění a přípravy teplé vody zahrnuje nejen úpravu zdroje, ale i úpravu distribučního systému a jeho regulaci.
11	OSVĚTLENÍ	Řeší nejen výměnu zdrojů a svítidel, ale i celkovou optimalizaci počtu svítidel a způsobu jejich řízení.
12	OBNOVITELNÉ ZDROJE ENERGIE	Posouzení konceptu využití obnovitelných a alternativních systémů dodávky energie
13	SYSTÉM HOSPODAŘENÍ S VODOU	Zahrnuje nejen přímá opatření úspory pitné vody, ale možnosti využití dešťové nebo šedé vody. Součástí těchto opatření je i způsob zasakování dešťových srážek a minimalizace odtoku vody z objektu.
14	OPATŘENÍ ADAPTUJÍCÍ BUDOVY NA ZMĚNU KLIMATU	Mimo již zmíněná opatření zahrnuje i minimalizaci vzniku tepelného ostrova, barevné řešení vnějších ploch, využití vegetačních ploch v rámci konstrukcí budovy a v jejím okolí.
15	JEDNODUCHÁ REALIZOVATELNOST A PROVOZOVATELNOST	Je klíčovým úhlem pohledu po celou dobu projektu a posouzení realizovatelnosti dílčích opatření
16	ENERGETICKÝ MANAGEMENT	Energetický management je již nedílnou součástí jakéhokoli provozování budov a zařízení, lišit se může v úrovni provádění.

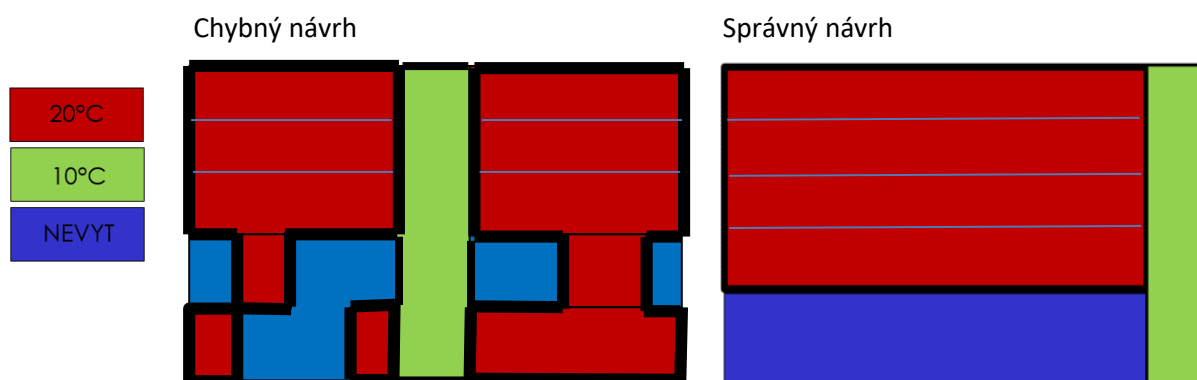
3. 1. 1. Koncepční řešení

Základním předpokladem kvalitní optimalizace koncepčního řešení je efektivní návrh využití pozemku a prostorů, které jsou k dispozici. Není nic dražšího, než neefektivně využitý nebo zbytečně prostavěný krychlový metr budovy. Odborníkem na tuto oblast je vždy architekt a jeho partnerem v diskusi je investor. Úkolem architekta je hlídat vazbu prostorových požadavků investora na jeho investiční možnosti.

Důležitou součástí návrhu funkčního využití budovy a jeho dispozičního uspořádání, které často architekt pomíjí je teplotní zónování. Z energetického a ekonomického pohledu je vždy výhodné sdružovat k sobě prostory s podobnými návrhovými teplotami. Modelový příklad chybného a správného návrhu teplotního zónování uvádí následující obrázek.

Náklady na projektovou dokumentaci, resp. celý inženýring činí v průměru do 1 % z celkových investičních nákladů stavby a nákladů na její provoz. Proto není důvod na kvalitní přípravě šetřit, když je díky ní možné ušetřit jak na investičních, tak zejména na provozních nákladech a to jednotky až desítky procent oproti stavu, kdy je projektová příprava podceněna.

Obrázek 2 Zjednodušený řez objektem



Zdroj: PORSENNA o.p.s.

Komplexní přístup je potřeba završit i vazbou budovy na okolí. Minimálně se jedná o vizuální podobu budovy. Proto je vždy nezbytné, aby součástí projektu byla také vizualizace budovy zpracovaná architektem, ne technikem. Podstatou návrhu řešení fasády není práce s barvami, ale práce s materiály a jeho strukturou.

Obrázek 3 Příklad vizualizace architektonického ztvárnění budovy zpracovaného autorizovaným architektem



Zdroj: Archport atelier s.r.o.

3. 1. 2. Konstrukční systém

Volba vhodného konstrukčního systému předurčuje jak celkovou energetickou náročnost objektu, tak míru komplikovanosti výstavby pro její dosažení – jednoduchost provedení stavby je rozhodující pro dosažení požadovaných parametrů obálky budovy.

Variant řešení konstrukčního systému je mnoho, ne všechny však představují ekonomicky dostupné řešení pro energeticky úsporné bydlení. Pohled investora při volbě materiálového řešení se musí změnit z pohledu na samotnou cihlu v pohled na systém jako celek, který se následně podrobí multikriteriální analýze. Co platí u jednoho konstrukčního systému za nákladné řešení, je ve druhém standardem s nižší konečnou cenou.

3. 1. 3. Tepelné izolace

Z pohledu celkového fungování energeticky úsporného domu a výsledné kvality vnitřního prostředí se jedná o zcela zásadní téma. Je-li to z pohledu památkové ochrany a technického řešení možné, měla by každá renovace objektu v první řadě obsahovat energetickou sanaci obálky budovy.

Zjednodušeně lze říci, že tepelné izolace při správném provedení plní funkci po celý rok, v zimě drží teplo uvnitř a v létě pomáhá stabilizovat vnitřní prostředí. Záleží samozřejmě na ostatních vlastnostech budovy – na jejích akumulčních schopnostech, zda je správně využíváno venkovní stínění.

Správně je tloušťka izolantu určena na základě tzv. energetické optimalizace, která stanoví nejnižší součet investičních a provozních nákladů za dobu živostnosti tepelného izolantu. V případě energetické optimalizace je třeba zohlednit i růst ceny energie, protože benefity ze zateplení budou přijímány po dobu min. následujících 30 let.

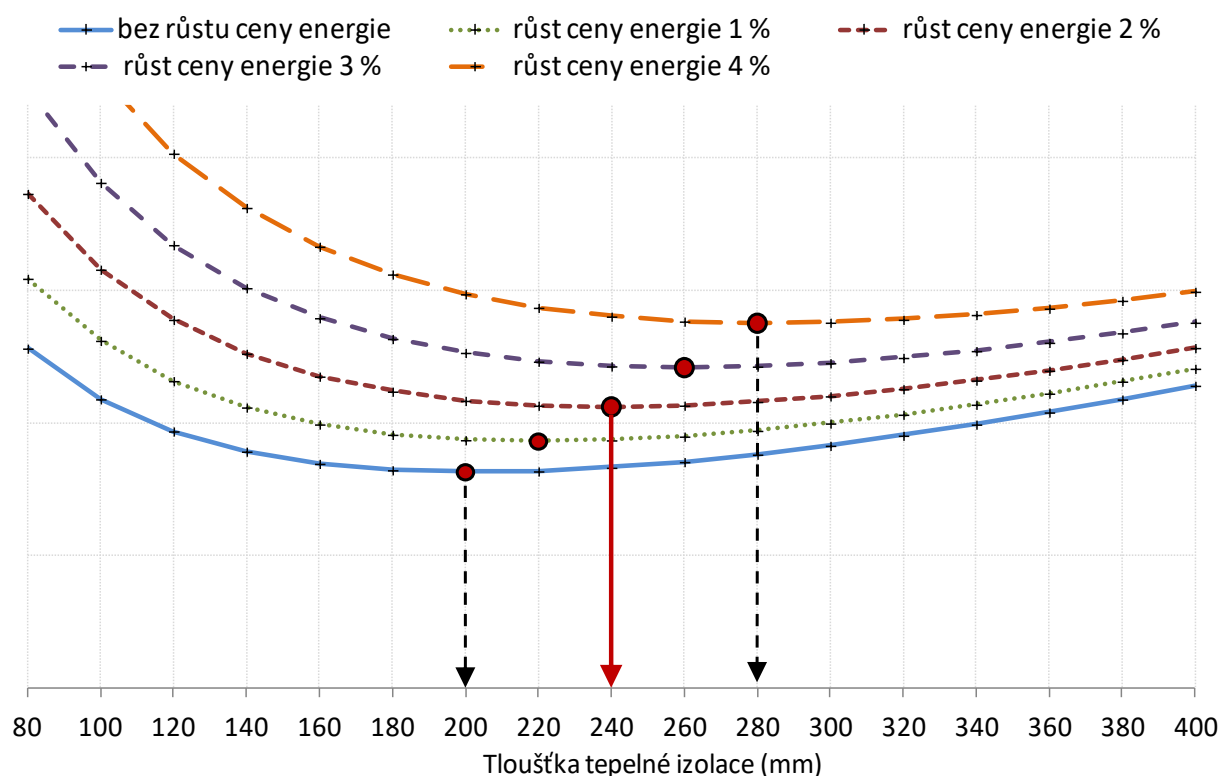
Podstatná část zateplení objektu v celkovém rozpočtu je tvořena doplňkovými produkty, jako je lešení, kotvící prvky, lišty, lepicí a omítkové hmoty, oplechování atiky, APU lišty u oken, vyspravení stávajícího podkladu, apod. To v kombinaci s náklady na montáž (práci), popř. projekt, tvoří hlavní část všech nákladů, které tloušťka izolantu nijak výrazně neovlivní. Cena samotného tepelného izolantu tvoří pouze cca 10 – 30 % ceny celého zateplovacího systému (podle druhu izolantu).

Z pohledu investičních nákladů tedy neplatí přímá úměra, že dvounásobná tloušťka tepelného izolantu přináší dvojnásobné náklady. Dostatečná tloušťka izolantu je to jediné, co rozhoduje o nízké ekonomické návratnosti opatření a výsledné kvalitě vnitřního prostředí, nemá proto cenu na tloušťce izolantu šetřit. Za ekonomicky nejoptimálnější lze považovat tloušťky tepelných izolantů na úrovni hodnoty součinitele prostupu tepla doporučeného pro pasivní domy. V případě obvodové stěny to představuje podle druhu tepelného izolantu tloušťky v rozsahu 180 až 300 mm.



Konečnou tloušťku tepelného izolantu lze optimalizovat změnou druhu tepelného izolantu a jeho tepelněizolačních vlastností (deklarovaný součinitel prostupu tepla), návrhem vhodného kotevního systému nebo optimalizací a kvalitním návrhem stavebních detailů (vyloučení tepelných mostů).

Obrázek 4 stanovení ekonomicky optimální tloušťky izolace systému ETICS pro zdivo 450 mm

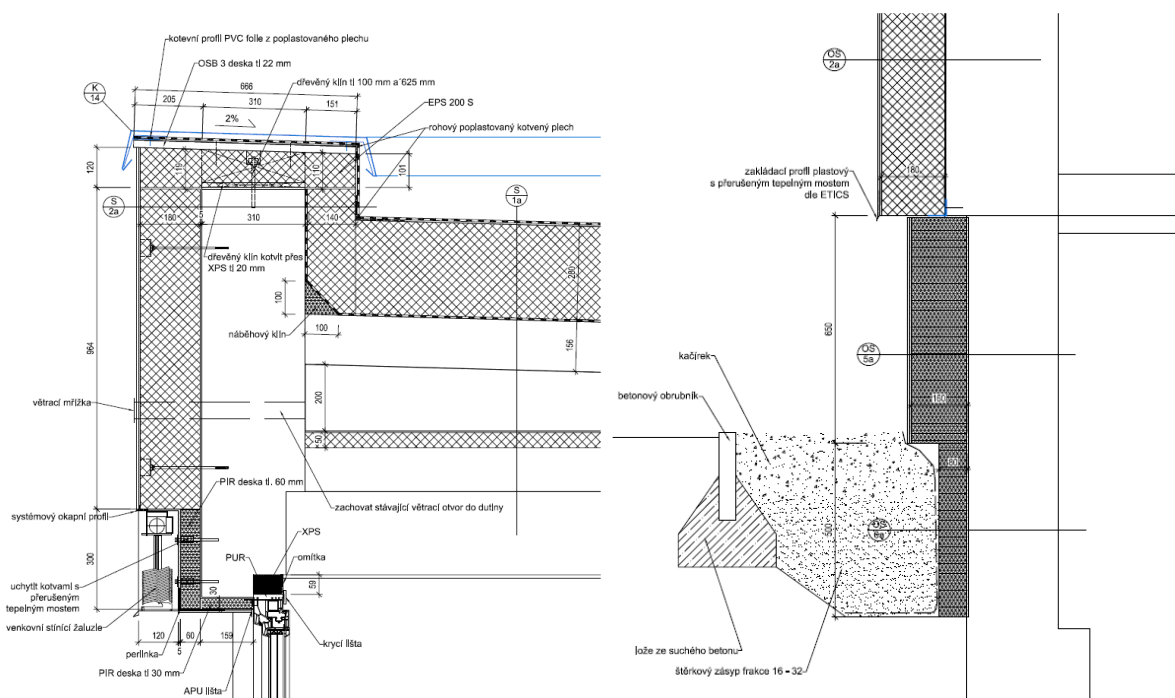


3. 1. 4. Řešení stavebních detailů

Správný návrh a výsledné provedení stavebních detailů eliminujících vznik tzv. tepelných mostů může ovlivnit konečnou spotřebu tepla na vytápění až o 25 %. Současně lze konstatovat, že nekvalitní provedení stavebních detailů znehodnocuje navrženou tloušťku tepelné izolace, respektive, jejich kvalitní provedení může konečnou navrženou tloušťku tepelného izolantu snížit. Mimo konečnou spotřebu energie ovlivní řešení stavebních detailů i živostnost celého navrženého systému ETICS a v krajních případech se mohou projevit a závažné poruchy.

Součástí každého projektu novostavby či renovace objektu musí být návrh řešení stavebních detailů. Za návrh stavebních detailů lze pokládat pouze skutečný návrh individuálního řešení detailů, nikoliv z webových stránek stažené obecné řešení.

Obrázek 5 Příklad návrhu stavebního detailu – nadpraží okna s žaluziovým truhlíku a atiky, soklová část



Zdroj: Archport atelier s.r.o.

3. 1. 5. Technické parametry oken

Okena a dveře doporučujeme ohledem na jejich životnost volit s kvalitním rámem, který bude mít minimální stavební hloubku 82 mm v případě plastových oken a minimálně 92 mm v případě dřevěných oken. Tloušťka rámu okna úzce souvisí s únosností rámu a rizikem kondenzace v místě napojení rámu na zasklení, prakticky tedy přímo souvisí se délkou životnosti okna a jeho dlouhodobým funkčním používáním. Do okna s takovouto stavební hloubkou lze s minimálními náklady osadit zasklení trojsklem s tepelněizolačním zasklívacím rámečkem.

V případě renovace objektu lze v rámci optimalizace projektu navrhnout část plochy oken jako fixní (neotevíravá), čímž dojde k výrazné finanční úspoře. Vždy však musí část okna (min. jedno v každé místnosti) zůstat otvíravé. Za vhodné lze také považovat sdružení více otvíravých oken do jednoho fixního řešení, případně navrhnout novou geometrii.

Obrázek 6 Příklad návrhu změny geometrie oken



Zdroj: PORSENNA o.p.s.

U některých objektů lze v rámci renovace zvážit i možnost úpravy celkové plochy oken a zasklení. Část nadbytečné plochy oken lze nahradit vyzdívkami s kontaktním zateplovacím systémem a snížit tak celkové investiční náklady na realizaci. Typickým příkladem jsou vytápěné celoprosklené chodby školských objektů nebo spojovací vytápěné prosklené krčky mezi jednotlivými pavilony školských objektů. Snížení plochy oken však musí provázet posouzení denního osvětlení a oslunění příslušných pobytových místností.

Obrázek 7 Příklad možné redukce prosklené plochy v místě vytápěné chodby



Zdroj: PORSENNA o.p.s.

V současné době lze za nejefektivnější návrh oken z pohledu ekonomicko-energetického považovat instalaci oken se součinitelem prostupu tepla na úrovni $U_w = 0,68 - 0,78 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ pro typizovaný rozměr okna $1,23 \times 1,48 \text{ m}$. Při návrhu velkých prosklených ploch vyžívajících kvalitní zasklení trojsklem s $U_g = 0,50 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ lze reálně dosáhnout i součinitele prostupu tepla na úrovni $U \leq 0,62 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$.

Zcela zásadním parametrem nutným k dosažení nízké energetické náročnosti, nezávislosti na dodávce energie zvenčí a stabilizaci teplotního stavu vnitřního prostředí je efektivní využití slunečního záření. Zjednodušeně to lze vyjádřit tak, že okna v celoročním úhrnu (uvažováno se standardní délkou topné sezóny) mohou získat více využitelné energie ze slunečního záření, než se jimi v průběhu roku ztratí prostupem tepla. Akumulační schopnosti budovy a její orientace, velikost a geometrie oken, technické parametry rámu a zasklení oken jsou vzájemně optimalizovány tak, aby solární zisky pokrývaly významnou část potřeby energie na vytápění. Podstatou není navrhnout co největší plochu zasklení, ale optimalizovat ho tak, aby budova efektivně využívala sluneční záření v zimě a současně nezpůsobovala přehřívání interiéru v létě (se současným zachováním požadavků na denní osvětlení). Objektu se tímto návrhem výrazně zkrátí otopná sezóna a větší část roku funguje bez nutnosti dodávky tepla.

V případě renovací lze pro zvýšení vyžití pasivních solárních zisků lze navrhnout i tzv. solární zasklení se zvýšenou tepelnou propustností zasklení. Takovéto zasklení dokáže propustit až 62 % slunečního záření, což je o 12 % běžného trojitého zasklení. Tento optimalizační prvek je však podmíněn instalací vnějších stínících prvků tak, aby nedocházelo k nadměrnému vzestupu teploty v interiéru.

3. 1. 6. Protisluneční ochrana

Koncepční ochranou proti letnímu přehřívání na úrovni sídelního útvaru je omezení tvorby městských tepelných ostrovů, zejména výsadbou funkční zeleně v okolí budov nebo přímo na nich. Vyšší teploty zapříčiněné vznikem tepelného ostrova významně zatěžují vnitřní prostředí budovy a zvyšují nároky na instalaci a dimenze technického zařízení budovy. Principiálně by tedy krokům prováděným na samotném objektu měly předcházet kroky provedené v rámci sídelního útvaru.

Důležitá jsou pak opatření na úrovni jednotlivé budovy. Protisluneční ochrana, nebo také ochrana proti přehřívání interiéru by měla být samozřejmou součástí každého projektu nové výstavby či renovace. Vyplyvá to mimo jiné ze závazných požadavků vyhlášky č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na výstavbu odkazující se na ČSN 730540-2:2011.

Stupeň prosklení obálky budovy stávajících i nových objektů musí projít procesem důkladné optimalizace. Stávající a navržené prosklené plochy je vhodné doplnit o venkovní stínící prvky (pevné či pohyblivé), které budou pasivně i aktivně chránit budovu před nadměrnou tepelnou zátěží. Součástí konceptu ochrany proti přehřívání je i tzv. pasivního nočního předchlazení konstrukcí, využívajícího akumulaci schopnosti budovy k jejich přirozenému předchlazení v letním období.

Na jižně orientovaná okna je možná a efektivní aplikace pasivních stínících prvků, které využívají vysoký rozdíl zenitu slunce mezi letním a zimním obdobím. Okna orientovaná východním a západním směrem je vhodné z důvodu nízkého rozdílu zenitu slunce v zimním a letním období osadit aktivními stínícími systémy, ideálně umožňujícími úpravu polohy stínících lamel. Účinnost snížení solární tepelné zátěže vnějšími stínícími prvky je přibližně 50 - 80 %, v případě vnitřních prvků pak jen 15 – 40 %.

V případě renovací stávajících budov existují i u komplexního řešení významná omezení. Upřednostněno by mělo být řešení koncepčního charakteru (vysoká akumulaci schopnost budovy, noční předchlazení, přirozené odvedení tepelné zátěže, stínění oken, apod.) před opatřeními technického charakteru (instalace či navyšování výkonu systému chlazení, použití speciálních materiálů, apod.). Je-li pro dané funkční využití objektu návrh chladicího systému nezbytný a jsou-li současně aplikována všechna předchozí vyjmenovaná opatření snižující tepelnou zátěž budovy, doporučuje se navrhnout energeticky efektivní systém chlazení budovy s nízkými energetickými nároky a nízkou spotřebu pitné vody.

Obrázek 8 Venkovní rolety a klapka nočního provětrání



Zdroj: PORSENNA o.p.s

3. 1. 7. Průvzdušnost obálky budovy

Dalším důležitým faktorem charakterizujícím obálku budovy je požadavek na dosažení nízké průvzdušnosti obálky budovy. Tento faktor souvisí s množstvím vzduchu proudícím neřízeně netěsnostmi v obálce budovy, který jde mimo řízenou výměnu vzduchu s využitím zpětného získávání tepla a zvyšuje tak energetickou náročnost budovy. V zimě navíc zrychluje vychládání objektu a v letním období naopak přispívá k jeho přehřívání. Průvzdušnost budovy adaptované na změnu klimatu lze doporučit v případě novostavby na úrovni hodnot doporučených normou. V případě renovací lze s ohledem na významné omezující faktory uvažovat o zmírnění tohoto požadavku.

Nízká průvzdušnost objektu zajistí stálost vnitřního prostředí i v období s výraznou větrnou zátěží a extrémními vlivy počasí. Otopná soustava tak nebude vystavena okamžité potřebě navýšení výkonu vlivem vysoké infiltrace chladného vzduchu a lze tak celkově snížit požadavek na její maximální okamžitý výkon a s tím související investiční náklady.

V neposlední řadě se jedná o jednu z neefektivnějších metod kontroly kvality realizace stavebních detailů po dokončení stavby. Požadavek na blowerdoor test tak lze doporučit pro každou novostavbu či komplexní renovaci.



3. 1. 8. Řízené větrání s rekuperací

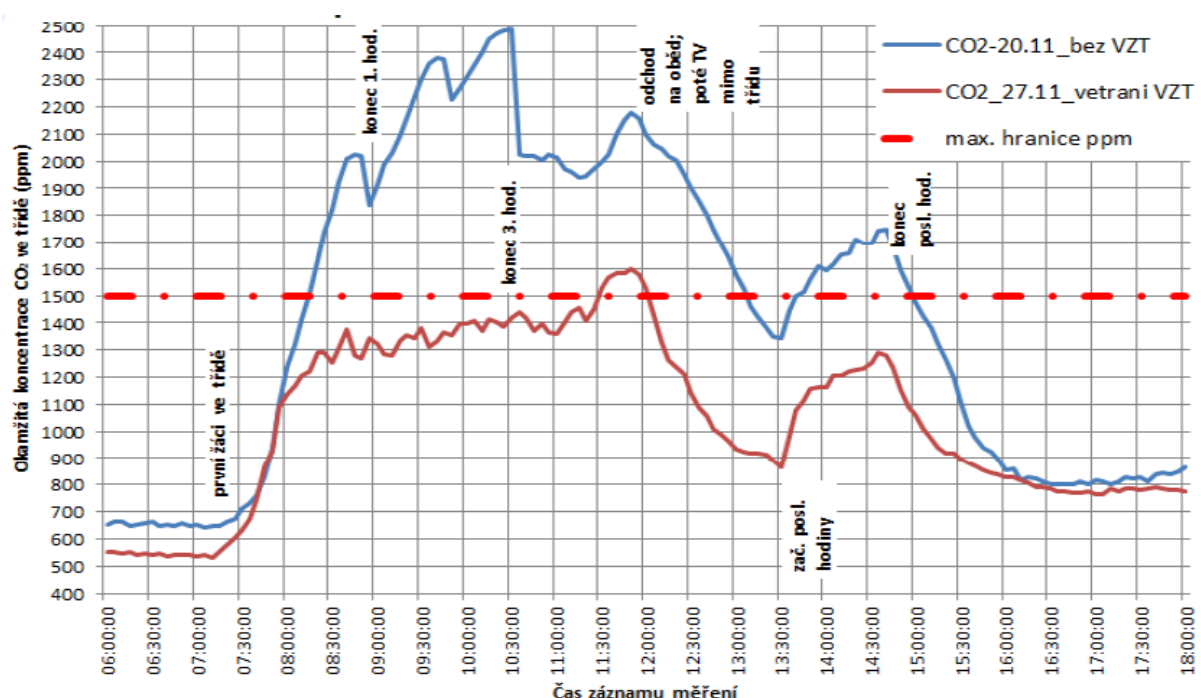
Osazení těsných oken a dveří sice přináší požadované snížení potřeby tepla na vytápění, ale díky jejich dokonalé těsnosti je prakticky eliminována infiltrace venkovního vzduchu okenními spárami. Pro zajištění přívodu požadovaného množství čerstvého vzduchu je tak třeba pravidelně větrat, aby nedocházelo ke zvyšování koncentrace CO₂, a to intenzivněji, než tomu bylo před výměnou oken (důvodem je odstranění vlivu infiltrace). Větrání otevíráním oken zajistí požadovanou výměnu vzduchu jen v chladné části roku, v letním měsících nedochází k dostatečnému provětrání učeben. Tzv. mikroventilace („4. poloha kliky“) nezajistí větrání s dostatečnou intenzitou.

Uživatelé ve většině případů nejsou poučeni o správném způsobu větrání, nebo jej nedodržují. Důvodem je mimo jiné absence režimu větrání v provozním řádu budovy, v mnohých případech dokonce absence celého provozního řádu. Následkem toho dochází ke snížení kvality vnitřního vzduchu v místnostech a také (v případě zvýšené vlhkosti ve vzduchu) se zvyšuje riziko kondenzace vodní páry na povrchu stavebních konstrukcí, které má za následek hygienické riziko pro osoby a statické ohrožení stavebních konstrukcí.

Jak dokládají různé studie a příklady z praxe¹, pro zajištění požadovaných hodnot koncentrace CO₂ je ruční větrání nedostatečné, obzvláště po osazení moderních těsných oken.

¹ Např. publikace [Mikroklima ve veřejných budovách jako důvod instalace rekuperace, Energy Consulting Service, s.r.o., 2011](#)

Obrázek 9 Porovnání koncentrace CO₂ ve třídě bez a s VZT



Zdroj: ATREA s.r.o.

Problematika větrání je řešena v tzv. „Konceptu větrání“, který je schválen jako příklad správné praxe hospodářskou komorou a doporučuje se využít při návrhu nových i změnách dokončených budov. Školské objekty se navíc řídí vyhláškou č. 410/2005 Sb., o hygienických požadavcích na prostory a provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých, která definuje požadavky na min. hygienickou výměnu vzduchu. Pro zajištění tohoto požadavku lze doporučit využití jednoho z následujících systémů větrání:

- **nucené podtlakové větrání** – přívod venkovního vzduchu podtlakem větracími otvory, které jsou integrovány do výplní stavebních otvorů nebo umístěny v obvodových stěnách, v kombinaci s nuceným odvodem vzduchu z hygienického zázemí a kuchyně;
- **hybridní větrání** – přívod venkovního vzduchu podtlakem větracími otvory, které jsou integrovány do výplní stavebních otvorů nebo umístěny v obvodových stěnách, se střídavým režimem přirozeného a nuceného odvodu vzduchu – kombinace přirozeného a nuceného větrání k zajištění minimální spotřeby energie;
- **nucené rovnotlaké větrání** – přívod ohříváného venkovního vzduchu a odvod vzduchu větrací jednotkou, případně se zpětným získáváním tepla (ZZT).

Z výše uvedeného vyplývá, že pro zajištění dostatečného větrání je nezbytné použít jeden ze systému nuceného (strojního) větrání. Aby byla zároveň eliminována ztráta větráním (tzn. minimalizována spotřeba energie na vytápění) a zajištěna tepelná pohoda uživatelů, je jediným vhodným způsobem větrání použití systému nuceného větrání se zpětným získáváním tepla (rekuperací). V závislosti na typu větracího zařízení, průtoku vzduchu a způsobu zpětného získávání tepla je možné snížit spotřebu energie na ohřev větraného množství vzduchu přibližně o 50 až 90 %. Systém řízeného větrání se zpětným získáváním tepla může být využit i k tzv. nočnímu předchlazení.

Rovnotlaké řízené větrání lze z pohledu technického řešení zjednodušeně rozdělit na systém centrální a systém lokální. Volba konkrétního řešení je vždy poplatná velikosti objektu, jeho funkčnímu využití a konstrukčním možnostem:

Centrální větrací systém - Jádrem systému je centrální vzduchotechnická jednotka, která zajišťuje dopravu venkovního a znehodnoceného vzduchu včetně úpravy vzduchu (filtrace a předehřev) pro větší část objektu (celý objekt nebo jeho ucelenou funkční část). Vzduch je centrálně distribuován

k jednotlivým funkčním částem objektu (např. bytovým jednotkám, třídám, apod.) a dále rozváděn do příslušných místností. Systém je regulován centrálně s případnou možností doregulování na úrovni koncových prvků (např. bytových jednotek, kanceláří, apod.).

Lokální větrací systém – slouží pro individuální větrání menších částí funkčních zón či jednotlivých místností. V celém objektu nebo funkční zóně je instalován větší počet menších jednotek s možností individuální regulace. Přívod i odvod vzduchu je řešen samostatně pro každou jednotku, případně centrálním rozvodem, na který je každá jednotka napojena. Některé typy lokálních systémů jsou určeny k zabudování do obvodových konstrukcí bez nutnosti realizace vzduchovodů, což usnadňuje aplikaci systému ve stávajících budovách.

3. 1. 9. Energetické systémy budovy

Základním předpokladem v případě komplexních renovací budov je revize a případná úprava či doplnění stávajícího technického zařízení budovy, čítající systém vytápění, chlazení, výměny vzduchu, přípravy teplé vody a osvětlení. Budova by měla být natolik úsporná, aby zde existoval potenciál zajištění výroby části energie vlastními či místně dostupnými obnovitelnými zdroji s cílem přiblížení se k energetické soběstačnosti budovy a zajištění jejího provozu i v případě výpadku dodávek energie z veřejné sítě.

Vytápění

Spotřeba tepla na vytápění se v případě novostaveb a celkových renovací může snížit oproti dnešní běžné výstavbě o přibližně 70 až 90 %, čímž se přiblíží hodnotám odpovídajícím pasivním domům. Samotná míra změny v objemu dodávky energie a výkonové potřeby zdroje energie prakticky vylučuje u celkových renovací zachování otopné soustavy v původním stavu. Při renovaci otopné soustavy je vhodné provést její celkovou racionalizaci, tzn. posoudit změnu její koncepce (umístění a druh distribučních prvků soustavy). Touto změnou je možné snížit objem teplosnosné látky a zkrátit tak její reakci na vnější vlivy (např. tepelné zisky). Za vhodný se považuje přechod na nízkoteplotní otopnou soustavu, umožňující využití širšího množství zdrojů a především efektivnější doplnění otopné soustavy o obnovitelné zdroje energie. V případě změny funkčního využití části objektu je nutné provést revizi rozdělení otopné soustavy do jednotlivých větví se samostatnou regulací. Principiálně lze současně se stabilizací vnitřního prostředí (kvalitní obálka budovy, řízené větrání s rekuperací) snížit počet samostatně regulovatelných větví. U objektů s velmi nízkou potřebou tepla na vytápění lze doporučit kvalitní zateplení rozvodů topné vody, aby nedocházelo k nadměrné tepelné zátěži prostorů, kterými tyto rozvody procházejí.

U dílčích renovací se předpokládá snížení spotřeby energie na úrovni 20 až 40 % oproti původnímu stavu. Chování budovy se principiálně nepřiblíží chování pasivních budov, tzn. vnitřní prostředí nebude dostatečně stabilizováno oproti vnějším podmínkám. Míra změny v objemu dodávky energie a výkonové potřeby zdroje energie sama o sobě nevyžaduje nutnost racionalizace celé otopné soustavy. Zásah do otopné soustavy lze realizovat i na nižší úrovni (např. hydraulické vyvážení a teplotní regulace soustavy).

V případě novostaveb i komplexních renovací nebude vytápění nejvýznamnější složkou spotřeby energie. Na významu budou nabývat ostatní složky spotřeby energie (např. spotřeba teplé vody u občanské výstavby či spotřeba elektřiny na osvětlení u administrativních budov), jejichž optimalizace spotřeby bude nabývat na významu.

Chlazení

Realizaci systému strojního chlazení musí vždy předcházet využití principů pasivního chlazení tak, aby byly minimalizovány nároky na realizovaný aktivní systém. Chlad lze v budově distribuovat vzduchem (vzduchovody), vodou (vodním potrubím), chladičem (chladičovým potrubím) či jejich vzájemnou

kombinací. Z hlediska prostorových nároků jsou pro chlazení budov nejnáročnější vzduchové systémy. Příznivější prostorové nároky má vodní potrubí a nejméně náročné jsou rozvody chladiva.

Příprava teplé vody

Obdobně jako energeticky úsporná opatření v systémech vytápění, tak i opatření v systémech přípravy teplé vody se týkají jednak zdrojů tepla, rozvodů tepla (vnějších i vnitřních) i všech dalších zařízení a prvků systému.

Úspora energie dosažitelná níže uvedenými opatřeními závisí na konkrétních podmínkách a záleží na tom, k jakému výchozímu stavu je vztahována (zda například ke spotřebě tepla na přípravu teplé vody nebo k dílčí spotřebě tepla dané části systému – příkladem je snížení tepelné ztráty izolovaného potrubí či zásobníku vody, případně k celkové spotřebě energie v objektu).

Následující přehled uvádí příklady opatření ke snížení spotřeby tepla a tím i provozních nákladů v systémech přípravy teplé vody:

- Rekonstrukce čtyřtrubkové soustavy CZT na dvoutrubkovou;
- Regulace cirkulace teplé vody;
- Instalace úsporných výtokových armatur;
- Tepelná izolace potrubí, armatur, zásobníků;
- Zpětné získávání tepla;
- Chování uživatel (mytí osob, nádobí; praní prádla; vaření).

Obnovitelné zdroje energie

Budovy s vysokou mírou soběstačnosti (pokrytí z místně dostupných obnovitelných zdrojů energie) vykazují vysokou míru rezistence vůči výpadkům centralizované dodávky energie. Hodnota spotřeby primární neobnovitelné energie u novostaveb by měla být požadovaná na takové úrovni, aby do budoucna umožňovala pokrýt celkovou potřebu energie výrobou z vlastních obnovitelných zdrojů. V případě renovací je tento požadavek relevantní jen u části zahrnující komplexní návrh adaptačních opatření, přesto by požadavky měly cílit na významné navýšování podílu obnovitelných zdrojů na celkové energetické bilanci objektu. Široké uplatnění při zvyšování energetické soběstačnosti budov budou nacházet především systémy umožňující využití elektřiny vyrobené z obnovitelných zdrojů.

U budov se stabilizovaným vnitřním prostředím lze jednodušeji sladit spotřebu energie s časovými možnostmi její nesoudobé výroby (např. fotovoltaika). U menších objektů je možné plné pokrytí energetických potřeb pouze elektřinou vyrobenou např. ve vlastní fotovoltaické elektrárně integrované v obálce budovy. U takovýchto systémů je důležité využití akumulčních kapacit a časové sladění odběru energie s její výrobou. Větší objekty vyžadují individuální přístup ke stanovení optimálního energetického hospodářství. Jako výhodnější se zde může ukázat kombinace výroby tepla z biomasy, využití geotermální energie či odpadního tepla s prvky využívajícími sluneční záření.

3. 1. 10. Hospodaření s vodou

Spolu se zajištěním nízké energetické náročnosti budovy, musí koncept její adaptace na změnu klimatu obsahovat i systém efektivního hospodaření s vodou. Důraz je kladen na snížení spotřeby pitné vody či její významné nahrazení šedou či dešťovou vodou. Tento systém by měl umožňovat dostatečnou retenci vody i pro delší časové období bez srážek a umožňovat pojmout přívalový déšť. Spotřebu dešťové vody a recyklaci použité pitné vody lze řídit návrhem filtračního zařízení, jež umožní vícenásobné využití vody. Důraz by měl být kladen na využití a případné zasakování vody v místě jejího dopadu s minimalizací nároků na její odvod (kanalizací). Dešťová voda by měla být využívána k zavlažování zeleně (vnitrobloky, zahrady, apod.) či postřikům zpevněných ploch v letním období.

Efektivní hospodaření s vodou vychází ze základních principů přímých úspor kombinovaných s úsporami nepřímými. Základem je snížení potřeby vody na minimální nezbytnou úroveň např. instalací úsporných spotřebičů, koncových výtokových armatur či pouhou změnou chování uživatelů. Následně je možné uvažovat o využití retenčních či filtračních technologií nahrazujících bezúčelné využití pitné vody na procesy, kde je použitelná voda s nižší kvalitou. Rozvíjí se použití moderních suchých toalet, kde se minimalizuje spotřeba pitné nebo užitkové vody.

Přímé úspory – snižují celkovou potřebu vody. Toho lze dosáhnout vhodným použitím zařizovacích předmětů, závlahových systémů nebo doplňkovými zařízeními, příp. jednoduše a bez investic změnou uživatelských návyků.

Nepřímé úspory – nesnižují celkovou potřebu vody, ale nahrazují část spotřeby pitné vody z vodovodního řádu vodou z jiného zdroje. Tento zdroj může být např. studna, srážková nebo recyklovaná voda, případně i přímo upravená odpadní voda.

V případě renovací stávajících budov je často možná bez omezení pouze aplikace přímé úspory pitné vody. Instalaci systémů nepřímé úspory je nutné prověřit z pohledu napojení na stávající rozvody zdravotnické (kanalizace, vodovod), prostorových nároků technologie a investičních nákladů. Zde je nutné individuálně posoudit aplikovatelnost těchto technologií a zvolit přiměřenou míru zásahu do budovy. Stejně jako u instalace vzduchotechniky jde o opatření spojené se zásahy uvnitř budovy a tedy s vyšší měrou sníženého komfortu obývání budovy po období renovace.

3. 1. 11. Opatření v okolí budovy

Mimo opatření majících vliv na samotnou budovu musí návrh objektu obsahovat i prvky ovlivňující mikroklima v jeho širším okolí. Takovými prvky jsou např. realizace vegetačních ploch a vzrostlých stromů v okolí stavby či integrace zeleně v rámci jednotlivých konstrukcí obálky budovy. Zpevněné plochy s vysokými akumulačními schopnostmi je vhodné stínit (např. zelení) a doplnit je o vodní prvky (fontány, dešťová jezírka, pítka, apod.), případně je z větší části nahradit půdou či prvky umožňujícími přirozené zasakování vody co nejbližší jejímu dopadu. Důležitou součástí omezení tepelných ostrovů je i volba barevnosti jednotlivých povrchů, která by měla být směřována k co nejmenší absorpci slunečního záření.

Jedním z opatření zmírňujících vznik tepelného ostrova je začlenění vegetačních ploch do samotného konceptu budovy. Integrace vegetace do obálky budovy patří mezi investičně nákladnější opatření, a proto by měl být kladen důraz na její přednostní realizaci v rámci nejbližšího okolí budovy. Území s vysokým stupněm zastavěnosti (města) budou nucena požadovat integraci vegetace v rámci samotných konstrukcí budovy, zatímco v územích s malým podílem zastavěnosti (vesnice) lze vegetaci realizovat mimo samotnou budovu (zahrada).

4. Modelový příklad postupu při komplexní renovaci pavilonového (panelového) objektu z 80. let 20.stolení

Příklad: DDM Plešivecká / MŠ Plešivecká Litoměřice / Víta Nejedlého Chrudim, apod.

Následující postup je doporučen uplatnit při jakékoli renovaci objektu v souladu s principem komplexního přístupu. Navržená opatření nebyla dosud realizována.

4. 1. Popis původního stavu

Zvoleným modelovým příkladem je komplexní renovace vzdělávacího zařízení pro volnočasové aktivity v ulici Plešivecká v Litoměřicích. Budova se sestává ze dvou vzájemně propojených pavilonů. První pavilon je jednopodlažní a je v něm umístěn především administrativní provoz (kanceláře) a učebny. Druhý pavilon je dvoupodlažní a jsou zde umístěny výhradně učebny. Objekt v provozu po celý den, nevíce je však využíván po skončení klasické výuky k volnočasovým aktivitám. Od 8:00 do 12:00 probíhají v objektu v malém rozsahu kroužky, mezi 12:00 – 15:00 je využívána pouze administrativní část. Od 15:00 do 19:00 je kapacita objektu naplněna (až 150 dětí). Do 22:00 je provoz omezený.

Jedná se o panelový školský objekt z přelomu 70. a 80. let 20. století, který od doby své výstavby neprošel zásadní renovací. Objekt jako celek má nepravidelný půdorysný tvar s různým počtem nadzemních podlaží.

V původním stavu se obálka budova skládala z následujících konstrukcí:

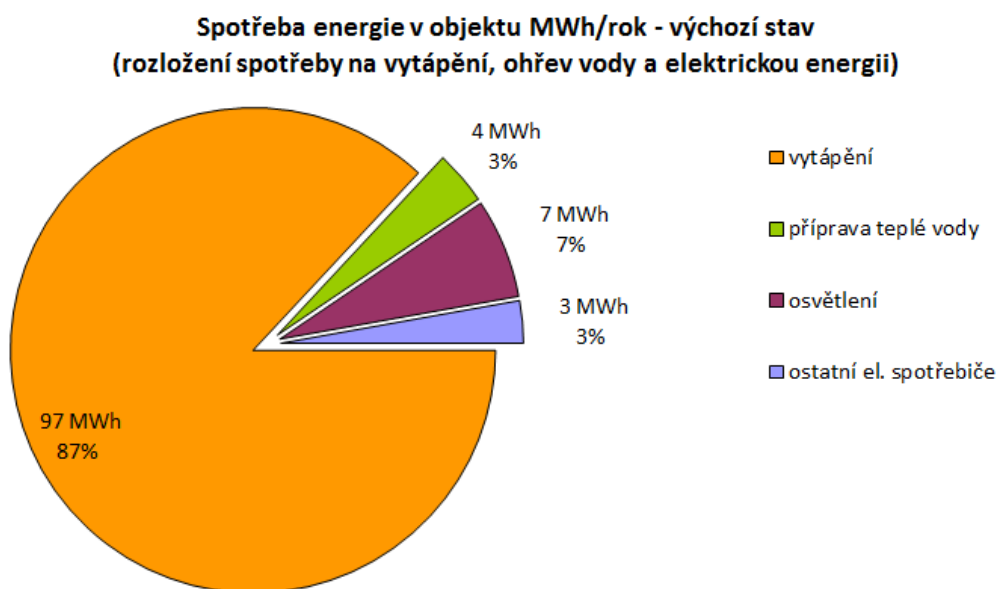
- Obvodový sendvičový plášť v celkové tl. 300 mm (s vnitřní tepelnou izolací EPS tl. 50 mm) má součinitel prostupu tepla $U = 0,56 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.
- Střešní konstrukce je dle provedené sondy jednoplášťová s tepelnou izolací lignopor tl. 50 mm. Svrchní plášť je navíc doplněn polyuretanovým nástřikem v tl. 40 mm.
- Část původních dřevěných zdvojených oken s $U = 2,50 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ je vyměněna za nová plastová s dvojsklem s $U = 1,20 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. Mezi původními dřevěnými okny se nacházejí meziokenní vložky s $U = 0,85 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$, mezi novými plastovými okny s $U = 0,38 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$;
- Podlaha na zemině je tvořena podlahovou krytinou, betonovou vyrovnávací vrstvou tl. 80 mm, izolací proti zemní vlhkosti a základovou železobetonovou deskou tl. 100 mm. Součinitel prostupu tepla $U = 4,28 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$.

Vytápění budovy je realizováno pomocí tepla z výtopny Litoměřice. Předání tepla do objektu je realizováno přes předávací místo osazené v technické místnosti. Soustava není tlakově oddělena od přívodu tepla. Otopný systém je teplovodní s teplotním spádem 90/70 °C. Otopná tělesa jsou litinová článková a jsou opatřena termostatickými ventily s termostatickou hlavicí. Na rozvodu nejsou umístěny regulátory diferenčního tlaku. Regulace otopné soustavy je pomocí termostatických ventilů s termoregulačními hlavicemi a manuálně ovládaných šoupat umístěných na jednotlivých otopných větvích. Termostatické hlavice jsou jediným automaticky fungujícím regulačním prvkem samotného objektu. Regulace otopného spádu je pro daný objekt prováděna centrálně v sídlištní výměníkové stanici na základě ekvitemní křivky. Centrálním zdrojem pro přípravu teplé vody je elektrický boiler o objemu 200 litrů a výkonu 2,2 kW umístěný v 1.NP.

Větrání vnitřních prostor je zajištěno přirozeným způsobem, pouze kuchyň má zajištěno odvětrání pomocí odtahové vzduchotechniky.

Celková roční dodaná energie referenčního stavu budovy je ve výši cca 121 MWh, z čehož 87 % energie tvoří spotřeba tepla na vytápění.

Obrázek 10 Rozložení spotřeby energie v objektu pro výchozí stav



Obrázek 11 Ilustrační foto: původní stav objektu a provádění tepelné izolace



Zdroj: PORSENNA o.p.s.

4. 2. Návrh energeticky úsporných opatření

Soubor navržených opatření zahrnuje:

- **Výměna původních oken a dveří** – výměna veškerých dosud nevyměněných dřevěných oken včetně meziokenních vložek za nová. Instalovány budou prvky na úrovni doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla pro pasivní, tedy $U_w \leq 0,75 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Hodnota odpovídá plastovému rámu se stavební hloubkou min. 88 mm a s izolačním trojsklem $U_g = 0,50 - 0,60 \text{ W}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$ (zasklení 4/18Ar-4-18Ar-4). Výměna střešního světlíku za nový plastový se součinitelem prostupu tepla $U_w \leq 0,90 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- **Výměna meziokenních vložek** – původní meziokenní vložky byly vyměněny za nové s polyuretanovou výplní v min. tl. 100 mm. Součinitelem prostupu tepla $U \leq 0,20 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- **Renovace střešního pláště** - předpokládá zachování stávajícího souvrství střešního pláště až na vrstvu keramického panelu svrchního pláště (PUR Pěna a stávající hydroizolace budou

odstraněny). Na takto upravený svrchní plášť bude nově realizována asfaltová parozábrana, tepelná izolace z pěnového polystyrenu EPS 200 S v min. průměrné tloušťce 280 mm a hydroizolační souvrství. Součinitel prostupu tepla střešního pláště $U = 0,12 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

- **Zateplení obvodového pláště** – optimální tloušťka pro dané okrajové podmínky činí 180 – 260 mm EPS s příměsí grafitu. S ohledem na vysoké vnitřní zisky byla navrženo zateplení systémem ETICS z EPS s příměsí grafitu ($\lambda_D = 0,033 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) v tl. 180 mm. Tepelný izolant bude ke stávající konstrukci upevněn zapuštěným kotevním systémem s tepelně izolační zátkou. Součinitel prostupu tepla $U = 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- **Zateplení soklové části objektu** - Sokl objektu bude obnažen a dodatečně zateplen systémem ETICS z XPS ($\lambda_D \leq 0,034 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$) v tl. 80 - 140 mm, zateplení bude provedeno do hloubky 0,5 m pod úroveň terénu.
- **Osazení stínící techniky** - Jihozápadní fasáda objektu bude osazena vnější stínící technikou snižující riziko přehřívání interiéru v přechodném období a v letních měsících. Osazeny budou elektronicky ovládané vnější žaluzie s natáčivými lamelami.
- **Renovace předávacího místa** – dojde ke kompletní renovaci předávacího místa spočívající v úpravě přívodu tepla do objektu, změny z tlakově závislého systému na tlakově nezávislý, osazení nové regulace jednotlivých větví rozvodů. Každá větev bude opatřena regulátorem tlakové difference pro udržení stejné tlakové difference každé větve i při uzavírání termostatických hlavice a vyvažovacím ventilem.
- **Úprava distribuční části otopného systému** - Podle požadavku investora zůstanou stávající otopná litinová tělesa zachována, v některých případech se pouze přemístí do jiné místnosti, některá se zruší, jedno se rozdělí na dvě, apod. Dále bude provedeno dodatečné zateplení částí rozvodů topné vody.
- **Instalace řízeného větrání s rekuperací tepla** - V rámci renovace objektu bude osazena vertikální vzduchotechnická jednotka zajišťující rovnotlaké větrání objektu s rekuperací tepla s minimální účinností jednotky dle ČSN EN 308 $\eta \geq 80\%$, regulovaný pomocí čidel CO_2 . Teplo odsávaného vzduchu je využito pro předehřev čerstvého vzduchu v rekuperačním výměníku. Jednotka je umístěna mimo bytové místnosti a rozvody budou vybaveny tlumiči hluku, čímž se zajistí příznivá hladina akustického tlaku v bytových místnostech.
- **Obnovitelné zdroje energie** - Na střeše objektu bude nově instalován fotovoltaický systém s plochou $80,6 \text{ m}^2$ a výkonem 13 kWp. V projektu jsou navrženy panely v celkovém počtu 50 ks s jižní orientací (odklon od severu 190°). Předpokládaná výroba energie FV je 13,4 MWh/rok, z toho se 5 MWh/rok energie spotřebuje přímo v objektu, zbylých 8,4 MWh/rok bude dodáváno do sítě.

4. 3. Přínosy projektu

V rámci předprojektové přípravy byla zpracována variantní optimalizace projektu, která stanovila různá přístupu k renovaci objektu z pohledu min. legislativního rámce, podmínek operačního programu životní prostředí, komplexnosti navržených opatření a ekonomických souvislostí.

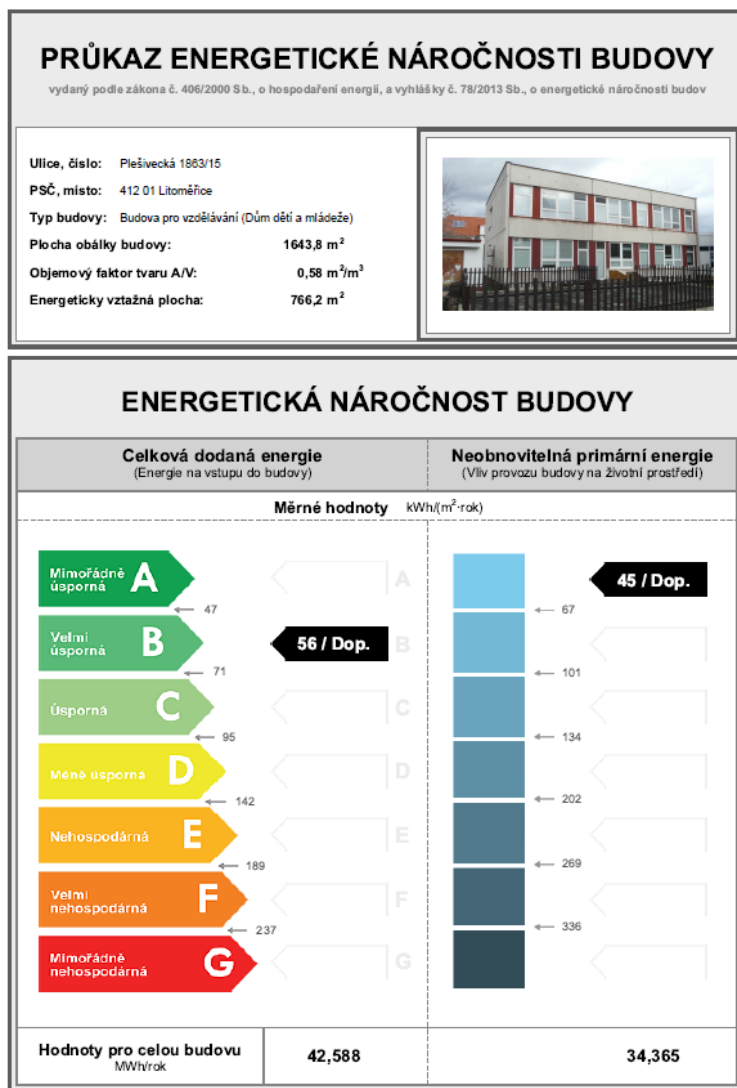
Po realizaci navržených opatření dojde ke k úspoře energie ve výši 83 MWh/rok (69 % oproti původnímu stavu) a úspoře přibližně 134 tis. Kč bez DPH za rok na provozních nákladech za energii. Z pohledu celkové energetické náročnosti budovy dle PENB bude objekt klasifikován do kategorie B – velmi úsporná a kategorie A – mimořádně úsporná z hledu primární neobnovitelné energie.

Měrná potřeba energie na vytápění v navrženém stavu činí $29 \text{ kWh}/\text{m}^2$ za rok a předčí tak svou energetickou úsporností i většinu dnes realizovaných novostaveb.

Ekonomická návratnost navržených opatření je s ohledem na nízkou lokální cenu tepla velmi vysoká (přesahuje 30 let), je třeba však přihlédnout k faktu, že realizací navržených opatření došlo

k celkovému zhodnocení budovy a výraznému zlepšení kvality vnitřní prostředí z pohledu uživatelů. Za ekonomicky uspokojivý stav nelze považovat stav, kdy se objekt nechá chátrat. Z pěti řešených optimalizačních variant měla navržená varianta nejnižší ekonomickou návratnost.

Obrázek 12 Zatřídění do kategorie energetické náročnosti



Zdroj: Grafický výstup grafu PENB, PORSENNA o.p.s.

5. Příklad IIa - Komplexní renovace historické budovy bez zateplení fasády

Budova radnice v Kardašově Řečici - realizováno

Autoři projektu: Ing. arch. Jakub Žiška, Ing. arch. Pavel Šmelhaus

Zdroj: Energeticky soběstačné budovy

5. 1. Popis stávajícího stavu

Dobře připravená oprava historické budovy radnice v Kardašově Řečici nepřinesla městu pouze moderní vnitřní prostory. Budova se chová jako energeticky velmi úsporná. Přitom se podařilo dodržet předpokládaný investiční limit – celá oprava včetně nákladů na projekt a vybavení stála méně než 30 mil. Kč. Dobře dochovaná stavba klasicistní radnice z let 1822–1825 tvoří dominantu náměstí. Budova byla kdysi jako radnice postavena a téměř dvě století bez zásadnějších změn k tomuto účelu využívána. V průběhu staletí byly provedeny jen velmi drobné změny, původní dispozice a konstrukce tak zůstaly poměrně dobře zachované. S postupem let budova přestávala vyhovovat měnícím se požadavkům správy města a začínaly se projevovat i degradující důsledky pronikající vlhkosti v přízemí, kde "dočasně" sídlila i městská knihovna. Zajímavostí bylo, že založení radnice proběhlo dle archivních záznamů za starostování jednoho z prapředků současného starosty MVDr. Petra Nekuta, který současnou proměnu radnice inicioval.

Obrázek 13 Oprava klasicistní budovy z roku 1822 podle architektonického návrhu vybraného v roce 2013 v soutěži byla dokončena na podzim 2016.



Zdroj: Energeticky soběstačné budovy

5. 2. Pečlivá příprava investice

Město nechalo objekt důkladně zaměřit, provedlo podrobný stavebně-historický průzkum, vypracovalo analýzu dosavadního fungování z hlediska provozních nákladů a sestavilo nezbytný stavební program. Ten mimo kanceláří vedení a správy města zahrnoval i zmíněnou knihovnu s více než deseti tisíci svazky a bohatým doprovodným kulturním programem. Rekonstrukcí mělo město získat víceúčelový sál pro své akce a klubovnu, využitelnou pro městský spolkový život. Pro co nejtransparentnější nalezení optimálního provozně-dispozičního a architektonického řešení byla

počátkem roku 2013 vyhlášena veřejná anonymní architektonická soutěž. Cesta otevřené soutěže byla zvolena i přes svou organizační, časovou i finanční náročnost.

Obrázek 14 Interiér objektu byl kvalitně modernizován



Zdroj: Energeticky soběstačné budovy

Vyjádření investora: „Architektonická soutěž o návrh byl sice komplikovaný způsob výběrového řízení, ale vyplatila se a splnila naše očekávání. Opravená budova vypadá nádherně a to jsme přitom dodrželi rozpočet předpokládaný v architektonické soutěži. I když jsme oproti plánu museli udělat celou novou střechu – ukázalo se, že krov byl napadený a museli jsme ho odstranit, stála nás celá stavba včetně vybavení a nábytku méně než 30 mil. Kč,“ uvedl Petr Nekut, starosta Kardašovy Řečice, v září 2016 těsně před uvedením budovy do provozu.

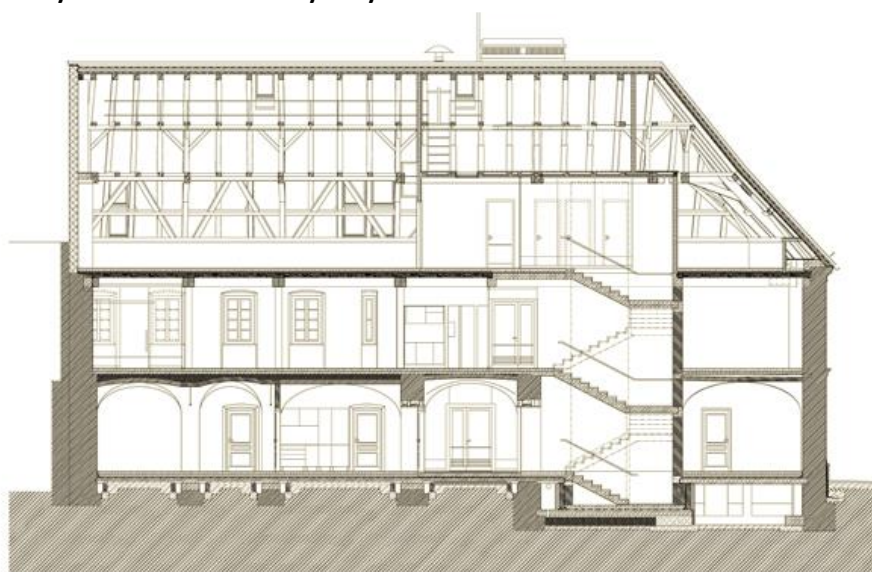
Že šlo o správnou cestu, potvrdila vysoká účast, a porota mohla vybírat z 29 zajímavých návrhů v prvním kole. Do druhého kola hodnocení postoupilo sedm návrhů, z nichž byly tři oceněny, které postoupily do jednacího řízení bez uveřejnění, kde si město vybíralo mezi oceněnými zpracovatele dokumentace. Model jednacího řízení bez uveřejnění umožnil zadavateli jednat s vybranými uchazeči o možných úpravách návrhu, ekonomických parametrech a dalších kritériích, jejichž váhu si investor předem stanovil. Díky tomu, že nerozhodovala jen nejnižší cena nabídky, mohl si zadavatel vybrat optimální variantu z hlediska celkových investičních nákladů a stavebně technického řešení, byť by to znamenalo propracovanější a náročnější projekt. K realizaci byl hodnotící komisí vybrán návrh ATELIERU Žiška s.r.o. od autorů Ing. arch. Jakuba Žišky a Ing. arch. Pavla Šmelhause. Kladně bylo hodnoceno zejména to, že se požadovaná stavební náplň velmi účelně umístila do stávajícího objemu budovy, bez nutnosti dostavby či výrazné nástavby objektu. Exteriér se změnil jen minimálně a funkce radnice je zdůrazněna proskleným vikýřem s hodinami. Vikýř je navíc v místě, kde se kdysi uvažovalo s věžičkou, jejíž základy byly v průběhu stavby v klenbách nad patrem objeveny. Nakonec se do podkrovní stavby podařilo vrátit zpět jako funkční exponát i historický hodinový stroj, věnovaný městu koncem 18. století pány z Jindřichova, který však nikdy nebyl na radnici nainstalován (z důvodů zpoždění výstavby) a přes dvě století odbíjel hodiny na nedaleké kostelní věži, kam byl dočasně umístěn.

5. 3. Stav před opravou

Šlo o typickou klasicistní budovu navazující jednou štítovou stěnou na sousední přízemní dům. Konstrukce postavené ze smíšeného (převážně ale cihelného) zdiva se silou obvodových stěn 45–120 cm. Středem přízemí byl veden průjezd do dvora (užívaný však pouze k průchodu pěších). Nad

přízemím různé druhy kleneb (valená, křížová, česká placka), nad 2. NP byl převážně povalový strop shora zakrytý náspem s půdními dlaždicemi (bez jakéhokoli zateplení), jen ve středu objektu v místě plánované hodinové nástavby a v jihozápadním rohu byly stropy zaklenuté. Nepůvodní špaletová okna měla dodatečně doplněná vnější křídla v líci zdiva – mezi interiérem a exteriérem tak byly dvě dutiny vymezené třemi liniemi zasklení. Tento atypický stav vznikl doplněním vnějších historií evokujících osmi tabulkových oken před moderní dvoukřídlá nečleněná z 20. století, proto byly parametry oken z celého obvodového pláště nejlépe současným normovým požadavkům. Nad celým objektem byl původní valbový krov s krásnou, a dle předaného posudku i dobře zachovanou, konstrukcí ležatých a stojatých stolic, který byl proto od počátku uvažován jako cenný prvek k zachování a přiznání v interiéru. Zdivo neprokazovalo výraznější statické poruchy a zvýšená vlhkost přízemí byla dána relativně vysokou hladinou podzemní vody a absencí jakýchkoli hydroizolačních opatření. Vzhledem k tomu, jak velký vliv má vlhkost zdiva na tepelněizolační vlastnosti, se předpokládalo výrazné zlepšení parametru zdiva po sanačních opatřeních.

Obrázek 15 Podélný řez budovou a další výkresy



Zdroj: Energeticky soběstačné budovy

Radnice měla teplovodní vytápění s litinovými radiátory s mechanickou regulací v každé místnosti. Celý systém byl napojen na centrální zásobování teplem provozované ve městě soukromou společností. Centrální kotelna spaluje biomasu a cena tepla je relativně příznivá, činí cca 410 Kč/GJ. Výměníková stanice a měření spotřeby tepla je umístěno v suterénu radnice. Dle požadavku zadavatele má být tento způsob vytápění pro svou jednoduchost, environmentální příznivost a nízké provozní náklady zachován i do budoucna. S výjimkou atypických oken byly vypočtené parametry tepelného prostupu obvodového pláště oproti minimálním normovým požadavkům pěti až desetinásobně vyšší, proto se od počátku prací uvažovalo o jejich zásadním zlepšení.

Tabulka 1 Energetické parametry stávajícího objektu a požadavky dle ČSN 730540-2:2011 [W/(m².K)]

Konstrukce	Skutečnost U (W/m ² .K)	Požadavek U _{N,20} (W/m ² .K)
Obvodová stěna	1,08 - 2,80	0,30
Strop / střecha šikmá	0,65 - 0,72	0,30
Podlaha na terénu	2,24 - 2,73	0,45
Výplně otvorů	1,40 - 1,60	1,50

Technicky snadno se zateplily podlahy a střecha, došlo k výměně oken. Pro charakteristickou fasádu s bohatou bosází se však nenašla vhodná technologie, která by nepoškodila vzhled a zachovala tradiční

štukované provedení. Konceptně bylo tedy postupováno v souladu s platnou legislativou, kdy veškeré nové součásti obvodového pláště mají své tepelněizolační vlastnosti na úrovni normou doporučených hodnot a původní konstrukce obvodových stěn zůstaly zachovány ve svých parametrech. Alespoň dílčím zlepšením parametrů zdíva bylo důsledné užití tepelněizolačních omítek.

5. 4. Navržené stavební řešení

Koncept realizovaného návrhu umístil veškerý provoz radnice do přízemí, v patře je knihovna (prakticky přes celé podlaží) a v podkroví vznikl víceúčelový sál a klubovna pro městské spolky. Nově všechna podlaží bezbariérově spojuje výtah vedený ve středu trojramenného schodiště vycházejícího ze vstupní haly – bývalého průjezdu. Exteriér zůstal prakticky nezměněn, stranu do náměstí oživuje prosklený střešní vikýř s hodinami. Původně navržená varianta s výraznější vyšší věží působila dle mínění poroty soutěže i místních občanů kontroverzně. Do dvora jsou ve střeše doplněna střešní okna přisvětlující podkrovní prostory. Při rozvržení místností hrály prvořadou úlohu dispoziční požadavky a prostorové možnosti budovy, orientace ke světovým stranám nebyla výrazněji posuzována. Kancelář starosty je proto na sever do náměstí, příslušenství do dvora na jih, knihovna má okna ze severu i jihu. Nad 2.NP je zcela nový strop, kde se původní povaly uložené na zdívu nahradily moderní celodřevěnou konstrukcí z kolíkových panelů od společnosti Chytrý dům podpíraných systémem lepených průvlaků a sloupů.

Obrázek 16 Všechna podlaží spojuje výtah vedený ve středu trojramenného schodiště



Zdroj: Energeticky soběstačné budovy

Krov byl na základě podrobnějšího průzkumu provedeného dodavatelem v průběhu stavby označen za nevyhovující a musela ho nahradit replika. Původní koncept zateplení pomocí nadkrokevního systému z PIR desek však zůstal pro svou funkčnost zachován i po této změně projektu. Samozřejmostí pak byla náhrada střešních vlnovek taškovou krytinou – tradičními bobrovkami. Do líce obvodových stěn byla vsazena špaletová okna (z exteriéru dvojsklo, v interiéru jednoduché sklo), vnitřní i vnější omítky byly provedeny v kombinaci jako sanační a tepelněizolační – takto byla opravena i bosáž přízemí. Sokl

s předseznamem žulovým obkladem zajistí účinné vysychání původní vlhkosti ze zdiva i jeho ochranu před srážkovou vodou. Provedená sanace zdiva byla náročnou kombinací odvětrání podpodlahového prostoru s injektáží a plošnými izolacemi. Dané řešení účinně sníží vlhkost zdiva a v kombinaci s tepelněizolačními omítkami dojde k žádanému zvýšení uživatelského komfortu ve všech místnostech radnice. Výměník tepla napojený na CZT zůstal umístěn v suterénu, distribuce tepla bude probíhat převážně teplovodními tělesy a doplňkově podlahovým vytápěním u vstupu. Ohřev TUV, jejíž spotřeba je zcela minimální, je lokální v několika bojlerách u odběrných míst (umyvadel). Velmi nízká potřeba teplé užitkové vody ekonomicky vyloučila použití např. solárního systému, který by byl na historickém

objektu i esteticky problematický. Do druhé úrovně krovu byla vestavěna technologická místnost se dvěma aktivními VZT jednotkami značky Nilan a doplňkovým cirkulačním ohřevem (pro rychlé vytopení sálu v podkroví). Jedna jednotka obsluhuje prostory radnice a knihovny, kde je podobný provozní režim, druhá jednotka slouží pro větrání a teplovzdušné vytápění podkroví (společenský sál a klubovna). Obě jednotky jsou v provedení umožňující i letní chlazení. Nasávání větracího vzduchu je provedeno pomocí rozměrné atypické hlavice na střeše budovy, esteticky připodobněné k tradičnímu komínu. Pečlivě bylo navrženo vzduchotěsné provedení všech detailů krovu ukládaného na sanované a zpevňované zdivo. To bylo poměrně složité, zejména s ohledem na reálný postup prací a přísné požární požadavky, kladené na veřejnou budovu se spalnými stropy a přiznaným krovem.

5. 5. Energetická koncepce a provozní náklady

Při zvažování efektivity navržených úsporných opatření se vycházelo ze stávajících provozně-ekonomických ukazatelů. Náklady i energetická potřeba byly pro porovnání následně přepočteny na užitnou a vztahnou plochu budovy a porovnávány s různými normovými požadavky. Užitná plocha původní radnice byla cca 415 m², energeticky vztahná plocha 677 m². Masivní zdivo představuje cca 40% půdorysné plochy a to velmi zkresluje porovnání v přepočtu měrné spotřeby energie mezi užitnou a vztahnou plochou. Prostým vydělením průměrné spotřeby 39 130 kWh/rok na vztahnou plochou vyjde cca 58 kWh/m²a, což je překvapivě nízká hodnota, jen málo se lišící od požadavku na dnešní nízkoenergetické domy a málokdo by ji u objektu starého 200 let před provedením úprav očekával. Společná hodnota pro teplo a veškerou elektrickou energii pak představuje cca 80 kWh/m²a. Provedením všech navržených opatření (zateplení střechy, odvlhčení zdiva, regulace otopné soustavy, nucené větrání s rekuperací atd.) se jednak zvýší uživatelský komfort, ale zároveň se dá objektivně předpokládat snížení celkové energetické spotřeby.

Tabulka 2 Spotřeba energie v objektu

	Dílčí vypočtená spotřeba energie v (kWh/rok)	Neobnovitelná primární energie v (kWh/rok)
elektřina	21 810	65 431
soustava CZT (> 80 % biomasy)	47 430	4 743
energie vnějšího prostředí	6 176	0
CELKEM	75 416	70 147

Obrázek 17 Nasávání větracího vzduchu je provedeno pomocí rozměrné atypické hlavice na střeše budovy, esteticky připodobněné k tradičnímu komínu



Zdroj: Energeticky soběstačné budovy

Soustředíme-li se na zásadní a základní faktor využívání obnovitelné a neobnovitelné energie, pak se i do budoucna velmi pozitivně projevuje napojení na centrální zdroj tepla na biomasu.

Při aktuální vztažné ploše 1009 m², která vznikla novým využitím podkroví nad částí půdorysu dokonce ve dvou úrovních, se potřeby energií snadno přepočítávají a hodnota měrné neobnovitelné primární energie (uvedená rovněž v PENB) je cca 70 kWh/m² rok, takže splňuje kategorii B – velmi úsporná. To je u historické radnice, jejíž obvodový plášť nebylo možné dostatečně zateplit, velmi dobrý výsledek, na němž se však výpočtově nejvýrazněji projevil ekologický systém vytápění biomasou z CZT.

Tento způsob vytápění je environmentálně vhodným řešením pro všechny stávající stavby, které nemohou být z nějakých důvodů plně přizpůsobeny současným požadavkům na energeticky úsporné budovy. Porovnáme-li původní měrnou spotřebu tepla na vytápění (58 kWh/m²a) s velmi podrobně propočítanými projekčními předpoklady (47 kWh/m²a), pak je dosažená úspora relativně nízká, asi jen 20 % oproti reálnému původnímu stavu a to zejména ve srovnání s náklady, které byly na důkladnou rekonstrukci vynaloženy a byly plně podřízeny splnění celé řady normových a legislativní požadavků (např. tepelné, hygienické, požárně-bezpečnostní atd.). S ohledem na údaje o spotřebě z předešlých let však lze očekávat hodnoty ještě o něco nižší, než jsou výpočtové. Toto by mělo být předmětem energetického managementu, resp. alespoň monitoringu údajů v budoucích letech.

Získaná data o předešlých energeticko-ekonomických nárocích stavby a projektová dokumentace přesně dokládající realizovaná opatření spolu s daty o budoucí spotřebě energie poslouží k vyhodnocení skutečného efektu této rekonstrukce. Všechny tyto údaje by pak měly posloužit odborníkům z oborů energetiky, stavebnictví a legislativy při dalším zpřesňování metodiky a kalibraci používaných výpočtových modelů. Historický objekt radnice sice nesplnil hodnotou 0,469 W/m²K⁻¹ kritérium průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}, ani hodnotu měrné potřeby tepla na vytápění dle ČSN 73 05 40-2, která stanovují mezi jinými i kritéria pro neobytné budovy blízké nulovému standardu (nejedná se o nulový dům), ale díky napojení na CZT spalující biomasu se nepřekročení hodnoty měrné primární energie stalo splnitelným limitem. Lze konstatovat, že dvě stě let stará stavba splnila jedno z důležitých kritérií, stanovených pro budovy blízké nulovému standardu.

6. Příklad IIb - Renovace historické budovy se zateplením fasády

Budova Národního památkového ústavu Ostrava

Autoři projektu: MS Architekti s.r.o.

Zdroj: Tepelná ochrana budov 2/2017, Marie Bartošová

Opravená budova Národního památkového ústavu v Ostravě chce být vzorem pro rekonstrukce historických objektů. Památkově chráněná budova bývalého zdravotnického zařízení v Ostravě prošla celkovou rekonstrukcí. Statut chráněné památky získala v roce 2010 díky své jedinečné meziválečné architektuře. Budova byla vystavěna v letech 1932 – 1934 ve stylu tzv. moderního purismu. NPÚ připravoval rekonstrukci objektu jako referenční příklad s uchováním autentického vzhledu budovy. Cílem bylo ukázat, jak se památkové objekty mohou věrohodně a kvalitně rekonstruovat. Projekt rekonstrukce byl zpracován velmi podrobně a přesně říkal, jakým způsobem mají být repase a rekonstrukce konkrétních prvků prováděny. Stavební práce probíhaly v období 10/2013 do 7/2015.

Obrázek 18 Vzorová proměna funkcionalistické stavby v nové sídlo ostravských památkářů



Zdroj: Tepelná ochrana budov 2/2017

Mezi největší výzvy patřila repase přibližně stovky velkých špaletových (kastlových) oken. Bylo nutné vsadit izolační okna do venkovních křídel, vyrobit kopie původního kování, obnovit ventilační mechanismus a další.

Náročné bylo provedení škrábané březolité omítky na kontaktním zateplovacím systému. Pravděpodobně první realizace u nás v takovém rozsahu a ve variantě s fenolickými deskami. Březolit byl realizován v chladnějším podzimním počasí, aby omítka nezasychala až příliš rychle, ale později v průběhu zimy bylo naopak nutné uvnitř objektu vytápět, aby unikající tepelná radiace napomáhala proschnutí této tlustovrstvé omítky. Jinak by hrozilo její zmrznutí a následné opadávání.

Zajímavá byla také rekonstrukce interiéru budovy, který byl originálně vyprojektován přímo na míru a nyní nově vyhotoven podle dochovaných fotografií a dokumentů.

Ústřední místností celého objektu je dřevem obložená zasedací místnost s dřevěnou posuvnou dělicí stěnou, kopiemi dobových svítidel a replikami dobového nábytku. Unikátní je také soustava posuvných regálů v nově vybudovaném archivu.

Nelze opomenout, že díky rekonstrukci se objekt dostal do skupiny budov s vynikající tepelnou izolací a byly tak významně sníženy nároky na provoz.

Obrázek 19 Interiér budovy před a po renovaci



Zdroj: Tepelná ochrana budov 2/2017

Při rekonstrukci památkově chráněné budovy v centru Ostravy byly primárně zohledněny požadavky projektanta vyplývající ze zadání nového uživatele, kterým se stal NPÚ územní odborné pracoviště Ostrava.

Stěžejním požadavkem bylo zachování tvarových proporcí a struktury fasády objektu, z čehož jasně vyplynul požadavek na co nejmenší tloušťku izolantu použitého v rámci systému ETICS. Zároveň však bylo nutné splnit požadavek na co nejefektivnější zateplení objektu, konkrétně dodržení nejen požadovaných, ale i doporučených hodnot součinitele prostupu tepla U dle ČSN 73 0540-2, tedy v tomto případě hodnotu $U = 0,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

V rámci rekonstrukce bylo rozhodnuto o obnově původního vzhledu stavby, rekonstrukci interiéru a zlepšení tepelně technických vlastností.

Rekonstrukce zahrnovala:

- Nové skladby jednopláškových plochých střech s klasickým pořadím vrstev
- Vysušení a oprava soklového zdiva včetně nové svislé hydroizolace a drenáže
- Výměna otvorových výplní
- Zateplení obvodových konstrukcí systémem ETICS

Tabulka 3 Tepelně technické parametry budovy

Ochlazovaná konstrukce	Součinitel prostupu tepla před renovací $U \text{ [W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$	Součinitel prostupu tepla po renovaci $U \text{ [W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})]$
Obvodová stěna k zemině	1,05	0,30
Obvodová stěna omítka	1,08	0,23
Obvodová stěna obklad	1,10	0,23
Obvodová stěna schodiště	1,05	1,05
Střecha	0,58	0,16
Podlaha k zemině	2,05	0,41
Okna původní dřevěná	2,35	1,20
Okna stávající plastová	1,40	odstraněna
Okna původní kovová	5,25	1,20
Vstupní dveře	2,30	1,70
Zařazení do klasifikační třídy prostupu tepla obálky hodnocení budovy	F $2,25 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ Velmi ne hospodárná	B $\leq 0,36 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ Úsporná

Požadavek na zlepšení tepelněizolačních vlastností stavby vyplynul z energetického auditu, zpracovaného v prosinci roku 2011, jehož cílem bylo nalezení potenciálu energeticky úsporných opatření ke snížení stávající energetické náročnosti budovy, a jejich posouzení z hlediska energetického a ekonomického při respektování památkových hodnot.

Jak bylo možné předpokládat, tepelně technické parametry obvodových konstrukcí byly z pohledu dnešních požadavků poddimenzované (viz tabulka). V energetickém auditu proto byly navrženy úpravy, směřující k jejich zlepšení, přičemž veškeré úpravy byly pečlivě zvažovány ve vztahu k dochovaným hodnotám. V návaznosti na závěry energetického auditu byly realizovány následující úpravy směřující ke zlepšení tepelněizolačních vlastností:

Vodorovné konstrukce

Ploché střechy, jejichž zateplení je v daném případě z pohledu památkové péče nejméně konfliktní, byly zatepleny izolantem o tloušťce 170 mm (snížení U z $0,58 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ na $0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$). Zateplení podlah v suterénu izolantem o tloušťce 80 mm (snížení U z $2,05 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ na $0,41 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$).

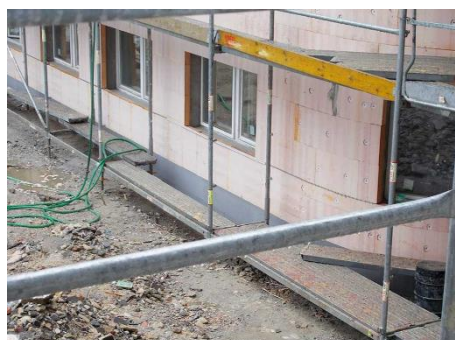
Výplně otvorů

V případě výplní byla zvolena cesta zachování původních dřevěných kastlových oken s připuštěním zásahu do vnějších okenních křídel, jejichž šířka konstrukce umožnila vložení izolačního dvojskla. Prosklené stěny z ocelových profilů v prostoru bočních schodišť by nebylo možno upravit tak, aby vyhověly současným požadavkům, proto byl zhotoven způsob doplnění „před stěnou“. U hlavního schodiště byla realizována replika prosklené stěny za subtilních ocelových profilů s izolačními dvojskly jako náhrada za druhotně osazené plastové okno.

Součinitel prostupu tepla všech okenních výplní byl v projektu původně stanoven na $U_w \leq 1,2 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$. Po prověření technických možností a tepelných předpokladů celé stavby byla zvolena izolační dvojskla ve složení 3-10-3 mm (pro větší plochy 4-10-4 mm), s běžným pokovením typu MVG63, s 10 mm bílým rámečkem TGI, plněný technickým plynem argonem 90%. V obou případech je hodnota $U_g = 1,4 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

Obvodové zděné konstrukce

Zateplení omítaných ploch fasády vnějším kontaktním zateplovacím bylo v daném případě považováno za přijatelné vzhledem k tomu, že byly současně splněny následující předpoklady: architektonické ztvárnění této stavby (hladká fasáda bez zdobných prvků), špatný stav původní dvouvrstvé omítky a možnost obnovy původní povrchové úpravy – škrábané minerální omítky se slídou. Použití kvalitního izolantu, fenolických desek Kooltherm, umožnilo minimalizovat nárůst hmoty a změny proporcí stavby. Tloušťka izolantu je 80 mm (např. minerální vlna by pro dosažení stejného efektu musela být aplikována až v tloušťce 160 mm), celkový nárůst hmoty je však pouze přibližně 60 mm, neboť tloušťka odstraňované původní omítky byla cca 40 mm, zatímco tloušťka repliky břízlíkové omítky je jen cca 10 mm. Snížení U z $1,08 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ na $0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.



Konstrukce s keramickým obkladem

Snížená boční křídla hlavní budovy jsou zateplena z interiéru kalcium-silikátovými deskami o tloušťce 120 mm; soklová část, která je obložena keramickými pásky po celém obvodu budovy, je stejně jako omítané plochy zateplena z vnější strany fenolickými deskami o tloušťce 80 mm, kopie keramických pásků jsou lepeny na izolant. Snížení U z $1,10 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ na $0,23 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.

7. Příklad III - Novostavba v nejlepším energetickém standardu

Budova Základní umělecké školy v Holicích

Autoři projektu: ateliér DOBRÝ DŮM, s. r. o.

Samostatnou kapitolou je příprava a realizace nových budov. Oproti renovacím se vždy začínám na nepopsaném listu papíru a lze tak za daných investičních nákladů vždy realizovat stavbu s velmi nízkou energetickou náročností.

Autory projektu jsou architekti Helena a Dalibor Borákové a ateliér DOBRÝ DŮM, s. r. o.

Příklad základní umělecké školy v Holicích den jako příklad reálného zvýšení užitných vlastností plánované stavby bez současného navýšení investičních nákladů.

Záměrem města Holice byla výstavba nové základní umělecké školy s celkovým rozpočtem okolo 50 milionů Kč. V roce 2010 vznikl projekt nové budovy v klasickém provedení (dle průkazu energetické náročnosti v kategorii C). Následující rok bylo pro tento návrh vydáno stavební povolení. Předpokládané provozní budovy související významně s jeho vysokou energetickou náročností však byly nad finanční možnosti města. Hledalo se proto jiné řešení splňující provozní požadavky při podstatně menších nákladech na provoz. V dubnu 2012 tak byl předložen návrh na změnu celkové koncepce budovy školy s odpovídajícími nízkými provozními náklady – energeticky pasivní budova.



Přínosy změny konceptu budovy:

- Cena realizace byla zachována – cca 52 mil. Kč.
- Snížení provozních nákladů o cca 60 % oproti původnímu návrhu.
- Došlo k zefektivnění využití stávajícího pozemku v centru města – původní návrh počítal se zastavěnou plochou cca 1 170 m², nový návrh využil jen polovinu – cca 590 m². Celkový objem stavby i užitná plocha byly přitom zachovány.

„Podle zkušeností ze stavby můžeme konstatovat, že se nepotvrdily obavy, že půjde o technicky extrémně náročnou stavbu, ačkoliv nároky na preciznost provedení, vysokou profesionalitu a zodpovědnost všech dodavatelů, dělníků a technického dozoru byly vyšší než v případě klasické stavby.“

7.1. Energetický koncept budovy

- Kompaktní a jednoduchý tvar objektu ($A/V = 0,3$).
- Obvodové stěny jsou realizovány z keramických tvarovek typu THERM s kontaktním zateplovacím systémem z minerální vaty v tl. 200 mm, součinitel prostupu tepla ve výši $U = 0,14 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$, tak splňuje hodnoty doporučené pro pasivní domy.
- Ve střešní konstrukci byla jako tepelná izolace použita minerální vata v celkové tl. 400 mm.
- V podlahových konstrukcích na terénu tvoří tepelnou izolaci EPS v tl. 300 mm. Veškeré zdivo je od betonu na terénu odděleno deskami z izolačního pěnoskla o tloušťce 50 mm.
- Okna a prosklené fasádní stěny mají plastové rámy pro pasivní domy a zasklení trojsklem a součinitelem prostupu tepla $U_w = 0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$.
- Koncept větrání zajišťují vzduchotechnické jednotky s rekuperací tepla ve dvou strojovnách, které jsou umístěny v nejvyšších podlažích u západní a východní fasády. Přesto je v každé

pobytové místnosti navrženo alespoň jedno otevíratelné okno pro možné manuální větrání. K zamezení přeslechů mezi učebnami systémem VZT, byly u každé učebny v potrubí osazeny tlumiče hluku.

- Jako ochrana stavby proti přehřívání jsou na východní, jižní a západní straně budovy všechna okna vybavena vnějšími žaluziemi skrytými pod omítkou. Sestava na každé fasádě je samostatně řízena nadřazeným systémem měření a regulace na základě skutečného slunečního svitu dopadajícího na danou fasádu a teplot v místnostech u této fasády. Systém je doplněn i manuálním ovládáním z prostorů jednotlivých učeben. Před konáním akcí lze otevřením oken a klapek, které zde jsou primárně pro odkouření domu při požáru, budovu „předchladit“.
- Pro objekt školy byly navrženy dva systémy vytápění. Pro malé místnosti, převážně učebny na severní straně budovy byl použit samostatný centrální systém teplovodního vytápění. Sály a foyery jsou vytápěny vzduchotechnicky. Část tepla je přiváděna větracím vzduchem, část je zabezpečena klimatizačními jednotkami v reverzním chodu. Zdrojem tepla jsou tepelná čerpadla vzduch–vzduch, která umožňují také případné chlazení.
- Budova byla podrobena testu průvzdušnosti obálky budovy, při kterém byla naměřena hodnoty $n_{50} = 0,2 \text{ h}^{-1}$. To vypovídá o precizním provedení stavby včetně všech detailů.
- Energetická náročnost objektu dle PENB:
 - Měrná spotřeba energie na vytápění cca $8 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$;
 - Měrná spotřeba energie na chlazení cca $3 \text{ kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{rok})$;
 - Třída energetické náročnosti budovy: A – mimořádně úsporná.

7. 2. Architektonická soutěž o návrh

V případě záměru realizace novostavby veřejné budovy lze doporučit využití zadání veřejné zakázky v jednacím řízení bez uveřejnění, kterému předchází architektonická soutěž o návrh. Vítěznému projektu je následně zadáno zpracování projektové dokumentace. Zadavatel díky tomuto způsobu zadání získá konkrétní estetické, dispoziční, funkční a konstrukční řešení požadované stavby, nikoliv jen abstraktní přehled předchozích referenčních zakázek.

Výběr a posouzení nejvhodnějšího návrhu je proveden odbornou porotou na základě předem definovaných kritérií, jejichž součástí jsou i investiční náklady a v optimálním případě i konečné provozní náklady.

Tento způsob zadání veřejné zakázky lze kombinovat s metodou design and build, kdy vítěz soutěže o návrh zpracuje studii nebo projektovou dokumentaci ke stavebnímu povolení, která je následně podkladem pro soutěžení zakázky DB. Případně je v procesu zadání DB využit princip architektonické soutěže o návrh.

Z pohledu energetické náročnosti je možné jako stanovit i požadavky na konečnou energetickou náročnost budovy a způsob, kterým bodu prokázány. Následující příklad zadání požadavků na energetickou náročnost budovy v rámci architektonické soutěže o návrh byl využit ve dvou soutěžích města Říčany. Do architektonické soutěže na komunitní centrum bylo předloženo 10 soutěžních projektů, do architektonické soutěže na základní školu bylo předloženo 20 soutěžních projektů. Všechny projekty byly posouzeny odbornou porotou a ze tří finalistů byly nakonec vybrány vítězné návrhy.

Požadavky na energetickou náročnost, jako součást zadání architektonické soutěže o návrh:

- Budova musí splňovat platné legislativní požadavky na budovu s téměř nulovou spotřebou energie dle zákona č. 406/2000 Sb. §7 odst. 1, písm. b);

- Zadavatel plánuje spolufinancovat stavbu z Operačního programu životní prostředí, prioritní osa 5.2. Budova musí splňovat zde uvedené požadavky na energetickou náročnost budovy.

SLEDOVANÝ UKAZATEL	POŽADOVANÁ HODNOTA
Neprůvzdušnost obálky budovy při tlakovém rozdílu 50 Pa	$n_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
Průměrný součinitel prostupu tepla	$U_{em} \leq 0,35 \text{ W/m}^2\text{K}$, ale nejvýše $U_{em, rec}$
Měrná potřeba tepla na vytápění	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Měrná potřeba energie na chlazení	$\leq 15 \text{ kWh/m}^2\text{a}$
Měrná spotřeba primární neobnovitelné energie	$\leq 120 \text{ kWh/m}^2\text{a}$

- Všechny hodnoty budou v úrovni projektu pro stavební povolení posouzeny nezávislým zpracovatelem na základě průkazu energetické náročnosti budovy zpracovaného v souladu s vyhláškou č. 78/2013 Sb.
- Pobytové místnosti musí mít navrženo a v době přítomnosti osob zajištěno dostatečné trvalé větrání v souladu s normovými hodnotami. Jako ukazatel kvality vnitřního prostředí slouží oxid uhličitý CO_2 , jehož koncentrace ve vnitřním vzduchu nesmí překročit hodnotu 1 500 ppm.

Navržený koncept budovy musí umožnit aplikaci následujících opatření:

- Kvalitní vysoce izolovanou obálku budovy (předpokládá hodnoty dílčích součinitelů prostupu tepla na úrovni 0,6x až 0,7x požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla $U_{N,20}$);
- Prvky pasivní ochrany proti letnímu přehřívání (např. venkovní stínící prvky, vhodné dispoziční uspořádání, příčné provětrání, noční předchlazení venkovním vzduchem, akumulační schopnosti budovy, apod.), vedoucí k minimalizaci systému chlazení, ideálně k jeho vyloučení z konceptu;
- Instalaci nuceného větrání se zpětným získáváním tepla;
- Okolí budovy by mělo být navrženo tak, aby snižovalo vlivu tvorby tzv. tepelného ostrova a v případě možnosti umožňovalo využití přírodě blízkého zasakování dešťových vod (např. zachování vzrostlé zeleně, využití suchých poldrů a vegetačních střech, dostatečná plocha vegetace s půdou v okolí, minimalizovaná plocha nepropustných ploch s vysokou tepelnou akumulací, využití světlých barev, apod.)

Jako vhodné (ne však povinné) doplnění konceptu doporučujeme:

- Energeticky úsporný systém vnitřního osvětlení budovy;
- Efektivní využití obnovitelných a alternativních zdrojů energie;
- Instalaci systému šetrného hospodaření s vodou v budově (např. využití šedých či dešťových vod, přímou úsporu pitné vody, apod.);
- Možnost integrace vegetace v rámci obálky budovy.

Pro možnost porovnání předložených návrhů bude jako součást předloženého soutěžního návrhu předloženo:

- Schématický náčrt (půdorys a řez) rozdělení vytápěných a nevytápěných zón budovy (vytápěné $> 18^\circ\text{C}$ – červená; temperované $10 - 18^\circ\text{C}$ – zelená; nevytápěné $< 10^\circ\text{C}$ – modrá);

- Ideové grafické znázornění navrženého energetického konceptu budovy (např. na řezu objektem);
- Popis energetického konceptu budovy:

Ukazatel	Popis navrženého konceptu (max. 1.000 znaků)
Faktor A/V navržené budovy (poměr plochy obálky vytápěné části objektu k jejímu objemu)	
Koncept větrání a vytápění garážových prostor	
Obálka budovy (z pohledu tepelně izolačního standardu)	
Navržený koncept prvků pasivní ochrany proti letnímu přehřívání	
Stručný popis konceptu chlazení budovy	
Stručný popis konceptu vytápění	
Koncept zajištění trvalého větrání venkovním vzduchem	
Návrh konceptu na eliminaci tvorby tzv. tepelného ostrovu	
Koncept energeticky úsporného systému osvětlení budovy	
Koncept efektivního využití obnovitelných a alternativních zdrojů energie	
Systém šetrného hospodaření s vodou v budově	
Využití vegetačních ploch v rámci obálky budovy	
Další	

7. 3. Metoda Design and build

Design-Build je způsob zadávání výstavbových projektů a představuje sloučení funkce projektanta a dodavatele stavby do jedné osoby. Mezi výhody tohoto způsobu zadávání zakázek patří zejména časová úspora a záruka projektanta-zhotovitele za výsledek. U těchto projektů je často hodnocen dlouhodobý efekt projektu, takže může být preferována vyšší počáteční investice s nižšími náklady v průběhu životního cyklu projektu před klasickou soutěží na nejnižší cenu. To umožňuje investorům realizovat z dlouhodobého hlediska kvalitnější projekty. Díky této metodě také odpadají problémy

s požadavky na dopracování projektových dokumentací, chybějícími položkami ve výkazech výměr a s nimi související vícepráce.

V České republice je této metody využíváno zejména v oblasti dopravní infrastruktury, ale nově se začíná prosazovat i v oblasti budov. Projekty DB jsou vhodné jak pro novostavby, tak pro komplexní rekonstrukci a modernizaci budov, které zahrnují kompletní modernizaci energetického hospodářství. Určující bude rozsah požadovaných funkcí budovy a s tím související rozsah technologického vybavení budovy. S ohledem na zvýšené nároky na přípravu zadání projektu DB se bude jednat nejčastěji o projekty o velikosti investice 50 mil. Kč a více.

Čím se metoda vyznačuje:

- Odpovědnost za zpracování projektové dokumentace projektu přenesena zcela, nebo částečně, na zhotovitele
- Objednatel stanoví věcné požadavky na výkon a funkci projektu (může je stanovit i po dobu jeho provozování)
- Není dělená odpovědnost za projekt = přenos rizik/odpovědnost za výsledek za splnění věcných požadavků na výkon a funkci projektu je na zhotoviteli
- Vyšší jistota dodržení nabídkové ceny
- Zhotovitel je motivován k využití svého inovačního potenciálu
- Nižší riziko diskriminačního zadání díla (požadavkem na konkrétní výrobky, řešení apod.)
- Zkušenost zadavatele se samotnou realizací projektů DB nemusí být velká (je však nezbytné zajistit i ve spolupráci s externími poradci přípravu kvalitního zadání projektů DB)

Hlavní předpoklady úspěšné realizace projektů design-build:

- Vytvoření kvalitního přípravného týmu poradců pro zpracování zadání projektu DB a výběr zhotovitele
- Zpracování kvalitního zadání projektu DB = stanovení vhodných věcných požadavků na výkon a funkci (výkonové parametry)
- Vhodné nastavení smluvních podmínek pro realizaci projektu DB
- Zajištění efektivního procesu výběru vhodného zhotovitele, který bude schopen realizaci projektu DB zajistit