



Zelená a modrá infrastruktura

Ekonomické vyhodnocení

Obsah

- Prvky zelené a modré infrastruktury
- Druhy užitků
- Ekonomické hodnocení
- Příklady

Jan Macháč Lenka Dubová Jiří Louda

EKONOMICKÉ ASPEKTY ADAPTACE MĚST NA ZMĚNU KLIMATU

IEEP, 2017

Prvky zelené a modré infrastruktury

Příklady prvků/opatření

Vodní plochy (např. fontány, rybníky, jezírka, tůně, mokřady, revitalizace a odtrubnění vodních toků, slepá ramena)

Břehové porosty (obnova podél vodních ploch)

Poldry (suché nádrže)

Příkopy (svodné, retenční, zasakovací) a **infiltrační pásy**

Plochy s propustnými/polopropustnými povrchy (povrch z porézního materiálu, např. zasakovací dlažba, zatravnění pásů tramvajových tratí apod.)

Stromy (např. stromořadí, větrolamy, rozptýlená zeleň)

Zelené střechy a stěny (na budovách)

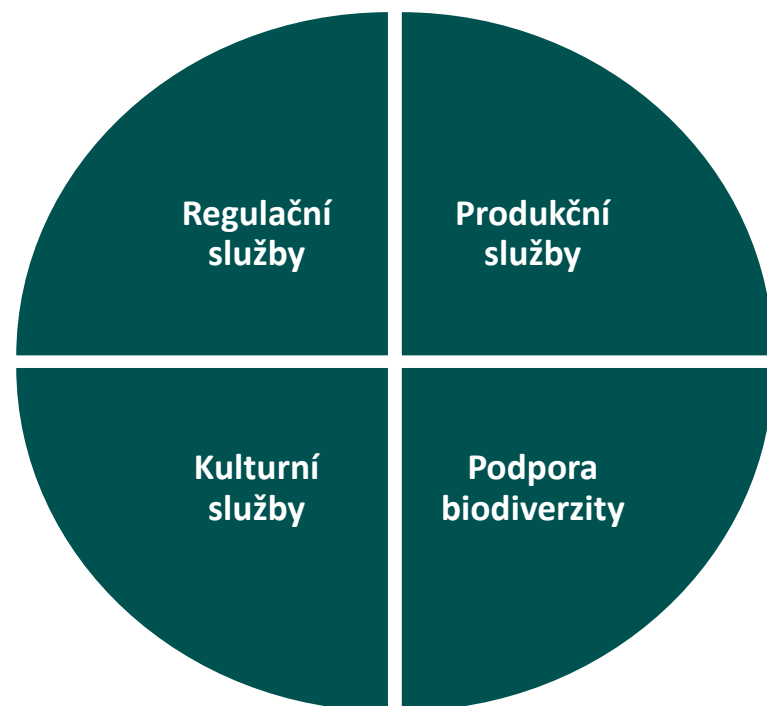
Městské zemědělství a zahradničení (např. komunitní zahrádky, zahrádkářské kolonie), předzahrádky před domy, zeleň ve vnitroblocích

Parky a lesoparky (v centru města i na jeho okrajích)

Kořenové čistírny (určené k čištění odpadních vod s možností využití vody k závlisce stromů apod.)



Druhy užitků

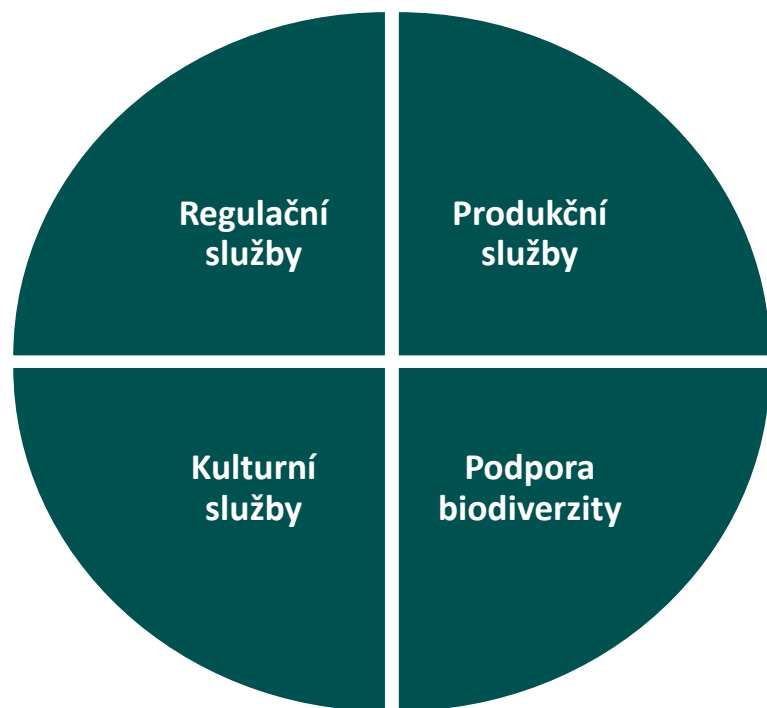


Užitky spojené s regulací přírodních procesů

Regulační služby

Regulace odtoku	Dochází k retenci vody, případně zpomalení odtoku. Důsledkem toho je snížení odvodu srážkové vody z území. Současně dochází taktéž ke snižování objemu vod odváděných prostřednictvím kanalizace. V případě jednotné kanalizace dochází ke snížení odvodu srážkové vody na čistírnu odpadních vod.
Redukce povodňového rizika	Úzce souvisí s regulací odtoku. Je spojena především s retencí vody, která vede k snížení škod v případě přívalových dešťů nebo říčních povodní.
Kvalita vody	Řada opatření má pozitivní dopad na kvalitu vody prostřednictvím jejího filtrování/samočištění. Dochází k odbourávání řady znečišťujících látek. Spolu s regulací odtoku dochází taktéž k tomu, že nedochází na jednotné kanalizaci k odlehčování vod, tedy přepadu vod z kanalizace při nadměrných objemech přímo do vodoteče.
Redukce hluku	Přispívá k pohlcení, zachycení hluku z okolního prostředí (např. z dopravy), případně přímo jako zvuková izolace na dané budově.
Kvalita ovzduší	Dochází k zachytávání škodlivých látek z ovzduší, jako jsou prachové částice, oxidy dusíku, síry a ozón.
Eroze půdy	Opatření přispívá k eliminaci erozní činnosti prostřednictvím zpevnění půdy kořeny, zatravněním apod. Případně prvek slouží k zachycení sedimentu.
Redukce CO₂	Dochází k ukládání CO ₂ z atmosféry.
Regulace mikroklimatu	Regulace teploty, vlhkosti a proudění vzduchu na lokální úrovni.
Opylení	Zvyšuje míru opylení, vytváří prostor pro včely a další opylovače.
Regulace nemocí	Podpora zdravého prostředí, díky kterému dochází k eliminaci řady chorob či jejich zmírňování (astma, civilizační nemoci, srdeční příhody apod.).

Druhy užitků



Poskytování prostoru pro faunu a floru

Tvorba biotopu

Podpora biodiverzity

Nemateriální užitky

Kulturní služby

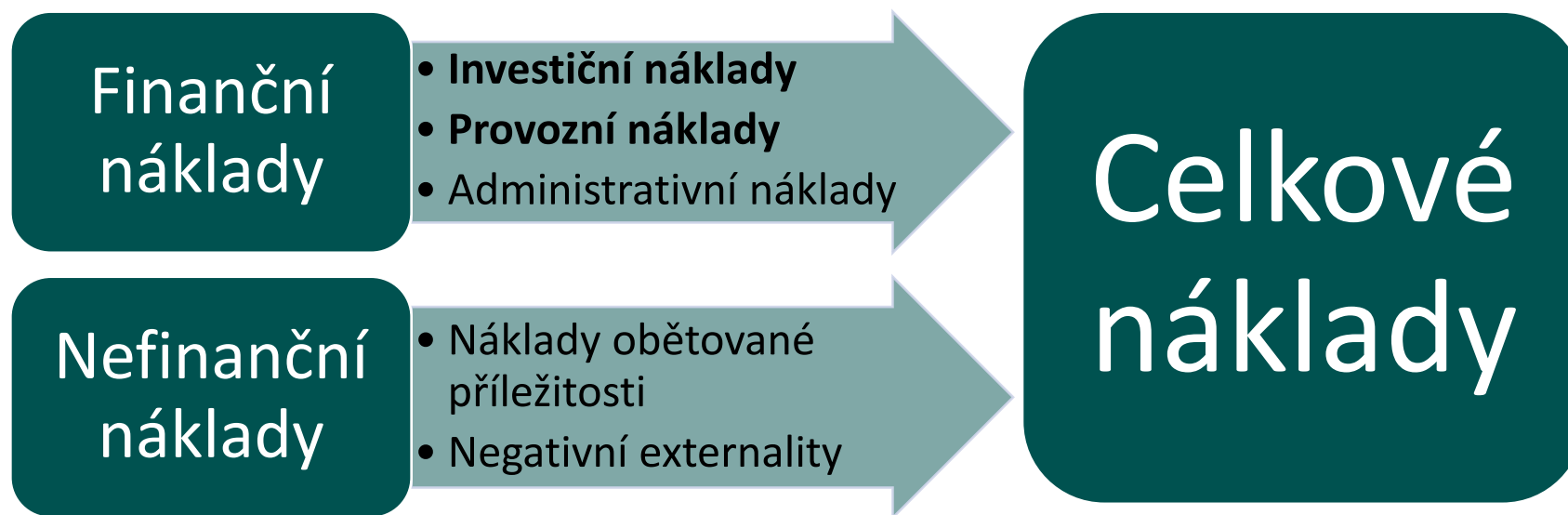
Rekreační funkce	Zelená a modrá infrastruktura nabízí prostor pro rekreaci a odpočinek. Má vliv na psychické a mentální zdraví obyvatel.
Estetická hodnota	Přírodě blízké prvky mají často pozitivní vliv na okolí. Zlepšují vizuální vzhled a projevují se i na hodnotách nemovitostí v okolí.
Vzdělávací	Zelená a modrá infrastruktura přispívá k environmentálnímu povědomí a vzdělávání celé společnosti. Lze ji použít i cíleně v kombinaci s informačními tabulemi či jinými nástroji.

Produkty získané z ekosystému

Produkční služby

Produkce biomasy	Údržba zelené infrastruktury je spojena s produkcí odpadní biomasy, kterou je možné využít jako vstupní surovinu nejen pro údržbu městské zeleně, ale také jako např. zdroj energie v bioplynových stanicích.
Produkce dřeva	Stromy vedle dalších funkcí produkují dřevní hmotu, kterou je možné v omezené míře využívat. Jedná se hlavně o případy, kdy dochází k přirozenému nahrazování starých stromů novými.
Produkce plodin	Vedle dřeva a biomasy některé prvky a opatření poskytují i další plodiny. Jedná se v tomto případě především o opatření tzv. městského zemědělství jako jsou např. zahrádkářské kolonie, komunitní zahrady apod. Dochází zde k pěstování zeleniny a ovoce. Plodiny mohou produkovat např. také produkční střešní zahrady.

Identifikace nákladů



Poskytované služby a užitky



Retence srážkové vody a regulace odtoku
Zvyšování kvality vody
Regulace teploty a mikroklimatu
Regulace kvality ovzduší
Protihluková funkce
Ukládání uhlíku
Produkce biomasy
Rekreační funkce
Nárůst estetické hodnoty
Nárůst hodnoty okolních nemovitostí
Tvorba biotopu a podpora biodiverzity
Úspora energií
Prodloužení životnosti (izolace)

Výpočet nákladů a užitku

Rovnice 3: Anualizace investičních nákladů

$$ACi = \sum_{l=1}^L ACi_l = \sum_{l=1}^L \left(PVi_l \times \frac{r \times (1+r)^l}{(1+r)^l - 1} \right)$$

kde ACi ... celkové roční investiční náklady v anualizované podobě,
 ACi_l ... investiční náklady s životností l daného opatření,
 PVi_l ... současná hodnota investičních nákladů spojených s určitou životností,
 r ... diskontní míra (dle doporučení EK je možné použít diskontní míru 4 %, tedy 0,04),
 L ... maximální očekávaná životnost daného opatření,
 l ... životnost části opatření.

Rovnice 4: Anualizace provozních nákladů

$$ACm = \sum_{y=1}^Y ACm_y$$

kde ACm ... celková hodnota provozních nákladů,
 ACm_y ... roční provozní náklady v roce y ,
 Y ... časový horizont pro hodnocení.

Rovnice 5: Výpočet celkových anualizovaných nákladů

$$ACtot = ACi + ACm + ACo$$

kde $ACtot$... celkové anualizované náklady,
 ACi ... investiční náklady v anualizované formě,
 ACm ... provozní náklady v anualizované formě,
 ACo ... ostatní náklady⁴ v anualizované formě.

Výpočet nákladů a užitku

Rovnice 1: Vzorec pro výpočet současné hodnoty

$$PV = \sum_{t=1}^T \frac{V_t}{(1+r)^t}$$

kde PV ... současná hodnota,
 V_t ... hodnota (nákladu nebo užitku) v čase t ,
 r ... diskontní míra (dle doporučení EK je vhodné využít diskontní míru 4 %, tedy 0,04),
 T ... časový horizont pro hodnocení,
 t ... rok (v rozsahu 1 – horizont T).

Rovnice 2: Vzorec pro výpočet čisté současné hodnoty

$$NPV = PVb - PVc$$

kde NPV ... čistá současná hodnota,
 PVb ... celková současná hodnota užitků,
 PVc ... celková současná hodnota nákladů.

Příklad výpočtu

Zadání

Zelená střecha jako alternativa k běžné střešní krytině

Střešní zahrada přístupná veřejnosti

plocha 1 100m²



Příklad výpočtu

Kvalitativní analýza

Tabulka 1: Přehled relevantních ekosystémových služeb

Ekosystémová služba	Významnost dané služby/přínosu
Regulační služby	
Regulace odtoku	vysoká (zachycení srážkových vod)
Redukce hluku	nízká (vlivem umístění nad garážemi není redukce hluku přínosná)
Kvalita ovzduší	střední (intenzivní střecha je schopna zachytit škodlivé látky z ovzduší v míře odpovídající množství zeleně)
Redukce CO ₂	střední (intenzivní střecha je schopna redukovat CO ₂ v míře odpovídající množství zeleně)
Regulace mikroklimatu	střední (intenzivní střecha přispívá ve vnitrobloku k ochlazení okolního klimatu)
Kulturní služby	
Rekreační funkce	střední (vytváří prostor pro pobyt v zeleni, místo pro přestávky, tato služba je posílena kavárnou, která zde má umístěnou svou zahrádku)
Estetická hodnota	střední (zelená střecha dotváří estetický vjem budovy a řeší problém se zakrytím podzemní garáže)
Produkční služby	
Produkce biomasy	nízká (produkce travní hmoty, kterou lze využít pro kompostování, případně ji lze odvést do bioplynové stanice)
Další přínosy	
Úspora energií na vytápění/chlazení	střední (brání odrazu tepla do okolních budov a snižuje tepelný most konstrukce celého komplexu)
Nárůst hodnoty nemovitostí	střední (kompozice zeleně vede k nárůstu atraktivity samotné budovy a tím i její ceny, popř. výše nájemného)
Prodloužení životnosti a úspora za krytinu	vysoká (realizace zelené střechy vede k úsporám za střešní krytinu, prodlužuje životnost izolace)
Tvorba biotopu	střední (vytváří dodatečný životní prostor zejména pro hmyz)

Zdroj: Vlastní analýza

Příklad výpočtu

Kvantitativní analýza

Náklady a užitky

Tabulka 2: Analýza místních podmínek

Místní podmínky	Kvantitativní údaj
Průměrný roční úhrn srážek na území města	500 mm
Stočné v Brně (za rok 2017)	38,66 Kč/m ³
Cena elektrické energie (průměrná cena pro odběratele v Brně a rok 2017)	4,41 Kč/kWh
Zábor území (údaj pro rok 2017 dle webu města Brno)	10 Kč/m ² /den

Zdroj: Vlastní analýza dle dostupných zdrojů

Příklad výpočtu

Kvantitativní analýza

Náklady a užitky

Tabulka 3: Kvantitativní analýza ekosystémových služeb dle parametrů zelené střechy

Ekosystémová služba	Kvantifikace dopadu:	
Regulační služby		
Regulace odtoku	snížení odtoku dešťové vody o 80 % (redukce o 400 l/rok/m ² střechy)	
Redukce hluku	snížení hluku uvnitř budovy o 6 dB	
Kvalita ovzduší	vývoj redukce odvozený z údajů obsažených v příloze 2:	
	Stromy	Záhony
	NO ₂ : 0,18 - 0,22 kg/rok/1 strom	NO ₂ : 16 - 23 kg/ha/rok
	SO ₂ : 0,1 - 0,15 kg/rok/1 strom	SO ₂ : 4 - 6 kg/ha/rok
	O ₃ : 0,07 - 0,08 kg/rok/1 strom	O ₃ : 30 - 44 kg/ha/rok
Redukce CO ₂	vývoj redukce odvozený z údajů obsažených v příloze 2:	
	Stromy	Záhony
	150 - 200 kg CO ₂ /rok/ 1 strom	700 - 900 kg CO ₂ /rok

Kulturní služby

Rekreační funkce	75 m ² střechy využíváno pro kavárenské účely
------------------	--

Další přínosy

Úspora energií na vytápění/chlazení	úspora energie o 12 kWh na 1 m ² střechy
Prodloužení životnosti a úspora za krytinu	prodloužení životnosti izolací o 50 %, úspora za krytinu ve výši 360 Kč/m ²

Příklad výpočtu

- Aplikace oceňovacích metod

Tabulka 4: Přiřazení vhodných metod pro ocenění jednotlivých ekosystémových služeb (užitků)

Ekosystémová služba	Oceňovací metoda založená na:
Regulační služby	
Regulace odtoku	tržní ceně (úspora nákladů na čištění odpadních vod na ČOV)
Redukce hluku	nákladech na alternativní opatření (odhlučnění). Přestože zelená střecha přispívá ke snížení hluku, v případě realizace na střeše garáží je tento užitek zanedbatelný a je hodnocen 0 Kč (tento užitek je uveden pro komplexnost a je s ním pracováno dále ve variantě 2).
Kvalita ovzduší	nákladech na alternativní opatření vedoucí k zadržení stejného množství škodlivých látek z ovzduší: prachové částice, oxidy dusíku, síry a ozón)
Redukce CO₂	průměru získaném z metod založených na nákladech na zamezení stejného množství emisí CO ₂ , nákladech na alternativní opatření a tržní ceně povolenek CO ₂
Kulturní služby	
Rekreační funkce	tržní ceně (záboru území na kavárnu)
Další přínosy	
Úspora energií	tržní ceně (úsporách energie na chlazení a vytápění)
Prodloužení životnosti a úspora za krytinu	nákladů na zamezení a tržní ceně odvozené z nákladů na pořízení střešní krytiny a na výměnu izolace vč. souvisejících činností

Zdroj: Vlastní analýza

Příklad výpočtu

- Vyjádření nákladů a užitků

Tabulka 5: Přehled jednotlivých užitků vyjádřených v peněžních jednotkách

Ekosystémová služba	Peněžní vyjádření:
Regulační služby	
Regulace odtoku	17 010 Kč (ročně)
Redukce hluku	0 Kč
Kvalita ovzduší	2 946 Kč (ročně)
Redukce CO ₂	15 806 Kč (ročně)
Kulturní služby	
Rekreační funkce	157 500 Kč (ročně)
Další přínosy	
Úspora energií	58 212 Kč (ročně)
Prodloužení životnosti	726 000 Kč (jednorázově)

Zdroj: Vlastní analýza

Příklad výpočtu

- Výsledek

Tabulka 6: Přehled výsledků hodnoceného opatření

25 LET	ČASOVÝ HORIZONT	50 LET
4 604 572 Kč	Kumulativní současná hodnota NÁKLADŮ	5 108 223 Kč
4 309 316 Kč	Kumulativní současná hodnota společenských UŽITKŮ	5 884 725 Kč
-295 256 Kč	Čistá současná hodnota společenských užitků v daném horizontu	776 503 Kč

Zdroj: Vlastní analýza

Další přínosy

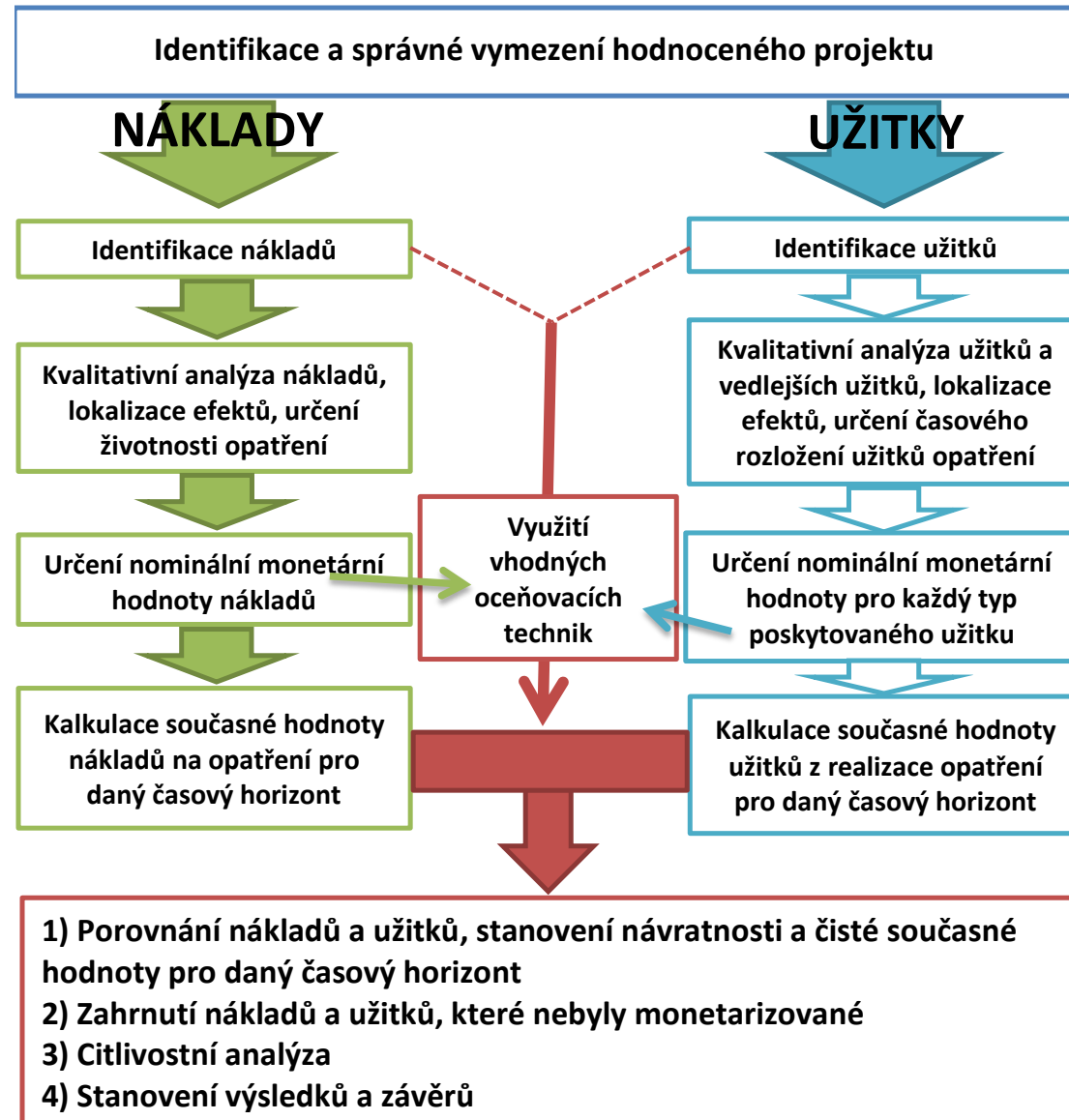
Úspora energií na vytápění/chlazení	Tento přínos je úzce provázán s regulací mikroklimatu, které se mimo jiné může projevit i na tepelném managementu budov, kdy dochází k ochlazování budov v létě a naopak k jejich teplené izolaci v zimě.
Nárůst hodnoty nemovitostí	Tento přínos je úzce navázán na estetickou hodnotu. Nárůst estetické hodnoty se může projevit i v nárůstu cen nemovitostí v okolí prvku/opatření popř. samotné nemovitosti, na které je prvek/opatření realizován (např. zelená střecha, zelená stěna).
Tvorba biotopu	Realizace prvků/opatření zelené a modré infrastruktury přispívá k vytváření habitatu.

Zdroj: Vlastní popis na základě MEA (2005) a TEEB (2010)

Ekonomické hodnocení

- Ekonomický pohled je použit k navržení a vyhodnocení vhodných adaptačních opatření
- Podpora využití a zavádění ekosystémově založených přístupů
- Podpora probíhajících politických procesů v oblasti přizpůsobení se klimatickým změnám

CBA
Krok
za
krokem



Projekt 1: Zelená střecha Praha-Jinonice

- rodinný dům, dokončen 2014
- pozemek dříve považován za nevhodný pro zástavbu
- kombinace moderní architektury, konceptu chytrých budov a zelené infrastruktury v podobě zelené střechy
- extenzivní zelená střecha s mírným sklonem a tloušťkou substrátu 8 cm
- rozloha střechy 125 m²
- průměrný úhrn srážek v Praze 460 mm



Foto: Pavel Dostal © 2015

Projekt 2: Lobezská jezírka Plzeň

- mokřadní biotop doplněný o park, dokončeno 2015
- v široké nivě řeky Úslavy, dříve neudržované zelené plochy
- I. etapa, 4 jezírka s retencí 7 500 – 8 300 m³ vody
- zmírnění povodňových průtoků, ochrana přírody a říční krajiny
- sportovně-rekreační prvky, informační a naučné tabule
- rozloha 3,5 ha



Foto: Zdeněk Vaiz © 2015

Projekt 3: Park pod Plachtami Brno

- retenční jezírko obklopené parkem, dokončeno 2013
- zbudováno na veřejném prostranství mezi panelovými domy
- cíl: snížit nároky na budování kanalizací a lépe využít dešťovou vodu
- svedení dešťové vody ze střech domů
- pobytová část s upravenými trávníky a vysázenou vegetací, květnatá louka s původní vegetací
- rozloha 32 tis. m²



Foto: Česká komora architektů © 2016

Srovnání projektů




Poskytované služby a užítky

	snížení objemu vod na ČOV	snížení povodňového rizika	zásobování povrchových a podzemních vod	zvyšování kvality vody	regulace mikroklimatu/ tepelného ostrova města	redukce hluku	úspory energií	zlepšení kvality ovzduší	redukce CO2	redukce eroze půdy	hodnota nemovitostí	rekreační užítky	nárůst estetické hodnoty	produkce biomasy	produkce plodin (městské zemědělství)	vytváří habitat	prodloužení životnosti/úspora stavebních nákladů
Zelená střecha	U\$	U	U	U	U	U\$	U\$	U\$	U\$	U	U	U	U	U	U	U	U\$
Jezírko	U	U\$	U\$	U\$	U	U	U	U\$	U	U\$	U	U\$	U\$	U	U	U\$	U
Park	U\$	U\$	U\$	U\$	U	U	U	U\$	U	U\$	U	U\$	U\$	U	U	U\$	U

Legenda:

U	Plně poskytována
U	Omezeně poskytována
U	Neposkytována
U\$	Užitek byl oceněn v peněžních jednotkách

Srovnání projektů

		Současná hodnota celospol. nákladů	Současná hodnota celospol. užitků	Čistá současná hodnota celospolečenských užitků
Zelená střecha		167 812 Kč	226 191 Kč	58 379 Kč
Jezírko		29 663 820 Kč	359 574 842 Kč	329 911 022 Kč
Park		96 888 651 Kč	888 899 648 Kč	792 010 998 Kč

Srovnání projektů

Celospolečenská návratnost

	Základní scénář	Optimistický (2 %)	Pesimistický (6 %)
Zelená střecha	15	13	18
Jezírko	3	3	3
Park	1	1	1

Zelená stěna intenzivní

Fasáda kancelářského komplexu Butterfly

Lokalita: Praha – Karlín
 Projektant: David Chisholm – CMC Architects
 Realizátor zelené stěny: Némec s.r.o.



Zdroj: CMC Architects (2016)

Popis opatření

Intenzivní zelená stěna vznikla v roce 2017 v rámci výstavby moderní kancelářské budovy Butterfly na hranici mezi obchodní a rezidenční čtvrtí v Praze 8 – Karlíně. Celá budova cílí na BREEAM Excellent certifikaci, tedy na dosažení alespoň 70 % bodů z naplnění kritérií udržitelné stavby a energeticky úsporné budovy, kladoucí důraz především na vysoký standard kvality budovy, vnitřního prostředí, nízké náklady, odpady ale např. i využití půdy a ekologii. Zelená fasáda díky svým vlastnostem a užitkům, které poskytuje, přispívá k dosažení této certifikace.

Díky intenzivní zelené stěně se objekt nepřehřívá a snižují se tak nároky na klimatizování a vytápění budovy. Kvůli odparu rostlin se snižuje prašnost a zlepšuje se místní mikroklima v okolí budovy. Skládá se z jednotlivých tzv. vertikálních zahrad, které jsou tvořeny umělohmotnými květináči napojených na závlahový a hnojící systém s vlastní strojovnou. Fasádu tedy nutné v žádné fázi roku ručně ostříkovat a zalévat. Těchto zelených panelů je na budově 624 s přibližně 60 000 rostlinami a celá zelená stěna pokrývá plochu o rozloze 1 500 m². Každý panel obsahuje směs přibližně deseti druhů rostlin tak, aby byla fasáda celoročně zelená. Některé druhy kvetou, jiné jsou celoročně zelené, čímž se předchází problémům se zeleností fasády v případě neočekávaných úhynů jednotlivých druhů rostlin.

Náklady

Investiční náklady na 1 m² intenzivní zelené stěny jsou ve výši 13 tis. Kč. Celkové investiční náklady vyšly na 19,5 mil. Kč. V této ceně jsou zahrnuty veškeré náklady související s plastovými nádobami, substrátem, závlahovým a hnojícím systémem a samotnými rostlinami včetně instalace na budovu.

Provozní náklady: Intenzivní zelená stěna vyžaduje pravidelnou závlahu o objemu 0,1 l/m²/den. Dále je substrát pravidelně přihnojován. Nezbytné je počítat i s péčí o samotné rostliny v podobě zastříhování a případné výměny rostlin. Náklady na péči o rostliny vychází na 200 Kč/m²/rok.

Příklad hodnocení

Poskytované užitky

V rámci ekonomického zhodnocení došlo k vyčíslení užitků spojených s regulací kvality ovzduší, redukcí hluku, ukládání uhlíku a úsporami energie. Úspory energie se váží k úsporám vytápění v zimě a klimatizaci prostoru v létě díky zvýšení tepelné izolace budovy. Redukce emisí látek z ovzduší a redukce hluku jsou započítány jako úspory nákladů na realizaci substitučních opatření. Dále byl vyčíslen nárůst hodnoty nemovitosti ve formě vyšší úrovně nájemného.

Míra poskytovaných užitků

Retence srážkové vody a regulace odtoku	Produkcce biomasy
Zvyšování kvality vody	Produkcce plodin
Regulace teploty a mikroklimatu	Rekreační funkce
Regulace kvality ovzduší	Nárůst estetické hodnoty
Protierozní funkce	Nárůst hodnoty nemovitosti
Protihluková funkce	Tvorba biotopu a podpora biodiverzity
Ukládání uhlíku	Úspora energií

Legenda

 Plně poskytován	 Omezeně poskytován	 Neposkytován	\$ zahrnuto monetárně
---	--	--	---

* Regulace teploty byla v hodnocení zahrnuta pouze uvnitř domu, a to ve formě úspor nákladů na vytápění a chlazení.

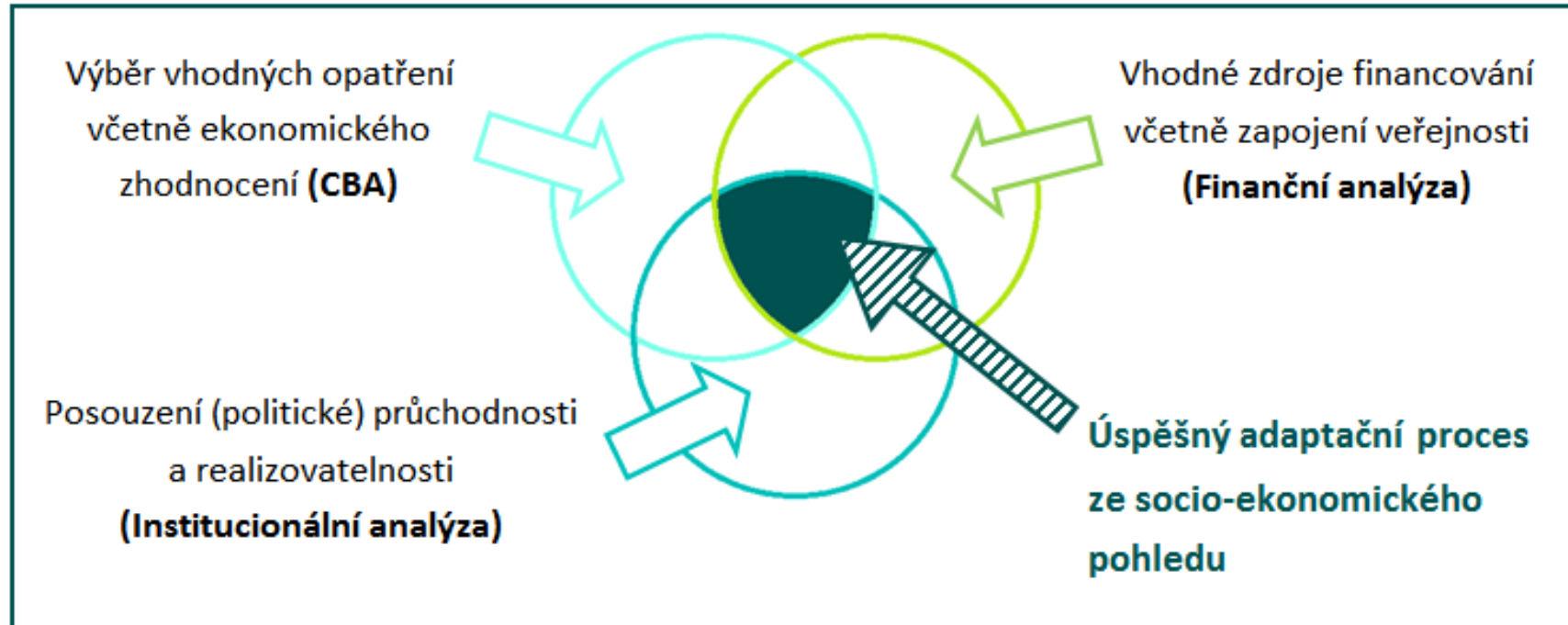
Analýza nákladů a užitků (CBA) v podobě čisté současné hodnoty pro časový horizont 25 a 50 let

25 let	Časový horizont	50 let
23 516 048 Kč	Kumulativní současná hodnota NÁKLADŮ	25 303 873 Kč
129 224 666 Kč	Kumulativní současná hodnota společenských UŽITKŮ	177 536 700 Kč
105 708 618 Kč	Čistá současná hodnota společenských užitků v daném horizontu	152 232 827 Kč

Společenská návratnost v letech

3 roky	3 roky	3 roky
--------	--------	--------

Podpora adaptace měst skrze



Adaptace měst – dlouhodobé téma výzkumu

UrbanAdapt
Adaptace měst na změnu klimatu

Rozvoj strategií přizpůsobení se změně klimatu v podmínkách měst s využitím ekosystémově založených přístupů k adaptacím



Podpora rozvoje adaptačních opatření a strategií ve městech



Hodnoty ekosystémových služeb, biodiverzity a zeleno-modré infrastruktury ve městech na příkladu Drážďan, Liberce a Děčína



Sasko-český management povodňových rizik



Rozvoj metod ekonomického hodnocení zelené a modré infrastruktury v lidských sídlech



CITY
GREEN
COURT

Děkuji za pozornost