

# NÁVRH OPATŘENÍ PRO ADAPTACI BUDOV NA ZMĚNU KLIMATU

Říjen 2015

Hlavní autoři:

Ing. Michal Čejka, Šance pro budovy

Ing. Jan Antonín, Šance pro budovy

Oponent:

Ing. Jiří Šála, CSc. – MODI

Zpracováno v rámci projektu „Národní strategie adaptace budov na změnu klimatu“ podpořeného grantem z Islandu, Lichtenštejska a Norska.



Zakládající partneři



Významní partneři



Partneři



Šance pro budovy je aliance významných oborových asociací podporující energeticky úsporné stavebnictví. Sdružuje **Centrum pasivního domu**, **Českou radu pro šetrné budovy**, **Sdružení EPS**, **Asociaci výrobců minerální izolace**, **Asociaci poskytovatelů energetických služeb** a **Asociaci energetických specialistů**. Reprezentuje přes 300 firem napříč hodnotovým řetězcem výstavby a renovace budov. Šance pro budovy usiluje o dosažení mnohočetných společenských přínosů, které s sebou energeticky úsporné budovy nesou.

## Obsah

Obsah.....	1
Manažerský souhrn .....	3
Shrnutí očekávaných dopadů změny klimatu v podmínkách České republiky .....	4
1. Úvod .....	5
1.1. Specifika přístupu – novostavba.....	5
1.2. Specifika přístupu - renovace .....	6
Celková renovace .....	6
Dílčí renovace .....	6
1.3. Omezení polohou budovy .....	7
Užší centra měst.....	7
Širší centra měst.....	7
Městské periferie a vesnice .....	7
2. Adaptační opatření .....	8
2.1. Obálka budovy.....	8
Tepelně izolační standard .....	8
Teplotní útlum konstrukce .....	9
Stavební detaily (pro návaznosti konstrukcí) .....	9
Průvzdušnost objektu.....	10
Využití slunečního záření .....	10
Specifické případy .....	10
2.2. Ochrana proti letnímu přehřívání .....	11
Prosklení a stínící prvky .....	12
Dispoziční uspořádání .....	14
Noční předchlazení.....	15
Materiály se změnou skupenství .....	16
Specifické případy .....	16
2.3. Energetické systémy budovy .....	17
Vytápění .....	17

Chlazení .....	18
Řízené větrání.....	20
Obnovitelné zdroje energie .....	22
2.4. Hospodaření s vodou.....	22
Obecná charakteristika .....	23
Přímé úspory .....	23
Kořenové čističky .....	24
Využití srážkových vod jako provozní vody .....	24
Využití srážkové vody jako vody pitné .....	25
Využití šedých vod.....	25
Využití tepla z odpadních vod .....	25
Využití vody z čisticích stanic pro závlahu rostlin.....	26
Přírodě blízké hospodaření se srážkovými vodami .....	26
2.5. Opatření v okolí budovy .....	27
Integrace zeleně v rámci budovy .....	27
Úprava nejbližšího okolí stavby.....	28
2.6. Mechanická odolnost a speciální materiály .....	29
Zdroje .....	30

## Manažerský souhrn

Podle v současnosti známých údajů bude patřit Česká republika k méně postiženým oblastem změnou klimatu. I přesto její dopady přivodí řadu problémů. Mezi nejdůležitější negativní vlivy změny klimatu patří nárůst průměrné roční teploty venkovního vzduchu a s tím související zvýšení četnosti tropických dní a nocí a nárůst délky trvání jejich souvislých období. Za velmi důležitý projev lze považovat i změnu množství a distribuce dešťových srážek, která na jedné straně způsobí prodloužení suchých období a na druhé straně zvýšení počtu přívalemých dešťů.

Stavebně-technická opatření, která adaptují budovy na projevy změny klimatu, zahrnují zlepšení tepelně technických vlastností obálky budovy, realizaci opatření zamezujících přehřívání interiéru, zefektivnění stávajícího energetického hospodářství budovy, zajištění efektivního hospodaření s vodou a celkovou úpravu okolí objektu tak, aby maximálně předcházela zhoršení místních klimatických podmínek, například posílení jevu známého jako městský tepelný ostrov.

Budova by měla být realizována s **kvalitní, vysoce izolovanou obálkou budovy**, zajišťující nejen velmi nízkou spotřebu energie na vytápění v zimě a chlazení v létě, ale i vysokou celoroční stabilitu vnitřního prostředí objektu (včetně případu přerušování dodávky tepla a chladu). **Míra prosklení** jednotlivých fasád objektu a **akumulační schopnosti** budovy mají umožňovat získání energie ze slunečního záření v zimních měsících, ale současně předcházet nadměrné tepelné zátěži v letních měsících.

Nutností aplikace systému chlazení je vhodné předcházet vhodným **zasazením budovy do krajiny, využitím okolní zeleně, koncepčním návrhem** samotné stavby, **volbou materiálů a barevností** jednotlivých konstrukcí uvnitř i vně budovy, **vnějším stíněním prosklených částí** a využitím možnosti **nočního předchlazení**. Je-li pro dané funkční využití objektu i po realizaci těchto opatření návrh chladicího systému nezbytný, je vhodné navrhnout systém s nízkými energetickými nároky. V rámci celkového energetického konceptu je potřebné zajistit pokrytí části potřebné energie **místními obnovitelnými zdroji energie**. Důležitá je instalace systému **řízeného větrání s rekuperací tepla**.

Mimo zajištění nízké energetické náročnosti budovy adaptované na změnu klimatu, musí její koncept obsahovat i systém **šetrného hospodaření s vodou**. Důraz je kladen na snížení spotřeby pitné vody a její významné nahrazení šedou či dešťovou vodou. Má být umožněna dostatečná retence vody pro delší časové období bez srážek a na druhou stranu zajištěna schopnost pojmout přívalemých dešť. Spotřebu dešťové vody a recyklaci použité pitné vody lze řídit pomocí filtračního zařízení, jež umožní vícenásobné využití vody. Důraz by měl být kladen na využití a případné zasažení vody v místě dopadu srážek s minimalizací nároků na její odvod kanalizací. Dešťová voda může být využívána k zavlažování zeleně vnitrobloků a zahrad či postřikům zpevněných ploch v letním období.

Mimo adaptační opatření mající vliv na samotnou budovu, musí návrh objektu obsahovat i prvky ovlivňující **mikroklima v jeho okolí**. Takovými prvky jsou např. zelené plochy a vzrostlé stromy či integrace vegetace přímo na budově formou zelených střech či fasád. 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 plochami umožňujícími přirozené zasakování vody co nejbližší jejímu dopadu. Důležitou součástí prevence tepelných ostrovů ve velkých aglomeracích je i volba barevnosti povrchů a jejich odrazivosti.

### **Shrnutí očekávaných dopadů změny klimatu v podmínkách České republiky**

Česká republika bude podle studie Univerzity Karlovy [1] a dalších relevantních studií [2] patřit k oblastem méně postiženým změnou klimatu. I přesto její dopady přivodí řadu problémů, které se budou bezprostředně dotýkat i sektoru stavebnictví a lidských sídel.

1. Do roku 2040 se průměrná roční teplota vzduchu na našem území zvýší cca o 1 °C, průměrná roční teplota vzduchu v ČR stoupne do r. 2060 až o 2,5 °C.
2. Zvýší se pravděpodobnost výskytu, intenzity i délky trvání souvislých vln extrémně vysokých teplot až na dvojnásobek oproti období do roku 2000.
3. Počet tropických dní (nad 30 °C) a nocí (nad 20 °C) vrostе v některých oblastech až na dvojnásobek.
4. Počet arktických (maximální teplota během dne nepřesáhne -10 °C), ledových (teplota se během celého dne drží pod bodem mrazu) a mrazových (minimální teplota během dne klesne pod bod mrazu) dnů bude klesat.
5. Budou se zvyšovat zimní srážkové úhrny, letní srážkové úhrny budou naopak klesat, významně vzroste počet dnů bezsrážkového období a riziko vzniku sucha, zvýší se riziko vzniku požárů.
6. Vzroste riziko přívalových dešťů a následných lokálních povodní, zvýší se maximální průtoky, ale nejspíše poklesnou průměrné a minimální průtoky řek, případně bude docházet k úplnému vyschnutí toků.
7. Vzroste riziko vzniku městských tepelných ostrovů, tedy městských oblastí se znatelně vyšší teplotou než je v jeho okolí.
8. Zvýší se četnost extrémních povětrnostních jevů (vichřice, tornáda).

## 1. Úvod

Účelem tohoto dokumentu je navrhnout vhodný soubor stavebně-technických opatření, který přispěje k adaptaci budov na očekávané projevy změny klimatu na území České republiky. Pro každé z navržených opatření je dále stanoven rámec doporučeného rozsahu realizace. Studie je podkladem pro debatu o úpravě legislativního prostředí a možnostech podpory adaptačních opatření.

Opatření adaptující stavby na změnu klimatu jsou popsána obecným způsobem se snahou zohlednit jejich vzájemné synergické vlivy. V praxi vždy existují jistá omezení pro konkrétní budovu. Vliv některých omezení může být snížen či zcela eliminován vhodným koncepčním řešením, vyžadujícím vědomý přístup v průběhu optimalizačního procesu jejich návrhu. Vždy je tak nutné kombinaci vhodných opatření přizpůsobit technickým podmínkám konkrétního projektu či budovy.

Pokud půjde o adaptaci novostavby na změnu klimatu, bude zvolený přístup jiný, než v případě návrhu opatření u renovace stávající budovy. Stejně tak se budou lišit zvolené přístupy v případě jednotlivých renovací, kde je paleta možných omezujících vlivů nejširší. Doplněním této studie jsou příklady dobré praxe [3] zahrnující různé typy budov a postupů řešení, nicméně uvedené příklady nelze pouze převzít bez jejich přizpůsobení místním podmínkám.

Důležitým procesem podmiňujícím optimální návrh adaptačních opatření je analýza stávajícího stavu budovy, definování všech možných způsobů řešení a nalezení toho nejefektivnějšího procesem postupné optimalizace. Tento proces zahrnuje i posouzení synergických vlivů se zpětnou vazbou k úpravě jednotlivých dílčích opatření tak, aby tvořila funkční celek.

Důležitým faktorem uplatnění adaptačních opatření v praxi je vzájemné propojení a spolupráce různých specialistů ve fázi předprojektové přípravy. Již v těchto počátečních fázích je třeba optimalizovat vlivy jednotlivých opatření a vzájemně koordinovat různé specializované profese. Tento přístup není v současnosti běžný (specialisté jsou k projektu přizváni až v pokročilých fázích projektové přípravy). Lze tak předpokládat zvýšení požadavků na odbornost a ucelenost přístupu u projekčních a realizačních společností, i v jejich vzájemné spolupráci.

### 1.1. Specifika přístupu – novostavba

Téměř neomezené tvůrčí možnosti v případě návrhu a realizace novostaveb nekladou významnou technickou a ekonomickou bariéru výstavbě budov adaptovaných v plném rozsahu na změnu klimatu. Omezujícími faktory návrhu novostavby jsou charakter pozemku (svah, hustě zastavěné území, proluka, apod.) a místní územně plánovací regulace. I přesto se lze, až na výjimky, těmto omezením přizpůsobit úpravou koncepčního řešení objektu.

Těžiště hospodárného návrhu novostavby leží na bedrech koncepčního architektonického návrhu v počátečních fázích přípravy projektové dokumentace – tzn. ve studii. Nevhodně zvoleným

konceptem stavby se významně zvyšuje nákladovost a snižuje možný rozsah aplikace adaptačních opatření.

V principu nesmí novostavba zatížit své okolí vlivy zhoršujícími adaptaci sídla na změnu klimatu. Naopak, nová budova by měla vzhledem k velké šíři možných realizovatelných opatření překračovat rámec požadavků platné legislativy a vyvažovat omezené možnosti použitelných opatření v případě renovací stávajících budov. V případě novostaveb je možné aplikovat všechny principy adaptačních opatření s maximálním možným efektem a současně minimálními investičními vícenáklady.

## **1.2. Specifika přístupu - renovace**

Přizpůsobení se změně klimatu ve stejném rozsahu jako v případě novostaveb je u renovací nemožné nebo ve vhodných případech pouze za předpokladu vyšších ekonomických nákladů. U renovací tak bude vždy hledán způsob, jakým dosáhnout optimálního poměru mezi zmírněním následků souvisejících s klimatickou změnou na budovu a přípustnou výší investičních nákladů.

### **Celková renovace**

Jedná se o renovaci objektu zahrnující koncepční, dispoziční a konstrukční úpravy, v rámci které lze aplikovat ucelená opatření s vysokým vlivem. Aplikovaná opatření jsou ekonomicky efektivnější, protože mají vyšší účinnost, využívají synergických vlivů a koncepčních změn. Současně je možné vybírat investičně dostupnější řešení ze širší palety technologických možností. Tento způsob renovace však vyžaduje vysokou počáteční investici, což bude u některých vlastníků hlavní bariérou pro tento přístup.

### **Dílčí renovace**

Jedná se o objekty s právně či konstrukčně omezenými možnostmi realizace komplexních opatření (např. památková ochrana, omezení prostorových možností, apod.). V případě objektů bez těchto omezení představuje dílčí řešení nižší míru investice s ohledem na nekomplexnost řešení (kromě chybějících koncepčních opatření často není přístupováno k úpravě interiéru a konstrukčního systému, instalaci řízeného větrání s rekuperací, renovaci celé obálky budovy, apod.), případně rozložení celkové renovace do delšího časového úseku (postupnými kroky). Jednotlivé dílčí kroky renovace musejí být plánovány tak, aby realizací jednoho opatření nebyla zablokována efektivní realizace opatření následujícího.

Dílčí renovací často nelze zajistit adaptaci stavby na změnu klimatu v dostatečné míře, lze jen omezit následky klimatických jevů dle finančních možností stavebníka. Zpravidla je její ekonomická efektivita horší, protože lze vybírat jen z omezeného počtu opatření s celkově nižším vlivem.

Přesto existuje i v oblasti dílčích opatření optimální řešení s parametry vysoké konečné kvality. Tím je odvíjení dílčích renovací od komplexního návrhu – dílčí renovace pak budou časově oddělenými etapami plnit konečný cíl, kterým je komplexní řešení. Tento přístup vyžaduje mírně vyšší investici do

sofistikovanější přípravy (na počátku je třeba navrhnout komplexní řešení a z něho vyčlenit první dílčí etapu vzájemně provázaných opatření, jejíž základ tvoří obvykle nejúčinnější opatření z komplexního řešení).

### **1.3. Omezení polohou budovy**

#### **Užší centra měst**

Budovy v užším centru města jsou zpravidla nejvíce vystaveny vlivu tepelného ostrova, problémům s odtokem vody z přívalových dešťů, zhoršené kvalitě vzduchu, apod. Urbanistická struktura místa je pevně daná a neumožňuje významnější změny. Památková ochrana určuje možnosti úpravy objektů. Aplikace některých technologií či výraznější změna konceptu budovy (přístavby, nástavby, apod.) je prakticky znemožněna. Aplikace uliční zeleně je problematická či neřešitelná. Změna či volba materiálové struktury vnějších povrchů je významně omezena.

Realizace adaptačních opatření je značně omezena a většinou neumožňuje komplexní vyvážený přístup. Cílem aplikace adaptačních opatření v těchto částech města je snížit dopady změny klimatu na uživatele budov v přiměřené míře daným omezením.

#### **Širší centra měst**

Tato část města není tolik zatížena tepelnými ostrovy a často již obsahuje významný podíl zeleně (stromořadí, parky, zelená prostranství, vnitrobloky). Zástavba není tak zahuštěná jako v centrech. Umožňuje aplikaci nové uliční zeleně a zelených pásů a zasakovacích ploch v rámci chodníků. Zástavba je podobná jako v centru města, většinou však není zatížena památkovou ochranou omezující aplikaci jednotlivých opatření. Ve většině případů se zde stále ještě vyskytují plochy určené pro novou zástavbu. Renovace budov umožňuje komplexnější přístup s možnostmi koncepčních změn.

#### **Městské periferie a vesnice**

Tato část města není tolik zatížena tepelnými ostrovy a často již obsahuje významný podíl zeleně (především zahrady). Charakter zástavby je značně proměnlivý, často není čistě městského typu, spíše odpovídá individuálnímu bydlení (rodinné domy) s rozvolněnou zástavbou. Urbanistická struktura místa je daná, ale na mnoha místech se teprve vytváří a lze ji tak přímo ovlivnit.

Adaptační opatření na budovách lze realizovat v široké a téměř libovolné míře. Renovace budov umožňuje komplexní přístup s možnostmi koncepčních změn. Budovy v této oblasti lze zcela adaptovat na změnu klimatu s přípustnou výší investičních nákladů.



## 2. Adaptační opatření

### 2.1. Obálka budovy

Koncepčně by měl být objekt realizován s kvalitní vysoce izolovanou obálkou budovy, zajišťující nejen velmi nízkou spotřebu energie na vytápění a chlazení, ale také vysokou celoroční tepelnou stabilitu vnitřního prostředí objektu (včetně případu přerušení dodávky tepla a chladu) a umožňující významné pokrytí potřeby energie výrobou z vlastních obnovitelných zdrojů.

*Zdůvodnění: Nízký stupeň izolování obálky budovy významně snižuje pocitový tepelný komfort v zimním období a současně zvyšuje riziko přehřívání interiéru v letním období. Čím je nižší stupeň izolování obálky budovy, tím rychleji objekt vychládá v případě přerušené dodávky tepla, a tím vyšší finanční nároky jsou spojené s jeho provozem.*

#### Tepelně izolační standard

Parametrický návrh kvalitativní úrovně tepelně izolačních vlastností obálky budovy by měl být optimálně nastaven na úrovni hodnot doporučených pro pasivní domy (uvedených v tabulce 3 ČSN 730540-2:2011). Stanovené rozpětí hodnot dobře charakterizuje jak stavby s kompaktním tvarem (nízká hodnota A/V), u nichž by měly být voleny hodnoty při horním okraji rozpětí, tak stavby méně kompaktní (vysoká hodnota A/V), s hodnotami na úrovni spodního okraje uvedeného rozpětí. Nastavení tepelně izolačních parametrů obálky budovy na úrovni blízké pasivnímu standardu usnadňuje zajištění dostatečné stability vnitřního prostředí, nízkou spotřebu energie na vytápění i chlazení a možnost pokrytí významné části dodávky energií z vlastních zdrojů.

Plnění tepelně izolačních požadavků úzce souvisí s vlastnostmi a tloušťkou aplikovaných tepelných izolantů. Požadavky na vyšší izolační standard s sebou přinášejí i požadavky na větší tloušťku běžně dostupných tepelných izolantů, případně využití speciálních tepelných izolantů a izolantů s velmi nízkou tepelnou vodivostí. O výsledném součiniteli prostupu tepla spolurozhoduje i způsob zabudování izolantu do konstrukce, který musí cílit na maximální snížení vlivu systematických tepelných mostů, jako jsou např. dřevěné a kovové prvky či mechanické kotevní systémy. Tyto prvky systematicky narušují rovinu tepelné izolace a zhoršují tak tepelně izolační vlastnosti celé konstrukce. Požadavek na eliminaci tohoto vlivu zvyšuje nároky na kvalitu detailního řešení jednotlivých konstrukcí tvořících obálku budovy, včetně zohlednění nevyhnutelných nedokonalostí při provádění. Vhodnou kombinací vlastností tepelné izolace a způsobu jejího zabudování do konstrukce tak lze, při zachování celkového součinitele prostupu tepla, významně ovlivnit celkovou tloušťku zateplení i vliv jednotlivých stavebních detailů.

Velmi progresivně se v současné době rozvíjejí technické parametry zasklení. Technologie zasklení s použitím tenkých skleněných fólií dosahuje při celkové tloušťce zasklení 150 – 200 mm a rozdělení na dvanáct paralelních dutin hodnoty  $U_g = 0,10 - 0,15 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ , což je pět krát nižší hodnota než dnes běžně používané trojsklo.

## **Teplotní útlum konstrukce**

S aplikací tepelných izolantů a návrhem celé skladby obvodového pláště budovy souvisí i správné nastavení jejího teplotního útlumu (rozdílu teplotní amplitudy mezi vnější a vnitřní teplotou) a s tím souvisejícího fázového posuvu tepelného kmitu (časový úsek, který leží mezi okamžikem nejvyšší teploty na vnější straně konstrukce a analogickým okamžikem nejvyšší teploty na vnitřní straně). Obě tyto veličiny vyjadřují dynamickou schopnost konstrukce pohltit a zdržet prostup energie obálkou budovy, čímž lze zajistit požadovanou stálost vnitřního prostředí.

Obě zmíněné veličiny jsou závislé na objemové hmotnosti, tepelné kapacitě, tloušťce a tepelné vodivosti materiálů, z nichž je konstrukce složena. Velmi důležité je i jejich umístění v rámci skladby, především v souvislosti s rychlostí reakce teploty vzduchu v interiéru na změnu výše vnitřních a solárních zisků.

Toto téma je velmi důležité především u lehkých stavebních konstrukcí s malým tepelným útlumem (např. dřevostavby, ocelové konstrukční systémy, vylehčené termické tvárnice, apod.). Čím větší je teplotní útlum konstrukce, tím menší bude i reakce vzestupu/snížení teploty v interiéru budovy na kolísání teploty v exteriéru. Fázovým posunem lze nastavit posun doby mezi maximální teplotou v exteriéru a maximální teplotou v interiéru tak, aby se projevil v době, kdy lze vnitřní prostředí efektivně ochladit (např. nočním větráním).

## **Stavební detaily (pro návaznosti konstrukcí)**

S kvalitativní úrovní tepelně izolačních vlastností obálky budovy v ploše souvisí i řešení stavebních detailů s důrazem na minimalizaci vlivu tepelných mostů mezi konstrukcemi, pro které je normou zaveden rozlišovací termín „tepelné vazby“. Řešení těchto stavebních detailů může u pasivních domů ovlivnit celkovou energetickou náročnost objektu až o 25 % (oproti minimální předepsané přírážce prostupu tepla bez podrobného vyhodnocení). Proto je vhodné usilovat o doporučení normy, aby se celkový vliv úrovně řešení stavebních detailů na navýšení prostupu tepla blížil nule. Pouze v případě renovací lze uvažovat o zmírnění tohoto požadavku na doporučení a připustit tak vyšší míru tolerance.

Úroveň kvality řešení stavebních detailů přímo souvisí s jednoduchostí navrženého koncepčního řešení objektu. Ten by měl cíleně předcházet vzniku rizikových míst, případně omezovat jejich počet. Kvalitativní úroveň jejich řešení je tedy založena již v počátečních fázích tvorby projektu – ve studii. Rizikovými místy jsou běžné detaily s vysokou četností (např. napojení oken a dveří na stěnu či střechu, napojení stěny na střešní rovinu, napojení stěny na základ, napojení vytápěných prostorů na nevytápěné, napojení stěny na nevytápěný suterén, apod.) a detaily speciální (napojení balkonu na stěnu, osazení žaluziových truhlíků, bodové napojení prvků na stěnu a střechu, apod.). Nevhodné koncepční řešení objektů s výskytem velkého rozsahu obtížně řešitelných detailů přináší nutnost aplikace speciálních druhů tepelných izolací, případně jejich složitějšího zabudování, které neúměrně navyšují ekonomickou náročnost objektu.

## Průvzdušnost objektu

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.

## Využití slunečního záření

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.

Dodržení výše uvedených zásad vede k minimalizaci dimenze a návrhu technických zařízení budovy s významnými možnostmi dosažení energetické soběstačnosti objektu.

## Specifické případy

Na počátku záměru renovace objektu by měla být provedena základní koncepční rozvaha změny způsobu jeho funkčního využití a s tím související úprava teplotního zónování a dispozičního řešení. V praxi se nejčastěji jedná o využití suterénních prostor budovy, které byly původně navrženy a realizovány jako nevytápěné prostory. Pokud je tomuto prostoru při renovaci přiřazen charakter vytápěného prostředí, pak musejí být současně realizovány potřebné tepelně vlhkostní úpravy. Ty jsou s ohledem na stav konstrukce a související zemní práce výrazně nákladnější než úpravy v nadzemních částech budovy. Další vhodnou změnou prostorového řešení je doplnění často chybějícího zádveří. Tepelné chování objektu může výrazně ovlivnit doplněná přístavba výtahu, která

kvůli netěsnosti dveří do výtahové šachty může přenést své specifické mikroklima do oblasti schodiště a chodeb.

V procesu renovace stávajících budov existují významná omezení z pohledu realizovatelnosti tepelně technické sanace obálky budovy, úpravy konstrukčního systému, řešení stavebních detailů, možnosti dosažení nízké průvzdušnosti objektu či možnosti optimalizace geometrie a orientace oken. Všechna výše uvedená opatření by měla být realizována na maximální možné úrovni, kterou tato omezení umožní.

Tato úroveň odpovídá v případě obálky budovy horní úrovni hodnoty součinitele prostupu tepla doporučeného pro pasivní domy dle normy, při změně jednotlivých konstrukcí pak hodnotě doporučené touto normou. Jedná-li se o komplexní renovaci, lze doporučit úpravu orientace, velikosti a geometrie oken tak, aby došlo ke zlepšení jejich energetické bilance. U dílčích renovací se nejvíce uplatní optimalizace technických vlastností rámu okna a jeho zasklení. Řešení stavebních detailů bude vždy specifické, přesto nelze připustit vznik významných tepelných mostů. U složitých případech lze aplikovat stavební tepelné izolace se speciálními vlastnostmi (např. vakuová izolace, aerogel, fenolická deska, apod.).

Důležitým cílovým aspektem renovací je stabilizace vnitřního prostředí v zimním i letním období, se snahou minimalizovat nároky na instalace či dimenzování technického zařízení budovy, úspora energie je obvykle řešena až druhotně.

## **2.2. Ochrana proti letnímu přehřívání**

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.

*Zdůvodnění: 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. Míra prosklení jednotlivých fasád objektu a jejich orientace by měly umožňovat získání energie ze slunečního záření v zimních měsících, ale současně předcházet nadměrné tepelné zátěži v letních měsících. Stupeň prosklení obálky budovy stávajících i nových objektů tak 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. Případně lze celý koncept objektu přizpůsobit požadavku na minimalizovanou tepelnou zátěž vnitřního prostředí.

*Zdůvodnění: Vysoký stupeň prosklení budovy bez venkovních stínících prvků významně zvyšuje riziko přehřívání interiéru, zvyšuje technické, energetické a ekonomické nároky na systém chlazení a zásadně narušuje tepelnou pohodu uživatele. Vyšší míra prosklení současně zvyšuje celkovou*

*energetickou náročnost budovy (tepelná ztráta shodné plochy prosklené fasády je 4x – 10x vyšší než tepelná ztráta stěny, chlazení přehřáté budovy vyžaduje dvou až třínásobně vyšší spotřebu energie než vytápění o stejný teplotní rozdíl).*

Dispoziční uspořádání objektu by mělo respektovat nejen jeho teplotní zónování, ale i umožnit odvod tepla z nadměrné tepelné zátěže interiéru (např. vysoká atria, přirozené provětrání interiéru s vyšším rozdílem tlaků, apod.). Součástí tohoto konceptu je i doporučení realizace tzv. pasivního nočního předchlazení konstrukcí, využívajícího akumulaci schopnosti budovy k jejich přirozenému předchlazení v letním období. Nutností aplikace systému chlazení je vhodné předcházet vhodným osazením objektu do krajiny, využitím okolní zeleně, koncepčním návrhem samotného objektu, volbou materiálů a barevností jednotlivých konstrukcí uvnitř i vně budovy, vnějším stíněním prosklených částí a využitím možností nočního předchlazení. 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.

*Zdůvodnění: Klimatické podmínky v České republice stále umožňují ve většině případů (u obytných budov a jim typově blízkým téměř vždy) při správném koncepčním návrhu budovy vyloučit nutnost aplikace systému aktivního chlazení. Některé systémy chlazení mohou mít při nevhodném návrhu nepříznivý vliv na zdravotní stav uživatelů budovy. Je proto vhodné v první řadě ověřit nutnost jeho aplikace a případně jej nahradit či doplnit alternativními způsoby chlazení.*

Problematiku kvality vnitřního prostředí v letním období lze pro konkrétní budovu podrobit podrobnějšímu hodnocení pomocí tzv. dynamického modelování chování budovy, ve kterém je v hodinových krocích hodnocena reakce budovy na klimatické podmínky. V rámci návrhu opatření pro adaptaci budov na změnu klimatu lze tento způsob modelování doporučit především u složitějších a technologicky náročnějších objektů.

## Prosklení a stínící prvky

Míra prosklení není jen formou architektonického vyjádření, ale zcela zásadně ovlivňuje energetickou náročnost objektu, kvalitu vnitřního prostředí a technické požadavky na instalované systémy. Zvolená míra prosklení jednotlivých částí budovy musí být opodstatněna energetickou analýzou a srovnána s variantami nižšího stupně prosklení. Při vyšším rozsahu prosklení je třeba požadovat zlepšení tepelně izolační vlastnosti výplní otvorů z pohledu kombinace celkového součinitele prostupu tepla a solární tepelné propustnosti zasklení a zajištění stínění.

Optimální stupeň prosklení jednotlivých fasád je nutné posuzovat nejen z pohledu tzv. kladné energetické bilance oken, ale i z pohledu snížení tepelné zátěže interiéru v letním období. Orientace, velikost a geometrie oken společně s technickými parametry zasklení rozhodují nejen o nízké energetické náročnosti budovy v zimě, ale i o velikosti tepelné zátěže v létě a s tím související nutnosti instalace systému chlazení. Tomuto návrhu je tak třeba věnovat značnou pozornost již v úvodních fázích přípravy projektu – ve studii.

Zajištění obou protichůdných požadavků na okna (více energie v zimě, méně v létě) je možné pouze se současným návrhem stínících prvků. Stínící prvky lze jednoduše rozdělit na pasivní neboli pevné – bez možnosti změny polohy, a aktivní – s možností změny polohy či rozsahu stínění. Dále je možné je z hlediska umístění rozdělit na vnitřní – umístěné v interiéru objektu, a vnější – umístěné v exteriéru. Specifickým případem jsou stínící prvky mezi skly (vhodné řešení např. u repase či repliky dvojitých oken).

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. Možnosti technického řešení osazení stínících prvků v novostavbách i renovacích stávajících budov jsou v současné době dostatečně široké na to, aby neomezovaly estetické a funkční ztvárnění objektu a současně umožňovaly integraci stínících prvků na dostatečně vysoké technické úrovni.

**Aktivní vnější stínící prvky** - z pohledu účinnosti snížení tepelné zátěže jsou neúčinnějším možným řešením. Umožňují absolutní (100%) odstínění přímého slunečního záření se současným zachováním požadavků na denní osvětlení místností (např. žaluzie). Existují samozřejmě výrobky (např. okenice, rolety, zásuvné stěny, apod.), které po jejich zavření, spuštění či zasunutí nepropouštějí denní světlo do interiéru či propouštějí jen jeho část (např. screenové rolety, perforované zásuvné stěny, apod.). Po započtení vlivu užívání se reálná účinnost snížení tepelné zátěže pohybuje v rozmezí 50 – 80 %. Vnější prvky jsou investičně náročnější a vyžadují určité prostorové nároky s technologicky složitějším způsobem správného zabudování (bez tepelných mostů). Na trhu je celá škála výrobků s různými způsoby zabudování. Okenice a zásuvné stěny se aplikují přímo na fasádu objektu a jsou často využívány jako výrazný architektonický prvek. Žaluziové či roletové systémy se nejčastěji instalují skrytě v rámci zateplovacího systému či v rámci nadokenního překladu. Existují i instalace v rámci samotného okenního profilu. Vnější stínící prvky mohou být ovládány buď ručně, nebo automaticky pomocí elektroniky. Automatický způsob ovládání umožňuje integraci tohoto systému do tzv. inteligentního řízení domu, které změnu polohy stínících prvků ovládá na základě aktuálního oslunění či časového harmonogramu.

**Vnitřní stínící prvky** - dosahují velmi nízkých účinností stínění, to je však vyváženo jejich nízkou investiční náročností a menšími prostorovými nároky. V případě stálého zatemnění odstíní vnitřní prvky maximálně 50 % slunečního záření. Za takových podmínek však místnost nesplňuje požadavky na denní osvětlení. V případě polohy lamel zajišťujících dostatečnou míru denního osvětlení klesá jejich účinnost k nule. Ke stanovení reálné účinnosti tohoto typu stínění je nutné započítat vliv uživatele, který systém ovládá. Reálně tak tyto prvky sníží tepelnou zátěž interiéru o přibližně 5 až 25 %. Technické nároky na instalaci těchto prvků jsou minimální a lze je aplikovat dodatečně bez stavebních úprav. Podstatně účinnější variantou vnitřních stínících prvků jsou meziokenní stínící prvky aplikované nejčastěji u špaletových oken. Výhodou tohoto umístění je pozice odstínění slunečního záření blíže exteriéru a s tím spojená vyšší účinnost snížení tepelné zátěže (cca 15 – 40 %). Investiční náročnost je přitom podobná jako u stínících prvků v místnosti.

Nutnost aplikace stínících prvků a stanovení jejich vlastností se provádí na základě posouzení stability místnosti v letním období dle ČSN 73 0540-2:2011 s požadavkem na maximální vzestup teploty vnitřního vzduchu v interiéru u obytných budov nad 27 °C za normou stanovených okrajových podmínek. I při splnění tohoto požadavku je v praxi teplota vzduchu v interiéru vyšší než 27 °C, je-li venkovní teplota vzduchu během dne vyšší než 30 °C. V souvislosti se změnou klimatu významně poroste i počet dní s venkovní teplotou nad 30 °C a tím i počet dní, kdy bude významně narušena tepelná pohoda uživatelů budov. Stavba adaptovaná na změnu klimatu by měla zajišťovat vyšší komfort užívání, než stanovuje současné legislativní prostředí. Plnění současných legislativních požadavků je v drtivé většině případů možné pouze za předpokladu realizace venkovních stínících prvků.

K efektivnímu snížení tepelné zátěže ze slunečního záření lze využít například i technologie samozatmavitelných (chromogenních) skel. Na rozdíl od běžných skel reflexních, která své vlastnosti nemění, lze u chromogenního zasklení jeho vlastnosti upravovat. To se pozorovateli jeví jako změna zabarvení skla. Změna spektrální propustnosti může být způsobena změnou teploty skla, chemickou reakcí, intenzitou ozáření, působením elektrického napětí či vrstvou tekutých krystalů. Důležitým faktorem je vyvážení světelné i tepelné propustnosti v závislosti na venkovních podmínkách a provozu budovy.

## Dispoziční uspořádání

Dispoziční uspořádání objektu významně spolurozhoduje o nutnosti aplikace chladicího systému, případně o jeho potřebném výkonu. Vhodným dispozičním návrhem budovy tak lze významně snížit investiční náklady na realizaci jejího technického zařízení. Základní principy možností aplikace pasivního či alternativního systému chlazení musejí být zahrnuty již v rámci prvotní fáze přípravy objektu – tzn. ve studii. Nevhodné dispoziční řešení významně snižuje účinnost těchto energeticky nenáročných způsobů chlazení, které jsou následně nahrazovány vyššími výkony běžných aktivních systémů.

Za vyhovující návrh dispozičního řešení lze považovat takový, který umožňuje přirozené příčné provětrání jednotlivých místností, případně jejich provětrání přes společné atrium či větrací šachty. V takovém případě lze efektivně využít tzv. nočního předchlazení konstrukcí. Tento způsob chlazení je podmíněn i přítomností dostatečně velké akumulární hmoty v interiéru, která významně pomáhá stabilizovat vnitřní prostředí budovy. Nevhodným řešením je zakrývání vnitřních akumulárních ploch (stropní konstrukce, vnitřní stěny a příčky, podlahy, apod.) materiály s nízkou akumulární schopností (např. vzduchová vrstva podhledu, tepelné izolace, sádrokarton a jiné obkladové desky, apod.). V interiéru vždy musí zůstat významná část akumulární hmoty nezakryta.

Z hlediska teplotního zónování je důležité objekt funkčně a dispozičně rozdělit na teplé a chladné zóny. Pracovní prostory s dlouhodobým pobytem osob a tedy i vyššími požadavky na kvalitu vnitřního prostředí je vhodné umístit do v létě chladnějších zón (např. zón s vyšší akumulární schopností). Naopak prostory, kde lze krátkodobě připustit horší kvalitu vnitřního prostředí, lze situovat do v létě teplejších zón. Funkčně i dispozičně je vhodné eliminovat společné působení vnitřní tepelné zátěže

(od osob a zařízení) se solární tepelnou zátěží. Prostory s vysokou tepelnou zátěží od přítomných osob (např. přednáškový sál) v kombinaci s jejich dlouhým pobytem není vhodné dále zatěžovat umístěním na jihovýchodní až jihozápadní fasádě s vysokým stupněm prosklení.

## Noční předchlazení

V klimatických podmínkách ČR je možné zvolit jednoduchý princip chlazení objektu, který je založen na tepelně akumulacích schopnostech budov a jejich ochlazení chladným nočním provětrávaným vzduchem. Tepelná zátěž akumulovaná v masivních konstrukcích budovy je během noci s nízkými teplotami vzduchu (ideálně nejméně o 10 °C nižší než je teplota v místnosti) odvedena ven průtokem chladnějšího venkovního vzduchu. V principu tak dochází k předchlazení vnitřní akumulací hmoty budovy, která je ve dne schopna pojmout další energie z nadměrné tepelné zátěže. Tento jednoduchý způsob předchlazení vnitřních konstrukcí není funkční ve dnech, kdy teplota venkovního vzduchu přesahuje i v noci cca 20 °C. Rizikem pro správnou funkci tohoto systému jsou městské tepelné ostrovy, které vytvářejí v okolí objektu trvale vyšší teploty, čímž snižují jeho účinnost a možnou délku jeho efektivního provozu. Eliminaci tohoto negativního vlivu lze zajistit např. přiváděním vzduchu přes podzemní kolektory, které ho před vstupem do budovy dostatečně ochladí.

Nejúčinnější způsob nočního provětrání (předchlazení budovy) je využití rozdílu tlaků vzduchu mezi interiérem a exteriérem, případně pomocí šachtového větrání. Doplňkově lze využít nočního provětrání pomocí systému řízeného větrání, jehož účinnost je omezena výkonem větrací jednotky.

V případě požadavku na využití nočního předchlazení je třeba jeho základní principy začlenit do konceptu návrhu budovy již ve studii. Budova musí mít vhodně navržené přívodní a odvodní otvory, které zajistí co nejučinnější provětrání. Je možné použít servopohonu pro otevírání oken, případně i speciálních větracích otvorů (štěrbín) s automatickým nastavením průtoku. Velkou pozornost je třeba věnovat i ochraně proti dešti a nebezpečí nepovoleného vniknutí do objektu. Pro maximální využití proudění vzduchu vlivem větru je třeba zajistit příčné provětrání okny na obou stranách budovy, nebo dostatečně velkými větracími otvory propojujícími jednotlivé místnosti s chodbou případně atriem. Pro umožnění proudění vlivem rozdílných hustot uvnitř a venku je třeba zajistit svislé šachty. Ty mohou být realizovány formou speciálních vzduchových šachet nebo atrií. Zvýšení tlakové difference v letních měsících umožní použití tzv. solárních komínů (slunečních kolektorů), které ohřívají odváděný vzduch, a tím zvyšují rozdíl tlaků vlivem rozdílných hustot vzduchu.

Nezbytnou podmínkou funkce tohoto způsobu chlazení je přítomnost dostatečně velké nezakryté akumulací plochy uvnitř budovy. V interiéru by se tak měly uplatňovat prvky s vysokou tepelnou kapacitou a objemovou hmotností, kolem nichž bude chladný vzduch volně proudit. Tepelně akumulací hmota budovy použitelná pro útlum kolísání teplot v denním cyklu je tvořena vrstvou při vnitřním povrchu konstrukcí stěn, stropu a podlah do hloubky 40 až 100 mm.



## Materiály se změnou skupenství

Tyto prvky lze využívat k tzv. pasivnímu chlazení budov. Ochlazování vnitřního prostředí funguje na jednoduchém fyzikálním principu, který využívá změnu skupenství látky z pevného na kapalné. Při tomto procesu se spotřebuje velké množství energie (přibližně 10 x více než kdyby ke změně skupenství nedošlo), která se v době vysokých teplot může „uložit“ do těchto speciálních prvků. Ty tak dokážou absorbovat teplo, které by za jiných okolností neúměrně zvyšovalo teplotu v interiéru. V době, kdy klesá okolní teplota pod bod tání příslušné látky (rozmezí 24 – 30 °C), je toto teplo zpětně uvolňováno do interiéru. Velmi efektivně lze tyto prvky využít s tzv. nočním předchlazením konstrukcí, kdy je teplota během dne absorbována těmito specializovanými materiály a v noci, kdy teploty klesají pod 24 °C, je za pomoci proudícího venkovního vzduchu, kterým provětráme interiér, odvedena ven z budovy.

## Specifické případy

Tvarové řešení, dispoziční a funkční uspořádání jednotlivých zón, materiálová struktura, orientace oken a stupeň prosklení, umístění budovy do krajiny a úprava parteru objektu musí odpovídat specifickým podmínkám funkčního využití stavby. Ne zcela ideální řešení jedné části může být do jisté míry vyváжено nadstandardním řešením části jiné. V případě novostaveb jsou omezení minimální, proto lze pracovat s mnoha možnostmi a variantami řešení bez nutnosti připustit vyšší energetickou náročnost - vysoká kvalita vnitřního prostředí se v tomto případě bezpodmínečně vyžaduje.

V případě renovací stávajících budov existují i u komplexního řešení významná omezení. Upřednostněno by mělo být řešení koncepčního charakteru (vysoká akumulční 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.).

Míru prosklení jednotlivých fasád stávajících objektů nelze ovlivnit vůbec nebo jen částečně. Je-li však tato možnost, měly by úpravy směřovat ke zvýšení pasivních solárních zisků v zimních měsících a zároveň k předcházení nadměrné tepelné zátěži v letních měsících. Jižně, východně a západně orientované prosklené plochy je vhodné doplnit o aplikaci speciálního zasklení či venkovních stínících prvků (pevných i pohyblivých), které budou pasivně i aktivně chránit budovu před letním přehříváním.

Úpravy dispozičního uspořádání stávajících objektů by měly vést k provoznímu oddělení prostor s různými nároky na kvalitu vnitřního prostředí, předcházet zvýšení tepelné zátěže interiéru, případně umožňovat její odvedení z objektu. Součástí tohoto konceptu je i ověření možností realizace tzv. pasivního nočního předchlazení konstrukcí, jehož částí je i zachování vysokých akumulčních schopností budovy. Součástí nočního předchlazení může být i snaha o využití možností přirozeného větrání objektu pomocí stávajících šachet a průduchů a jejich případné doplnění sofistikovanějším způsobem regulace. Omezení tepelné zátěže interiéru lze částečně zajistit i vhodným provozně funkčním rozdělením a využitím objektu, jež zohledňuje nepřítomnost osob ve dnech či v době

s nejvyšší solární tepelnou zátěží. Některé objekty tak mohou mít v tropických dnech dočasně omezený provoz.

### **2.3. Energetické systémy budovy**

Je-li objekt chráněn před vnějšími vlivy kvalitní obálkou budovy a zahrnuje-li jednoduché principy využití slunečního záření v zimě, stínění v létě a pasivního předchlazení, lze pokrýt zbývající minimální dodávku energie efektivním návrhem technického zařízení budovy. V rámci celkového energetického konceptu je vhodné zajistit pokrytí co největší části potřebné energie místními obnovitelnými zdroji energie. Vždy by měla být ověřena možnost instalace systému řízeného větrání s rekuperací tepla. V případě potřeby je vhodné tento systém navrhovat i pro potřeby tzv. nočního předchlazení konstrukcí budovy venkovním vzduchem.

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.

*Zdůvodnění: Energeticky nenáročné objekty umožňují širší uplatnění energeticky efektivních systémů zajišťujících výrobu, dodávku a distribuci energie v budově. Současně otevírají možnosti ekonomicky dostupného a technicky vyváženého návrhu a integrace obnovitelných zdrojů energie. Ty mohou umožnit energetickou soběstačnost budovy i při výpadku dodávek energie z veřejné sítě (ať už jde o elektřinu, zemní plyn či dálkové teplo). Systém řízeného větrání s rekuperací tepla je jedním z nejeftivnějších způsobů zajištění dostatečné kvality vnitřního prostředí z pohledu koncentrace CO<sub>2</sub> a vlhkosti vnitřního vzduchu při současném zajištění vysoké energetické efektivity.*

Na základě realizace opatření snižujících tepelnou zátěž vnitřního prostředí je nutné zvážit nutnost instalace nového či úpravy stávajícího systému chlazení budovy. Návrh systému by měl respektovat v maximální míře požadavky na vysokou účinnost distribuce a výroby chladu se současnou minimalizací spotřeby energie.

*Zdůvodnění: V ideálním případě je úkolem stavebních opatření eliminovat potřebu chladu v budově a až následně v případě potřeby zajistit jeho efektivní výrobu a distribuci.*

#### **Vytápění**

Za předpokladu vysokých tepelně-izolačních vlastností obálky budovy, nízké průvzdušnosti a instalace systému řízeného větrání s rekuperací tepla jsou tepelné ztráty objektu sníženy na minimální možnou úroveň. Současně s optimalizovaným návrhem míry prosklení jednotlivých fasád budovy, využívajícím slunečního záření k pokrytí významné části potřeby tepla na vytápění, dojde k významné redukci délky topné sezóny. Otevře se tak možnost využití širšího spektra zdrojů energie.

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 teplotně nosné 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 a 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). Výsledná nízká spotřeba energie na vytápění, a tedy i nízké provozní náklady objektu, zpřístupní instalaci zdrojů energie, které spotřebovávají paliva s vyšší nákupní cenou (zemní plyn, pelety, elektrická energie, apod.). V této souvislosti je možné očekávat změnu struktury spotřeby dle využitého paliva.

V případě výpadku provozu zdroje energie na vytápění, např. v souvislosti s výpadkem dodávky energie či v případě poruchy zdroje, je dosažený energetický standard blízký pasivním domům (novostavby, komplexní renovace) schopný udržet teplotní úroveň vnitřního prostředí po dostatečně dlouhou dobu nutnou k obnovení chodu tohoto zdroje. Objekt vychládá velmi pomalu a díky významnému podílu tepelných zisků na celkové energetické bilanci dosahuje vyšších stabilizovaných teplot v případech dlouhodobého odstavení zdroje tepla.

## Chlazení

Obecně lze přistoupit k problematice chlazení dvojím způsobem. První představuje návrh efektivních prvků pasivního chlazení cílících na úplné vyloučení systému aktivního(strojního) chlazení z konceptu budovy (umožňuje většina budov v podmínkách České republiky, zvláště rezidenčních a jim typově podobným). Druhý přístup připouští nutnost instalace systému strojního chlazení (v České republice jen u malého počtu typologických druhů staveb) a cílí na snížení návrhového výkonu zdroje a s tím

spojené celkové energetické náročnosti. Volba konkrétního přístupu závisí i na lokalitě, ve které se objekt nachází. Jinak je nutné přistupovat k objektu v horských podmínkách a jinak k objektu zatíženému městským tepelným ostrovem. Základní principy pasivního chlazení jsou uvedeny v kapitole 2.2, která se věnuje ochraně budovy proti letnímu přehřívání. Tato kapitola se bude věnovat především popisu možností realizace energeticky efektivních systémů strojního 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), chladivem (chladivovým 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.

V současné době jsou nejčastěji používány systémy vzduchové. Jejich výhodou je multifunkčnost systému řízeného větrání, který je v tomto případě navíc vybaven zařízením pro úpravu vnitřního prostředí (vytápění, chlazení, vlhčení, odvlhčování, apod.). Rozvod čerstvého vzduchu, tepla i chladu je tak řešen centrálně jedním systémem. Dodávku chladu pro tento systém zajišťuje centrální zdroj napojený na jednotlivé větrací jednotky. Přenosový výkon tepla/chladu je vždy omezen množstvím větraného vzduchu, jeho tepelnou kapacitou a maximální/minimální přípustnou přenosovou teplotou. Pro účely vytápění a chlazení je tak často nutné systém řízeného větrání naddimenzovat o požadované množství cirkulačního vzduchu, aby byly pokryty požadované výkonové charakteristiky systému vytápění a chlazení. S ohledem na fyzikální děje související s úpravou vzduchu a jeho celkově větší větrané množství je nutné tyto systémy často doplňovat o zařízení upravující i vlhkostní parametry větraného vzduchu. V systému se tak vytvářejí umělé a stálé parametry vnitřního prostředí, které při nevhodném nastavení mohou způsobit zdravotní obtíže.

Druhým nejčastějším systémem, využívaným především u renovací stávajících budov, je díky svým malým prostorovým nárokům systém chladivový. Interiér objektu je po jednotlivých místnostech vybaven vnitřními chladícími jednotkami. Ty jsou rozvody chladiva propojeny s jednotkami venkovními (kondenzátory), které zajišťují odvod tepla z budovy. Právě s ohledem na plošné nároky venkovních jednotek je použití tohoto systému u větších budov značně omezené. Umístění venkovních jednotek je nutné zvažovat i z pohledu jejich hlučnosti a situovat je do míst, kde nebudou zatěžovat své okolí.

Z hlediska kvality vnitřního prostředí a komfortu uživatelů jsou nevhodnějšími a nejpřirozenějšími systémy vodní, především pak tzv. chladící stropy. Jejich použití je však investičně nákladnější a v případě stávajících budov může být problematické z hlediska prostorových nároků. Systém pracuje s relativně vysokou teplotou chladící vody (vysokoteplotní chlazení). Ve spojení s možností udržovat vyšší teplotu vzduchu v klimatizovaném prostoru (díky chladicímu účinku sálání stropu) vede jeho uplatnění k významným úsporám energie. Citelná tepelná zátěž prostoru je odváděna velkoplošnými, vodou chlazenými panely, které jsou instalovány většinou do podhledů místností, ale mohou být umístěny i přímo ve stropní konstrukci. Paralelně pracující vzduchotechnické zařízení pak může přivádět pouze potřebný minimální průtok čerstvého venkovního vzduchu (bez nutnosti cirkulace vnitřního vzduchu a jeho vlhkostní úpravy) a jeho úkolem je pak zejména odvod tepla vázaného ve

vodní páře. Pokud chladicí výkon stropu nepostačuje pro odvod tepelné zátěže, doplňuje se chlazení i do přiváděného venkovního vzduchu, avšak s řádově nižšími výkonovými požadavky. Systém rozvodu chladu lze spojit i se systémem rozvodu tepla a stejným systémem objekt vytápět.

Zdroje chladu můžeme dělit na zařízení založená na oběhu chladiva (absorpční, kompresorová), termoelektrické chlazení (Peltierův článek) a alternativní způsoby chlazení využívající chlad z okolního prostředí jako je noční chlazení vzduchem, zemní chlazení či chlazení adiabatické.

Běžné kompresorové chlazení o nižších výkonech je možné vhodně doplnit napojením na fotovoltaický systém, který je neúčinnější právě v době s největší tepelnou zátěží budovy a tedy i potřebou chladu. Předpokladem vysoké efektivity systému je optimalizace požadovaného příkonu systému chlazení s výkonem fotovoltaické elektrárny na budově. Příkon systému chlazení lze snížit aplikací principů pasivního chlazení a osazením účinného soustrojí s vysokým chladícím faktorem. Dostupný výkon fotovoltaické elektrárny na budově je ve většině případů omezen plochou vhodně orientovaných obalových konstrukcí (střecha, stěny), na něž je možné panely připevnit.

Vzhledem k tomu, že sálavé chladicí systémy pracují s poměrně vysokou teplotou chladicí vody (minimálně 16 °C), je možné využít zdrojů chladu s nižším potenciálem (vyšší teplotou) - zemní výměníky, podzemní voda, vodní toky. Tento systém tak umožňuje efektivně pracovat s celoročně dostupnými zdroji chladu bez nutnosti využití složitějšího kompresorového chlazení. Systém využívající tzv. energetických pilot využívá energii z podzákladí v zimě k předehřevu topné vody a v létě k ukládání přebytečného tepla z chlazení.

Poslední zajímavou zde uvedenou možností chlazení jsou sorpční chladicí zařízení poháněná energií ve formě tepla (80 až 120 °C pro absorpční zařízení, 180 až 350 °C pro adsorpční zařízení). Zdrojem energie absorpčního chlazení mohou být mimo technologické teplo např. i solární termické kolektory, které jsou v době největší tepelné zátěže neúčinnější. Po zbytek roku pak zajišťují přípravu teplé vody.

Tepelnou energii z chlazeného prostoru, běžně odváděnou do venkovního prostředí, lze využít k dalším procesům odehrávajícím se v budově. Má-li některá část budovy výrazně vyšší tepelnou zátěž (od vnitřních zdrojů či slunce) než jiná, je možné tepelnou energii odebranou z chlazeného prostoru předat do prostoru, který je třeba v danou chvíli vytápět, případně ji využít k předehřevu vody.

## Řízené větrání

Instalace řízeného rovnotlakého větrání souvisí především s dosažením požadované kvality vnitřního prostředí z pohledu koncentrace CO<sub>2</sub>, vlhkosti a ostatních škodlivin ve vnitřním prostředí. Za optimální úroveň koncentrace CO<sub>2</sub> v interiéru je považována tzv. Pettenkoferova konstanta, rovna hodnotě 1 000 ppm (0,1% podíl CO<sub>2</sub>). Přípustná výše koncentrace v místnostech s vyšším počtem osob a jejich dlouhodobým pobytem je 1 500 ppm. Obě tyto hodnoty jsou v budovách s přirozeným větráním běžně překračovány. Systém řízeného rovnotlakého větrání je jediným systémem, který je

schopen zajistit dlouhodobé plnění požadavků na přípustnou koncentraci CO<sub>2</sub> ve vnitřním prostředí se současným plněním požadavků na stabilitu vnitřního prostředí.

Instalace řízeného rovnotlakého větrání doplněná o systém zpětného získávání tepla zajistí plnění hygienických požadavků na dostatečnou výměnu vzduchu v interiéru, se současným požadavkem na nízkou energetickou náročnost. 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, podrobněji popsánemu v kapitole 2.2.

U budov s funkčním využitím vyžadujícím vyšší výměnu vzduchu tvoří tepelné ztráty větráním velmi významný podíl na celkových tepelných ztrátách objektu. I v případě realizace obálky budovy na vysoké kvalitativní úrovni tak nelze bez instalace řízeného rovnotlakého větrání se zpětným získáváním tepla dosáhnout požadované celkové úrovně nízké energetické náročnosti a dostatečné dlouhodobé stability vnitřního prostředí.

Součástí předpokladu dosažení vysoké účinnosti instalovaného systému a celkové nízké energetické náročnosti je požadavek na dosažení minimální průvzdušnosti objektu, který je blíže popsán v kapitole 2.1. U budov s vysokou průvzdušností je instalace tohoto systému neefektivní a nelze ji tak doporučit bez současné realizace opatření, která úroveň neřízeného proudění vzduchu obálkou budovy sníží.

Realizace tohoto zařízení vyžaduje prostorové nároky na umístění větrací jednotky a realizaci její distribuční části (přívodního a odvodního potrubí). Prostorové nároky zařízení jsou tím vyšší, čím vyšší výměna vzduchu je požadována. Umístění menších bytových jednotek je možné v rámci sníženého podhledu, větší jednotky mají samostatné strojovny umístěné v suterénu, v rámci jednotlivých podlaží nebo na střeše objektu. U novostaveb je možné již při tvorbě konceptu uvažovat s instalací tohoto zařízení v plném rozsahu bez nutnosti navýšení investičních nákladů. V případě renovace budovy je umístění jednotky a trasování rozvodů složitější a je třeba respektovat specifické podmínky dané budovy. U těchto budov lze připustit nižší míru komfortu distribuce vzduchu za předpokladu významného zjednodušení celého systému. V případě, že realizace systému řízeného větrání se zpětným získáváním tepla je v objektu či jeho části technicky nerealizovatelná, lze systém nahradit např. nuceným podtlakovým větráním, založeným na regulované infiltraci vzduchu do budovy a řízeném mechanickém odtahu vzduchu. Tento systém kromě nízkého užitného komfortu neumožňuje ani využití zpětného získávání tepla a jeho předání vzduchu přiváděnému. Je tedy nevhodný pro objekty s nízkou energetickou náročností. Při řešení větracího systému je třeba přednostně dbát na jeho nízkou akustickou zátěž a na možnost snadného a účinného čištění celého systému, zejména rozvodů.

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) 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. Příklad 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.

## 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 navyšování 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.

## 2.4. 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 pojmut přivalový 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 zasažení 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.

*Zdůvodnění: Využití dešťové a šedé vody s případnou aplikací retenčních a filtračních systémů zvyšuje soběstačnost objektu a jeho dlouhodobou udržitelnost. V urbanizované krajině dojde ke snížení nároků na stávající technickou infrastrukturu (vodovod, kanalizace), v budově však dojde ke zdvojení rozvodů. Cílem je snížit spotřebu kvalitní pitné vody pro účely užitkového využití (toaleta, technologie, apod.).*

## Obecná charakteristika

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.

U novostaveb lze bez významných omezení ovlivnit přímou úsporu pitné vody instalací příslušných úsporných spotřebičů a následně navrhnout některý ze systémů nepřímé úspory vody. 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.

## Přímé úspory

Nejjednodušším způsobem přímé úspory vody je změna návyků konečných spotřebitelů. Další významnou součástí je instalace úsporných spotřebičů (myčka, pračka, apod.). Velmi jednoduchým opatřením je instalace pákových baterií, úsporných sprchových hlavice či osazení výtokových baterií perlátory. Tato opatření dokážou ušetřit 30 až 60 % vody ve srovnání s běžně užívanými prvky. Významným současným spotřebitelem pitné vody jsou toalety a pisoáry (v domácnostech cca 30% podíl, komerční budovy 50 až 60% podíl). V této oblasti je zatím nejčastějším opatřením instalace



tzv. duálního splachování. Existuje i celá řada toalet s minimální spotřebou vody, kdy na spláchnutí stačí i několik decilitrů vody. Ve většině případů se však jedná o méně komfortní zařízení využitelné především v místech s občasným využitím.

V případě realizace vegetačních ploch integrovaných do obálky budovy a vyžadujících instalaci závlahového systému lze doporučit aplikaci tzv. kapkové závlahy, která vodu přivádí přímo ke kořenům rostlin. Spotřebu vody lze snížit oproti běžným závlahovým systémům až o 75 %. V případě využití moderních zelených střech založených na substrátech s vysokou retencí vody, lze navrhnout bezzávlahové a téměř bezúdržbové extenzivní zelené střechy, které si vystačí pouze se srážkovou vodou.

## Kořenové čističky

Tento způsob čištění odpadních vod funguje na principu přirozených mokřadů se samočisticími procesy. Odpadní voda prostupuje dostatečně propustným substrátem osázeným mokřadními rostlinami, které mají doplňkovou funkci. Před vlastní kořenovou čistírnou musí být voda zbavena mechanických nečistot a případně anaerobně předčištěna. To probíhá ve vícekomorovém septiku, anebo (v případě obcí) v sedimentačních nádržích. Doba zdržení - doba, po kterou se voda v systému čistí - je přibližně 10 dní. Kořenové čistírny jsou navrhovány a dimenzovány především pro odstraňování organických a nerozpuštěných látek, tj. parametrů, které jsou limitovány pro malé zdroje znečištění. Účelem tohoto způsobu likvidace odpadních vod je snížit zátěž stávajících kanalizačních systémů přirozenými způsoby.

Kořenové čističky odpadních vod se dobře vyrovnávají s kolísáním množství a kvality odpadních vod a mohou pracovat přerušovaně, což klasické čistírny nemohou. Současně vyžadují nižší míru nutné údržby, mají menší náchylnost k havárii systému a pracují bez nutnosti dodávky elektrické energie, čímž se stávají rezistentní vůči výpadkům dodávky energie. Jejich realizace je však prostorově náročná a u některých procesů čištění není možná.

## Využití srážkových vod jako provozní vody

Srážková voda je využívána jako voda provozní na praní, mytí, splachování a k závlaze. Pokud je roční zisk dešťové vody menší než potřeba provozní vody, doporučuje se upustit od některých způsobů využití, například praní. Využití srážkových vod obvykle vyžaduje oddělené odvádění málo znečištěných srážkových vod ze střech přes jednoduchá čistící zařízení do nádrže. Ostatní znečištěné srážkové vody (např. z komunikace) se často odvádějí bez využití, protože jejich čištění je nákladné. Objem nádrže na dešťovou vodu se zpravidla stanovuje na potřebu provozní vody na 14 až 21 dnů (v případě rodinného domu se jedná o objem přibližně 3 až 4 m<sup>3</sup>, u ostatních budov v závislosti na provozu a spotřebě vody). Systém se skládá z dešťové vnitřní kanalizace, která odvádí srážkové vody do zařízení pro čištění, jímky se svodným potrubím a trativodem a z vnitřního rozvodu vody do místa konečné spotřeby. Jímka je tvořena buď podzemní nádrží umístěnou vně budovy nebo nádrží umístěnou obvykle v suterénu budovy.

## Využití srážkové vody jako vody pitné

Řešení spočívá v tom, že se přímo pod příslušné výtokové ventily nainstaluje zařízení, které zabezpečí jakost pitné vody – doporučuje se zahrnout poddřezovou reverzní osmózu spojenou s UV lampou a mechanickou předfiltrací. Produkce u běžných typů činí cca 7 l/h, přičemž záleží na typu membrán. Co se týká sensorických vlastností, pokud by voda měla být používána přímo k pití, lze doporučit její dodatečné minerální obohacení.

## Využití šedých vod

Šedou vodou nazýváme splaškové odpadní vody neobsahující fekálie a moč, tedy vodu odtékající z umyvadel, van, sprch, dřezů apod. Šedou vodu, zejména z koupelen, je možné po úpravě využívat jako vodu provozní (tzv. bílou vodu) pro splachování záchodů, pisoárů a zalévání zahrad.

Oddělení a využití šedých vod vede k nižší produkci odpadních vod tím, že se čistí šedé vody (voda z koupelen) a následně se jako bílá voda používá na zálivku nebo mytí podlah, mytí techniky, splachování toalet atd. Výhodné použití je tam, kde je nedostatek vody nebo se voda nedá vypouštět a je nutné odpadní vody odvážet. Ekonomické přednosti vyniknou u staveb, kde se hospodaří s větším množstvím teplé vody (např. wellness, bazény). Recyklace šedých vod má již řadu sofistikovaných řešení (nejčastěji s využitím membránových technologií). Pro zjednodušení a snížení investičních nákladů systému je z recyklace možné vyřadit vodu z kuchyní (podstatné navýšení nákladů na čištění) a praní (někdy nevhodné pH).

Produkce šedé vody (z umyvadel, van, dřezů, praček, a popř. myček nádobí) činí v domácnostech cca 70 % z celkové produkce odpadních vod (z čehož cca 30 % připadá na umyvadla, vany a sprchy) a v komerčních budovách cca 27 %. Nádrž pro šedou vodu se zpravidla dimenzuje na denní potřebu provozní vody.

## Využití tepla z odpadních vod

Teplu lze odbírat přímo v budově, na odtoku z budovy, v kanalizační síti nebo na čistírně odpadních vod. Každé z míst má své specifické podmínky a omezení. Odběr na odtoku z objektu či přímo v budově je u většiny staveb omezen nerovnoměrným a přerušovaným průtokem. Vhodné využití je tudíž omezeno na objekty s vyšším množstvím teplé vody a nepřerušovaným odtokem (potravinářské a průmyslové provozy, wellness, aquaparky, léčebná zařízení, apod.).

Odebírání tepla z odpadní vody je možné provádět buď lokálně, nebo centrálně. O volbě, kterou metodu použít, rozhoduje průtok odpadní vody. Pro menší aplikace je investičně zajímavější lokální rekuperace tepla, která reaguje na aktuální spotřebu. U větších aplikací je možno odpadní vodu akumulovat, odebrat z ní potřebné teplo a až poté ji vypustit do stokové sítě.

**Lokální systémy** - Lokální systémy zpětného získávání tepla jsou založeny na principu odebírání tepla z odtékající vody, která předehřívá studenou vodu do sprchy nebo jiného zařízení. Vodu je možné

předeřívát pro okamžitou spotřebu či do zásobníku TV. Systém předeřevu pro okamžitou spotřebu vykazuje vyšší provozní účinnost (30 až 40 %) než systém předeřevu do zásobníku TV. Lokální systémy zpravidla představují menší prostorovou zátěž, proto jsou vhodnější především pro renovace. Nicméně je zde zvýšená potřeba jejich pravidelné údržby a čištění.

**Centrální systémy** – v objektech, kde je odběr vody kolísavý, se voda shromažďuje v akumuláční jímce, která slouží jako zdroj tepla pro primární okruh tepelného čerpadla. Velkou výhodou tohoto uspořádání je velice jednoduchá konstrukce tepelného výměníku. Tyto systémy s sebou nesou nároky na akumuláční jímku, do které musejí být svedeny veškeré odpadní vody. Systém je z tohoto důvodu vhodný především pro novostavby.

## Využití vody z čistících stanic pro závlahu rostlin

Jako významný zdroj vody pro závlahu zeleně v okolí objektu je možné využít přečištěnou odpadní vodu z čistících stanic (recyklovaná voda). Oproti vodě z řeky nebo nádrží je specifická výrazným zápachem (i po dokonalém přečištění), takže závlaha pomocí postřiku je nevhodná. Využívá se proto systému kapénkové závlahy. Voda obsahuje větší množství mechanických nečistot, k čemuž je nutné při návrhu dimenze filtračního zařízení přihlídnout. Nedílnou součástí závlahových systémů pro recyklovanou vodu je i sofistikované řízení závlahy. Řídící jednotka upravuje polohu ventilů na jednotlivých závlahových sekcích podle časového režimu s blokovacím vlhkostním čidlem. Dosažení vyšší čistoty vody a zároveň i snížení zápalu je možné použitím sestavy s anaerobním předčištěním a vertikálním biofiltrem.

## Přírodě blízké hospodaření se srážkovými vodami

K řešení hospodaření s dešťovými vodami je třeba přistoupit komplexně, tj. propojit problematiku řešení odvodu srážkových vod s problematikou jejich využití jako vody provozní. Základním principem udržitelného přístupu je koncepce přírodě blízkého hospodaření se srážkovými vodami v urbanizovaném prostředí, která se v maximální možné míře snaží napodobit přirozené odtokové charakteristiky lokality před urbanizací.

Významným problémem v urbanizované krajině je velké množství zpevněných ploch (dlažba, beton, asfalt, apod.). Nejenom, že tyto plochy nedovolují vsakování dešťových vod, ale navíc urychlují jejich odtok ze zastavěných území, čímž zvyšují riziko lokálních záplav. V globálním hledisku to vede k poklesu hladiny podzemní vody a naopak navýšení průtoku v povrchových vodotečích. Možným řešením těchto problémů je zasakování nebo jiné využívání dešťové vody přímo v místě jejího dopadu.

Přírodě blízké hospodaření s dešťovými vodami, kdy dochází k jímání a pomalému zasakování vody, snižuje objem i maxima povrchového odtoku, obnovuje zásobu podzemních vod, snižuje nároky na dimenzování stokové soustavy, čistírny odpadních vod a dešťových nádrží. Zadržování vody v krajině se pozitivně projevuje ve zvýšení výparu a zlepšení mikroklimatu v urbanizovaných oblastech a vede ke snižování dopadů tepelných ostrovů.

Srážkové vody vhodné k dalšímu využití se jímají ze střech, chodníků a jiných čistých ploch. Tuto vodu lze využívat přímo na zelených střechách k zabezpečení evapotranspirace, po potřebné úpravě k závlaze zeleně či napájení malých vodních nádrží, k čištění veřejných chodníků a místních komunikací nebo po úpravě a hygienizaci k napájení okrasných a víceúčelových vodních nádrží.

Mimo infiltrační zařízení, která zajišťují zasakování dešťových vod co nejbližší místa dopadu, je možné využít malé vodní nádrže s vymezeným retenčním (ochranným) prostorem a břehovou infiltrací. K tomuto účelu jsou vhodné i řízené mokřady s vysokou evapotranspirací. Dešťové nádrže s biotopem jsou retenční objekty se zásobním prostorem, které jsou navrhovány tak, že část jejich objemu plní sedimentační funkci a část je provozovaná jako biotop s biologickým čištěním vody. Pro zvýšení čistící schopnosti se navrhuje cirkulace vody přes biotop. Takovéto plochy by neměly být opomíjeny při tvorbě či úpravě urbanizované krajiny a v menším měřítku i při výstavbě a renovaci budov.

## 2.5. Opatření v okolí budovy

Urbanistický plán zástavby daného území musí primárně svým konceptem předcházet tvorbě tepelných ostrovů a v maximální míře aplikovat koncepční opatření, snižující nutnou míru realizace adaptačních opatření na samotných budovách. Těmito koncepčními zásahy na širší úrovni lze významně snížit finanční zátěž adaptování budov na změnu klimatu.

Mimo adaptačních opatření majících vliv na samotnou budovu musí návrh objektu obsahovat i prvky ovlivňující mikroklima v jeho širším okolí. Takovými prvky jsou např. realizace zelených 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.

*Zdůvodnění: Snižování negativních dopadů změny klimatu je primárně úkolem krajinářského a urbanistického řešení dané lokality. Sekundární řešení je následně přeneseno na budovu samotnou a řešení jejího nejbližšího okolí. To by mělo respektovat požadavky na omezování tvorby tzv. tepelných ostrovů a umožňovat v maximální míře zasakování dešťových srážek v místě jejich dopadu. Materiálová skladba a barevnost povrchů stavby a jejího okolí by měla vést k omezení tepelné akumulace vyzařující do vnějšího prostředí budovy.*

### Integrace zeleně v rámci budovy

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).

Plochy vegetace a půdy významně snižují povrchové teploty jednotlivých konstrukcí a množství jimi akumulovaného tepla, čímž redukuje vlivy tepelných ostrovů. V interiéru naopak snižují riziko přehřívání. Významná část sluneční energie se spotřebuje na výpar vody z rostlin a nezatěžuje tak interiér ohřevem obalových konstrukcí budovy.

Mezi konstrukce, které umožňují integraci vegetace, patří nejčastěji ploché střechy a terasy. Méně často se vegetace aplikuje na šikmé střechy. Ve výjimečných případech, zvláště z důvodů vysokých investičních nákladů, se přistupuje k realizaci tzv. vegetačních fasád a vertikálních zahrad. Vegetační plochy lze aplikovat i v interiéru budov, kde mohou přispívat k tvorbě mikroklimatu.

**Vegetační střecha** – jedná se o vodorovnou část střešního pláště, která je částečně či zcela pokrytá vegetací a půdou nebo pěstebním substrátem vysazovaným nad hydroizolační rovinou. Skladba střechy je konstruována tak, aby zabránila prorůstání kořenů, zajistila retenci dešťové vody pro růst rostlin a zároveň spolehlivě odvedla nadbytečnou vodu ze střechy. Mimo použití na plochých střechách (vodorovný povrch) lze vegetační plochy technologicky realizovat i na střechách s větším sklonem než 40°. Dle druhu vegetace lze střechy rozdělit na extenzivní ozelenění s malou vrstvou substrátu (cca 40 až 180 mm) osázeného travou, trvalkami, případně některými druhy polokeřů a intenzivní vegetační střechy s většími tloušťkami substrátu osázeného druhově neomezenými plochami rostlin a dřevin. Volba typu ozelenění přímo souvisí se statickými nároky a investičními náklady realizace. Zvláště u renovací stávajících budov může být přitížení stavby značně problematické a investičně nákladné. Pro tyto případy existují na trhu systémy, které umožňují nahradit zeminu desetkrát lehčím substrátem z minerální vlny.

**Vegetační fasáda** – jedná se o méně častý případ integrování vegetace do konstrukcí budovy, v tomto případě se sklonem blízkým 90°. Existují technologicky vyřešené sofistikované systémy stěnových panelů s možností výsadby rostlin. Tyto systémy se skládají z nosné konstrukce, substrátu pro umístění rostlin a závlahového a odtokového systému. Většina těchto systémů je kvůli jejich složitosti náročnější na pořízení i údržbu, než je tomu u plochých zelených střech. Jednodušší variantou doplnění vegetace na fasády objektů je instalace jednoduché pomocné konstrukce pro popínavé rostliny. Tato konstrukce má podobu roštu či ocelových lan, které popínavé rostliny obepnou a vytvoří tak ucelenou zelenou plochu. Tato plocha může být efektivně využita i jako stínící prvek.

## Úprava nejbližšího okolí stavby

Plochy v okolí objektu nesmí přispívat k tvorbě tepelného ostrovu, měly by jej naopak eliminovat. Zpevněné plochy s vysokými akumulačními schopnostmi je vhodné stínit (např. zelení) a doplnit je o aplikaci vodních prvků (fontány, dešťová jezírka, pítka, apod.). Významnou část plochy s vysokou akumulací lze nahradit plochami zeleně s půdou, které vykazují nižší akumulační schopnost a nižší povrchové teploty v letním období. Půda a vzrostlá vegetace působí jako přirozená klimatizace ochlazující své okolí vypařováním vody do okolí.

U renovací by měl být kladen vysoký důraz na zachování stávající kvalitní vzrostlé vegetace a její případné doplnění o další prvky. Kvalitní vzrostlé stromy s velkým stínícím efektem nelze nahradit výsadbou nových stromů, jejichž stínící efekt se projeví až v řádu desítek let po výsadbě. Ve větších městech je možné značné rezervy v chybějící zeleni nalézt v nevhodně zastavěných vnitroblocích, aniž by muselo dojít k výraznému začlenění zeleně do konstrukcí samotných objektů.

Zpevněné plochy s rychlým odtokem z místa dopadu nejsou dostatečně ochlazovány vodními srážkami. Obecně se doporučuje srážky v místě dopadu déle zdržet tak, aby své okolí dlouhodobě ochlazovaly. Vodě odtékající ze zpevněných ploch by tedy mělo být umožněno přirozené zasakování co nejbližší místa jejího dopadu. K tomuto účelu slouží plochy zeleně s půdou, zasakovací průlehy, či porézní a propustné stavební materiály na zpevněných plochách.

Důležitou součástí omezení tepelných ostrovů je i volba barevnosti jednotlivých povrchů. Vhodné je volit světlé (ideálně bílé) barvy, které vykazují vysokou odrazivost slunečního záření a tedy i nižší povrchové teploty.

## 2.6. Mechanická odolnost a speciální materiály

Prvky aplikované na obalových konstrukcích by měly být do značné míry rezistentní vůči extrémním projevům počasí v podobě silného nárazového větru, ledovky či silných přívalových dešťů, aby nedocházelo k rychlé degradaci povrchových materiálů a tedy i zvýšeným nákladům na údržbu.

V budově je možné využít širokou škálu stavebních materiálů, konstrukčních prvků a technologií se specializovanými vlastnostmi, které dokáží adekvátně reagovat na výkyvy počasí. Mezi technologie lze zařadit hospodaření s dešťovou vodou (retenci a zasakování), jednoduchou aplikaci zelených prvků na konstrukcích budovy, speciální tepelně izolační prvky aplikovatelné v interiéru a exteriéru budovy, a povrchové úpravy zlepšující kvalitu vnitřního prostředí, apod.

## Zdroje

- [1] Mgr. Michal Belda, Ph.D., doc. RNDr. Petr Pišoft, Ph.D., Mgr. Michal Žák, Ph.D. - Katedra fyziky atmosféry Matematicko-fyzikální fakulta, Univerzita Karlova v Praze, *Výstupy regionálních klimatických modelů na území ČR pro období 2015 až 2060*, Praha 2015
- [2] Glopolis, o.p.s., *Rešerše Klimatických modelů a studií dopadu změn klimatu*, Praha 2015
- [3] Ing. Kateřina Mertenová PhD., Ing. Arch. Martin Augustýn, PhD., *Rešerše - Stavby adaptované na změnu klimatu*, 10/2015
- [4] Ing. Miloš Lain, Ph.D. - Univerzitní centrum energeticky efektivních budov, ČVUT v Praze, *Energeticky efektivní chlazení budov*, 2015
- [5] Ing. Karel Plotěný, Ing. Adam Bartoník, ASIO, spol. s r.o., *Rešerše – hospodaření s vodou*, 8/2015
- [6] Ing. Štěpánka Lubinová, Sdružení výrobců stínící techniky a jejích částí, *Stínící prvky a jejich účinnost*, říjen 2015