



RETENČNÍ SCHOPNOST VEGETAČNÍCH STŘECH

V POSLEDNÍCH NĚKOLIKA LETECH SE MŮŽEME SETKAT S REALIZACEMI VEGETAČNÍCH STŘECH, A TO NEJEN NA RODINNÝCH DOMECH, JAK BYLO ZVYKEM DŘÍVE, ALE I NA OBCHODNÍCH CENTRECH NEBO BYTOVÝCH DOMECH. U TĚCHTO VĚTŠÍCH STAVEB SE VYUŽÍVAJÍ NEJEN PRO SVŮJ PŘÍJEMNÝ VZHLED, ALE TAKÉ PRO SVŮJ EKOLOGICKÝ PŘÍNOS.

Bylo prokázáno, že vegetační souvrství zlepšuje akustické a tepelnětechnické parametry stavby nebo konstrukcí. Nezanedbatelnou předností vegetačních střech je jejich schopnost zadržet nebo zpomalit odtok dešťových srážek. Vývoj v oblasti hospodaření se srážkovými vodami a krajinném hospodářství má jednoznačnou tendenci pokusit se navrátit koloběh vody do přirozeného stavu nebo alespoň zmírnit důsledky neustálého zmenšování plochy pro přirozené vsakování. Větší rozšíření vegetačních střech, především v hustě osídlených částech měst, by mohlo být jednou z možných cest. Zadržování vody (označované jako retence) může mít pro investory také nezanedbatelný ekonomický přínos v podobě nižších plateb stočného za dešťovou vodu odváděnou ze staveb a pozemku majitele do veřejné kanalizační sítě.

Pro lepší pochopení principu retence ve vegetačních střechách byly provedeny experimenty prezentované v tomto článku.

VEGETAČNÍ STŘECHY

Vegetační střechy jsou známy již z dávné historie. Nejznámějším příkladem jsou, bohužel již dávno zaniklé, „Visuté zahrady královny Semiramis“, vystavěné v Babyloně v roce 605 až 562 př. n. l. Jednalo se v té době o vrchol umění a stavebnictví, a proto se také zařadily mezi 7 divů světa své doby. Velkou tradici mají vegetační střechy především ve Skandinávii viz /foto 01/.

Skladby současných vegetačních střech se výrazně liší od těch historických. Příkladem moderního přístupu k vegetačním střechám je skladba zobrazená na /obr. 01/ (viz [1]), u které se využívá výhod různých novodobých materiálů, popřípadě různě profilovaných, a v různém usprádání tak, aby skladby zajistily požadované funkce.

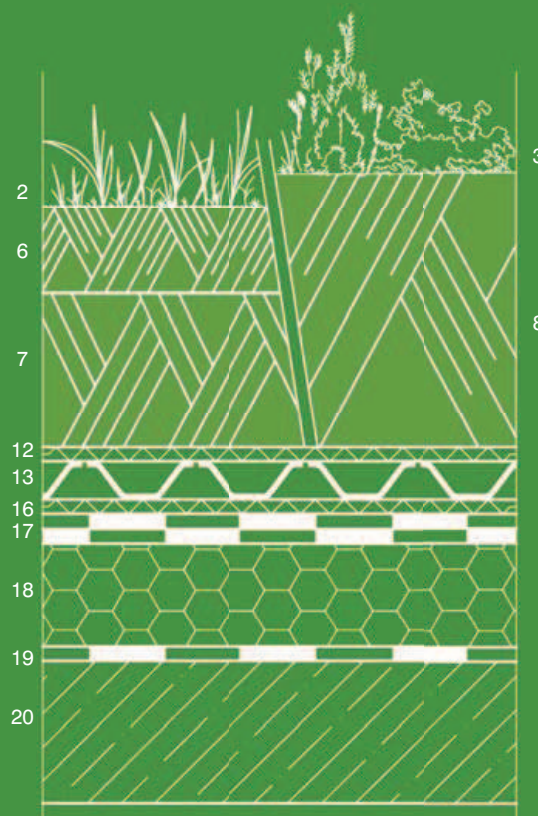
Hlavními přirozenými vlastnostmi vegetačních střech jsou:

- Regulace teploty – vegetace a substrát, na rozdíl od běžné povlakové nebo skládané střešní



01 | Šikmá střecha s vegetační skladbou ve Skandinávii (jako ochranná vrstva hydroizolace je použita břízová kůra)

Obr. 01 | Příklad skladby vegetační střechy



Popis skladby:

- | | |
|---------|-----------------------------------|
| 2, 3 | vegetace |
| 6, 7, 8 | substrát |
| 12 | filtrační vrstva |
| 13 | hydroakumulační a drenážní vrstva |
| 16 | ochranná vrstva |
| 17 | hydroizolační vrstva |
| 18 | tepelněizolační vrstva |
| 19 | parotěsnicí vrstva |
| 20 | nosná konstrukce střechy |

Tabulka 01 | přehled základní legislativy vztahující se k nakládání se srážkovou vodou

Zjednodušený výklad právního předpisu	Ustanovení příslušného právního předpisu
Srážková voda se má ze staveb řízeně odvádět nebo zachycovat. Odváděná srážková voda se má likvidovat přednostně zasakováním na pozemku, nebo odvedením do povrchových vod. Není-li možné žádné z uvedených řešení, odvádí se do kanalizace.	vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby § 6 (4) Stavby, z nichž odtékají povrchové vody, vzniklé dopadem atmosférických srážek (dále jen „srážkové vody“), musí mít zajištěno jejich odvádění, pokud nejsou srážkové vody zadržovány pro další využití. Znečištění těchto vod závadnými látkami nebo jejich nadměrné množství se řeší vhodnými technickými opatřeními. Odvádění srážkových vod se zajišťuje přednostně zasakováním. Není-li možné zasakování, zajišťuje se jejich odvádění do povrchových vod; pokud nelze srážkové vody odvádět samostatně, odvádí se jednotnou kanalizací. vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území § 20 (5) Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno c) vsakování nebo odvádění srážkových vod ze zastavěných ploch nebo zpevněných ploch, pokud se neplánuje jejich jiné využití; přitom musí být řešeno 1. přednostně jejich vsakování, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, není-li možné vsakování, 2. jejich zadržování a regulované odvádění oddílnou kanalizací k odvádění srážkových vod do vod povrchových, v případě jejich možného smísení se závadnými látkami umístění zařízení k jejich zachycení, nebo 3. není-li možné oddělené odvádění do vod povrchových, pak jejich regulované vypouštění do jednotné kanalizace.
Při splnění požadovaného procenta zastavěnosti se považuje vsakování nebo odvádění srážkových vod za vyřešené. V tomto místě pravděpodobně nastala chyba při změně vyhlášky 501/2006 Sb. Dřívější verze vyhlášky 501/2006 Sb. požadovala vsáknutí určitého množství dešťové vody přímo na pozemku: § 20 (5) Stavební pozemek se vždy vymezuje tak, aby na něm bylo vyřešeno c) vsakování dešťových vod (§ 21 odst. 3) nebo jejich zdržení na pozemku v kapacitě 20 mm denního úhrnu srážek před jejich svedením do vodního toku či do kanalizace pro veřejnou potřebu jednotné či oddílné pro samostatný odvod dešťové vody 14) veřejné dešťové nebo jednotné kanalizace. Pak se dalo předpokládat, že při stanoveném procentu zastavěnosti bude požadavek splněn. Zde se zdá, že změna vyhlášky byla provedena s chybou. Předpoklad plnění vsakování podle § 20 odst. 5 písm. c), nekoresponduje s textem následujícího § 21.	vyhláška č. 501/2006 Sb. o obecných požadavcích na využívání území § 21 Pozemky staveb pro bydlení a pro rodinnou rekreaci (3) Vsakování dešťových vod na pozemcích staveb pro bydlení je splněno [§ 20 odst. 5 písm. c)], jestliže poměr výměry části pozemku schopné vsakování dešťové vody k celkové výměře pozemku činí v případě a) samostatně stojícího rodinného domu a stavby pro rodinnou rekreaci nejméně 0,4, b) řadového rodinného domu a bytového domu 0,3.
Odvádění srážkové vody do kanalizace je zpoplatněno (je započítáváno do stočného)	zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů § 8 Práva a povinnosti vlastníka vodovodu nebo kanalizace (14) Vlastník kanalizace má právo na úplatu za odvádění odpadních vod (dále jen "stočné"), pokud ze smlouvy uzavřené podle odstavce 2 nevyplývá, že stočné se platí provozovateli kanalizace (§ 20). Právo na stočné vzniká okamžikem vtoku odpadních vod do kanalizace. Stočné je úplatou za službu spojenou s odváděním a čištěním, případně zneškodňováním odpadních vod. Právo na úplatu pevné složky stočného vzniká podle podmínek stanovených ve smlouvě uzavřené podle odstavce 6, v níž je sjednána dvousložková forma stočného, popřípadě dnem účinnosti obecně závazné vyhlášky obce vydané v samostatné působnosti obce nebo rozhodnutím nejvyššího orgánu právnické osoby, která je vlastníkem vodovodů a kanalizací podle § 20 odst. 4.
Výpočet množství odváděné srážkové vody, které je započítáváno do stočného, se vypočítá podle postupu uvedeného ve vyhlášce č. 428/2001 Sb., viz tabulka /02/.	zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů § 19 Měření odváděných odpadních vod (6) Není-li množství srážkových vod, odváděných do jednotné kanalizace přímo přípojkou nebo přes uliční vpust měřeno, vypočte se toto množství způsobem, který stanoví prováděcí právní předpis. Výpočet množství srážkových vod, odváděných do jednotné kanalizace, musí být uveden ve smlouvě o odvádění odpadních vod.
Stočné za odvod srážkové vody se neplatí jen u objektů určených pro trvalé bydlení. Srážková voda se tedy nezapočítává do stočného v rodinných a bytových domech. Týká se ale sídel a ploch firem, tedy např. i ploch RD nebo přilehlých pozemků, na kterých je vedeno sídlo společnosti.	zákon č. 274/2001 Sb. o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů § 20 (6) Povinnost platit za odvádění srážkových vod do kanalizace pro veřejnou potřebu se nevztahuje na plochy dálnic, silnic, místních komunikací a účelových komunikací veřejně přístupných, plochy drah celostátních a regionálních včetně pevných zařízení potřebných pro přímé zajištění bezpečnosti a plynulosti drážní dopravy, zoologické zahrady a plochy nemovitostí určených k trvalému bydlení a na domácnosti.

krytiny, nepřeměňuje sluneční záření pouze na teplo, ale až 90% této sluneční energie absorbuje a přeměňuje na energii nutnou pro odpařování vody a fotosyntézu.

- Regulace vlhkosti – při velmi suchých dnech rostliny vypařují zvýšené množství vody a tím zvyšují relativní vlhkost vzduchu v okolí vegetace.
- Čištění vzduchu – přírodní vegetace spotřebovává kyslíčník uhličitý ze vzduchu a produkuje kyslík.
- Ochrana střechy – UV záření, kroupy, déšť, vítr, ale také mechanické namáhání z provozu, údržby nebo vnějších vlivů mají negativní dopad na trvanlivost a funkčnost všech materiálů, proto může být z tohoto pohledu chráněná poloha hydroizolační vrstvy pod vegetační skladbou velmi výhodná.
- Tepelná izolace – jak samotný substrát, tak i vegetace rostoucí na jeho povrchu přispívají ke zlepšení tepelně izolačních parametrů střechy, a to především ve smyslu snížení kolísání teploty materiálů ve skladbě střechy a zvýšení tepelné stability interiéru v chladném nebo velmi teplém období roku.
- Estetický a psychologický účinek – je prokázáno, že vegetace působí pozitivně na lidské myšlení a přirozenou pohodu při pobytu v její blízkosti.
- Retenční schopnost – schopnost substrátu a vegetace zadržet část dešťových srážek dopadnutých na plochu střechy.

LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA RETENCI DEŠŤOVÉ VODY

Likvidací srážkových vod a povinností majitelů staveb a pozemků se zabývá více předpisů viz tabulka /01/.

Z legislativních předpisů je patrná snaha o maximální omezení množství odváděné dešťové vody z pozemků nebo staveb do kanalizační sítě.

Stále se zvyšující podíl zastavěné plochy vede ke snížení přirozené retence území. Rychlé odvedení dešťové vody ze zpevněných ploch pozemních a inženýrských staveb

přímo do veřejné kanalizační sítě vede nejen k přehlcení kanalizační sítě v obdobích přivalových dešťů, ale také k ovlivnění hydrogeologických poměrů na dané lokalitě. Tento stav je také umocněn ne vždy optimálním využitím zemědělské půdy a zalesnění. Ekologickým důsledkem zhoršené retenční schopnosti území jsou čím dál častěji se vyskytující záplavy.

Ekonomickým důsledkem výrazného stavebního zásahu do krajiny jsou kromě likvidace škod po povodních také nemalé investiční náklady na zřizování nebo opravy kanalizačních sítí a ČOV, což je přirozeně také jeden z důvodů zvyšování cen provozovatelů kanalizačních sítí.

V posledních letech lze zaznamenat zvýšenou aktivitu v oblasti hospodaření a nakládání s dešťovou vodou. Dle platného zákona o vodovodech a kanalizacích č. 274/2001 Sb. má až na výjimky (např. fyzické osoby) každý z majitelů nemovitostí připojených na kanalizační síť povinnost platit stočné za odváděné srážkové vody z objektů a pozemků. Je tedy otázkou, zdali je v dnešní době, anebo by v budoucnu mohlo být, ekonomicky přínosné řešit likvidaci dešťových vod na svém pozemku, i přesto, že je možné se na kanalizační síť připojit.

Likvidace dešťové vody na pozemku se řeší buď ve formě akumulace ve velkých nádržích pro případné druhotné využití vody (např. splachování na WC, zalévání, atd.) anebo zasakováním do půdy.

S rostoucími cenami pozemků se snaží každý investor o maximální využití a zastavění. To vede k již zmíněnému nárůstu zpevněných ploch bez přirozené vegetace schopné absorbovat dešťové srážky. V takových případech není možné provádět zasakování povrchově, ale musí se řešit pomocí speciálně vybudovaných vsakovacích zařízení umístěných pod terénem nebo pod objektem.

Velikost vsakovacího zařízení je úměrná množství vody, které je do něj přiváděno ze zpevněných ploch stavby a pozemku. Vytvořením vegetační plochy na střechách můžeme výrazně ovlivnit velikost vsakovacího zařízení, a tím i potřebné pořizovací náklady.

Při správném návrhu vegetační střechy by tedy mohlo dojít nejen ke zlepšení vlastností celé střešní konstrukce (viz výše uvedené vlastnosti vegetačních střech) a snížení nákladů na provoz stavby, ale také ke zmírnění následků přivalových dešťů, byť je jasné, že jen vegetační střechy nic nezachrání.



Popis postupu	Vyhláška č. 428/2001 Sb. kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů																												
Výpočet množství srážkových vod se provede na základě stanovení výměry ploch, jejich schopnosti vsakovat srážky a místního dlouhodobého úhrnu srážek.	ODDÍL TŘETÍ ZPŮSOB VÝPOČTU MNOŽSTVÍ SRÁŽKOVÝCH VOD ODVÁDĚNÝCH DO KANALIZACE BEZ MĚŘENÍ § 31 (1) Množství srážkových vod odváděných do kanalizace bez měření se vypočte podle vzorce uvedeného v příloze č. 16 na základě dlouhodobého úhrnu srážek v oblasti, ze které jsou srážkové vody odváděny do kanalizace, zjištěného u příslušné regionální pobočky Českého hydrometeorologického ústavu a podle druhu a velikosti ploch nemovitostí a příslušných odtokových součinitelů uvedených v příloze č. 16. (2) Pro účely výpočtu stočného se množství odvedených srážkových vod vypočítává samostatně pro každý pozemek a stavbu, ze které jsou tyto vody odvedeny přímo přípojkou nebo přes volný výtok do dešťové (uliční) vpusti a následně do kanalizace.																												
Jednotlivé plochy stavby a pozemku se rozdělí do tří kategorií A, B a C podle schopnosti vsakování. Plochy jsou redukovány odpovídajícími odtokovými součiniteli na tzv. redukované plochy. Odtokové součinitele významně redukuje plochu s vegetací (součinitel 0,05 oproti zastavěné ploše se součinitelem 0,9). Do ploch s vegetací lze zahrnout i plochy vegetačních střech.	VZOREC PRO VÝPOČET MNOŽSTVÍ SRÁŽKOVÝCH VOD ODVÁDĚNÝCH DO KANALIZACE <table><tr><th>Druh plochy</th><th>plocha m2</th><th>odtokový součinitel</th><th>redukovaná plocha m2 (plocha krát odtokový součinitel)</th></tr><tr><td>A</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>B</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>C</td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td colspan="4">Součet redukovaných ploch:</td></tr><tr><td colspan="4">Dlouhodobý srážkový úhrn: mm/rok tj. m/rok</td></tr><tr><td colspan="4">Roční množství odváděných srážkových vod Q v m3 = součet redukovaných ploch v m2 krát dlouhodobý srážkový úhrn v m/rok.</td></tr></table> Odtokové součinitele podle druhu plochy a) zastavěné plochy a těžce propustné zpevněné plochy (plocha A): v případě možnosti odtoku do kanalizace odtokový součinitel: 0,9, b) lehce propustné zpevněné plochy (plocha B): v případě možnosti odtoku do kanalizace odtokový součinitel: 0,4, c) plochy kryté vegetací (plocha C): v případě možnosti odtoku do kanalizace odtokový součinitel: 0,05.	Druh plochy	plocha m2	odtokový součinitel	redukovaná plocha m2 (plocha krát odtokový součinitel)	A				B				C				Součet redukovaných ploch:				Dlouhodobý srážkový úhrn: mm/rok tj. m/rok				Roční množství odváděných srážkových vod Q v m3 = součet redukovaných ploch v m2 krát dlouhodobý srážkový úhrn v m/rok.			
Druh plochy	plocha m2	odtokový součinitel	redukovaná plocha m2 (plocha krát odtokový součinitel)																										
A																													
B																													
C																													
Součet redukovaných ploch:																													
Dlouhodobý srážkový úhrn: mm/rok tj. m/rok																													
Roční množství odváděných srážkových vod Q v m3 = součet redukovaných ploch v m2 krát dlouhodobý srážkový úhrn v m/rok.																													
Součtem dílčích redukovaných ploch se vypočítá výsledná redukovaná plocha, ze které je odváděna srážková voda.																													
Zjistí se místní dlouhodobý srážkový úhrn v mm/rok. Tyto informace poskytuje ČHMÚ nebo ho oznamuje správce kanalizační sítě.																													
Roční množství odváděných srážkových vod Q [m³] se vypočítá součinem výsledné redukované plochy a místního dlouhodobého srážkového úhrnu.																													
Výsledná cena za odvod srážkových vod se získá vynásobením ročního množství odváděných srážkových vod Q sazbou správce sítě za stočné za množstevní jednotku (obvykle m³).																													

PŘÍKLAD VÝPOČTU PLATBY ZA STOČNÉ NA STŘEŠE BEZ A S VEGETAČNÍ SKLADBOU

ZADÁNÍ

Středně velká průmyslová hala o rozměrech střechy $25\text{ m} \times 45\text{ m}$ (plocha střechy: $1\,125\text{ m}^2$).
Objekt se nachází na území města Prahy (oblast s dlouhodobým srážkovým úhrnem 532 mm/rok).
Sazba stočného na r. 2012 je $28,30\text{ Kč/m}^3$ (zdroj: Pražské vodovody a kanalizace, a.s.).

VÝPOČET

Objekt viz zadání s běžnou skladbou střechy

Typ pozemku: A – zastavěné plochy a těžce propustné zpevněné plochy
Odtokový součinitel: 0,9
Redukovaná plocha: $1\,125\text{ m}^2 \times 0,9 = 1\,012,5\text{ m}^2$
Roční množství odváděných srážkových vod: $1\,012,5\text{ m}^2 \times 532\text{ mm/rok} = 538,65\text{ m}^3$
Stočné za rok: $538,65\text{ m}^3 \times 28,30\text{ Kč/m}^3 = 15\,243,80\text{ Kč}$

Objekt viz zadání s vegetační skladbou střechy

Typ pozemku: C – plochy kryté vegetací
Odtokový součinitel: 0,05
Redukovaná plocha: $1\,125\text{ m}^2 \times 0,05 = 56,25\text{ m}^2$
Roční množství odváděných srážkových vod: $56,25\text{ m}^2 \times 532\text{ mm/rok} = 29,925\text{ m}^3$
Stočné za rok: $29,925\text{ m}^3 \times 28,30\text{ Kč/m}^3 = 846,90\text{ Kč}$

Snížení platby za stočné je v tomto případě $14\,397,-\text{ Kč}$.

VLIV RETENCE NA CENU STOČNÉHO

Vliv použití vegetační střechy nad objektem podnikajícího subjektu na cenu stočného za srážkovou vodu je demonstrován na příkladu na str. 08. Nad stejným objektem byla uvažována střecha bez a s vegetační skladbou a pro obě varianty byla vypočítána cena stočného srážkových vod podle metodiky vyhlášky 428/2001 Sb. /tab. 02/.

SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY RETENCE DEŠŤOVÝCH VOD NA STŘECHÁCH

Nejvíce zkušeností s využitím vegetačních střech mají odborníci z Rakouska, Německa a Švýcarska, kteří několika výzkumy nesporně prokázali schopnost vegetačních střech zadržovat nebo alespoň zpomalovat odtok dešťových vod. Tato schopnost se v praxi obvykle vyjadřuje prostřednictvím bezrozměrného součinitele (koeficientu) odtoku C .

Součinitel odtoku C vyjadřuje poměr mezi množstvím odečtené vody a srážkového úhrnu během určité časové jednotky.

HODNOTY SOUČiniteLE C PODLE RŮZNÝCH PODKLADŮ

SVAZ ZAKLÁDANÍ A ÚDRŽBY ZELENEJ (NĚMECKO)

V současné době nejpodrobnější hodnoty součinitelů odtoku vegetační střechy včetně uvedení podmínek zkoušení udává německá směrnice FLL pro projektování, provádění a údržbu zelených střech [2], které jsou zobrazeny v tabulce /03/.

ČSN EN 12056-3 [3]

Evropská norma žádné konkrétní hodnoty součinitele odtoku neuvádí. Standardně je uvažována hodnota $C = 1$, pokud národní a místní předpisy nebo zvyklosti nestanovují jinak. Norma tedy umožňuje zvolit i jinou hodnotu součinitele odtoku než pouze $C = 1$, ale již neuvádí jakou.

ČSN 75 6760 VNITŘNÍ KANALIZACE [4]

V české normě jsou rozlišeny různé druhy odvodňované plochy, různé druhy úprav povrchů a sklonů těchto ploch viz tabulka /04/. Popisem je vegetační střecha nejbližší střeše s propustnou horní vrstvou tlustší než 100 mm. V normě není uvedeno za jakých podmínek byly hodnoty stanoveny.

VYHLÁŠKA 428/2001 SB., PŘÍLOHA 16 [5]

Již uvedená vyhláška uvádí způsob výpočtu množství srážkových vod odváděných do kanalizace bez měření. Výpočet množství odváděné vody do kanalizace podle této vyhlášky je podkladem pro stanovení ceny stočného za dešťové vody. Hodnota součinitele odtoku je pro plochy kryté vegetací $C = 0,05$. Jedná se o hodnoty uváděné pro dlouhodobý srážkový úhrn.

CO LZE ŘÍCI O RETENČNÍCH SCHOPNOSTECH VEGETAČNÍCH STŘECH?

Hodnoty součinitele odtoku se podle uvedených zdrojů výrazně liší podle účelu využití. Pro výpočet odvodu vody např. z ploché střechy s horní propustnou vrstvou tlustší než 100 mm se uvádí hodnota $C = 0,5$. Naopak pro výpočet ceny stočného je na stejné střeše $C = 0,05$. Tyto rozdíly a nejistota znalosti přesného čísla dále ještě komplikuje fakt, že stejná střecha bude mít ve skutečnosti na různých místech jinou hodnotu C v závislosti na ročním úhrnu srážek v dané lokalitě, teplotě vzduchu, nadmořské výšce, délce a intenzitě slunečního svitu, atd. Nelze tedy např. ani z německých norem bez uvážení přebírat libovolné hodnoty C bez znalosti podmínek stanovení a účelu využití hodnot.

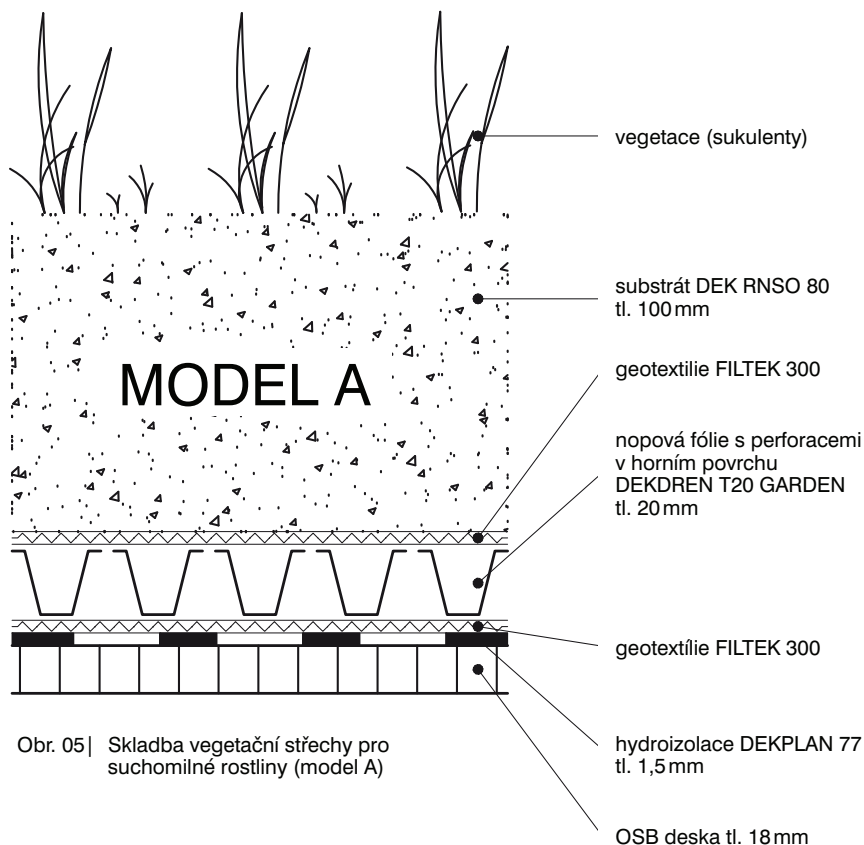
Abychom si udělali vlastní názor na skutečné retenční vlastnosti

Tabulka 03 | Součinitele odtoku vegetační střechy dle FLL [2]

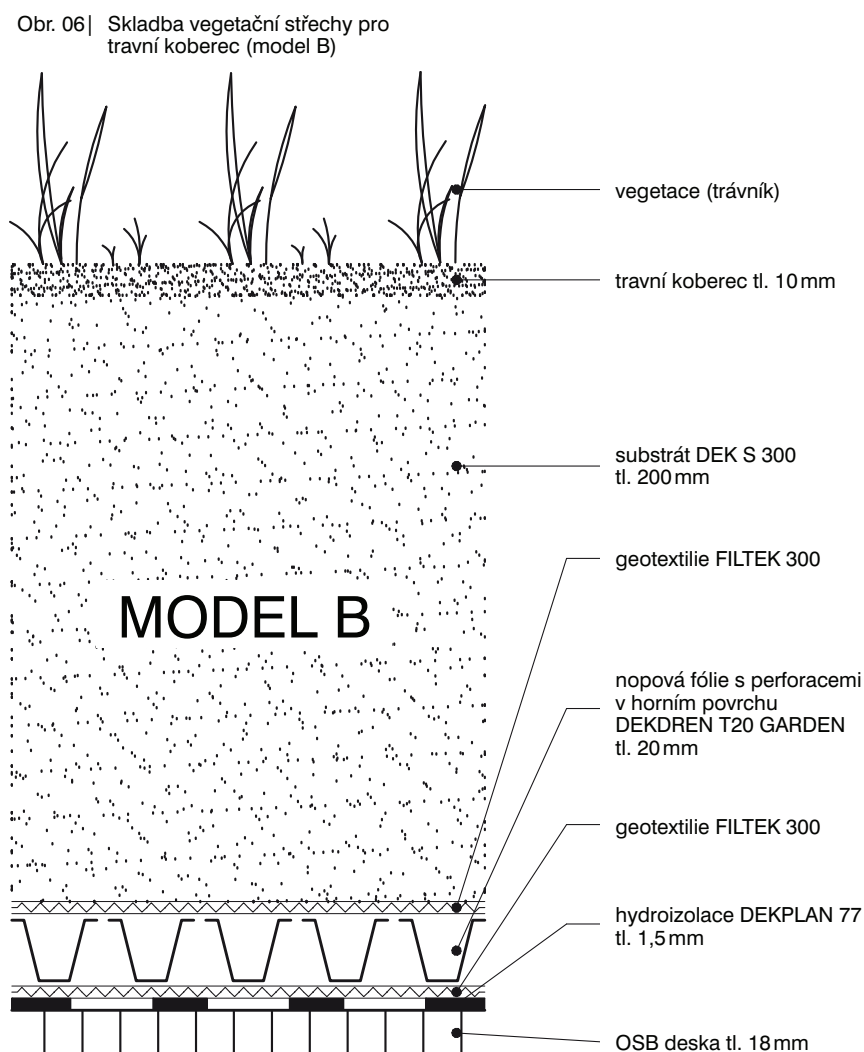
Tl. souvrství [cm]	Sklon střechy do 5°	Sklon střechy nad 5°
> 50	0,1	-
25 - 50	0,2	-
15 - 25	0,3	-
10 - 15	0,4	0,5
6 - 10	0,5	0,6
4 - 6	0,6	0,7
2 - 4	0,7	0,8

Tabulka 04 | Hodnoty součinitele odtoku dle ČSN 75 6760 [4].

Položka	Druh odvodňované plochy, popřípadě druh úpravy povrchu	Sklon povrchu a na něm závislý součinitel (C)		
		do 1 %	1 % až 5 %	nad 5 %
1.	Střechy s propustnou horní vrstvou tlustší než 100 mm	0,5	0,5	0,5
2.	Střechy ostatní	1,0	1,0	1,0
3.	Asfaltové a betonové plochy, dlažby se zálivkou spár	0,7	0,8	0,9
4.	Dlažby s pískovými spárami	0,5	0,6	0,7
5.	Upravené štěrkové plochy	0,3	0,4	0,5
6.	Neupravené a nezastavěné plochy	0,2	0,25	0,3
7.	Sady, hřiště	0,1	0,15	0,2
8.	Zatrávněné plochy	0,05	0,1	0,15



Obr. 05| Skladba vegetační střechy pro sušomilné rostliny (model A)



Obr. 06| Skladba vegetační střechy pro travní koberec (model B)

vegetačních střech, zformulovali jsme vlastní výzkumný úkol s cílem prověřit míru přesnosti hodnot uváděných ve zmíněných zdrojích a odpovědět si na další otázky:

- Za jakých podmínek bylo C stanoveno? Uvažuje se maximální hodnota zjištěná během deště, nebo se uvažuje hodnota získaná těsně po skončení deště? Nebo se dokonce uvažuje jako hodnota zjištěná např. po 24 hod po skončení deště, nebo jako roční průměr?
- Je hodnota C konstantní v čase?
- Je správné, že se hodnoty C liší v závislosti na tom, k čemu jsou využívány (např. dimenzování vnitřní kanalizace, vsakovacího zařízení, veřejné kanalizační sítě, cena stočného)?
- Mají prezentované hodnoty součinitele odtoku v českých normách správnou vypovídající hodnotu?
- Je možné provést srovnání s výsledky experimentů prováděných v Německu?

EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

Pro lepší pochopení retenčního chování vegetačních střech a alespoň částečné zodpovězení výše zmíněných otázek jsme uskutečnili experimentální měření. Měření bylo prováděno jako součást diplomové práce zpracované Ing. Petrem Klobusovským na katedře Technického zařízení budov Fakulty stavební ČVUT v Praze za odborného vedení Ing. Stanislavem Frolíkem, Ph.D. a ve spolupráci se společností DEKTRADE a.s.

Pro účely tohoto měření byly sestaveny dva modely vegetačních střech a zařízení simulující dešťové srážky. Konkrétní skladby souvrství obou modelů vegetačních střech jsou uvedeny na obrázcích /05/ a /06/. Skladby byly převzaty z publikace [1].

Zařízení bylo sestaveno tak, aby bylo možné měřit odtok vody prosáklé vrstvami nad hydroizolací.

Na modelu A byla provedena skladba vegetační střechy se substrátem DEK RNSO 80 v tl. 100 mm a s vegetací ze

Tabulka 05 | Maximální návrhové úhrny v ČR s dobou trvání 5 min až 4320 min [6].

Nadm. výška lokality (m n.m.)	Periodicita ρ (rok ⁻¹)	Doba trvání srážek t_c (min)																
		5	10	15	20	30	40	60	120	240	360	480	600	720	1080	1440	2880	4320
		Maximální návrhové úhrny srážek h_d (mm)																
Do 650	0,2	12	18	21	23	25	27	29	35	29	44	49	50	51	54	55	73	85
	0,1	14	21	24	27	30	32	35	42	46	54	56	58	59	63	66	88	100
Nad 650	0,2	11	15	17	20	23	26	30	40	59	58	67	76	85	99	104	156	179
	0,1	12	17	20	22	26	30	35	46	56	67	77	87	98	122	130	200	235

02| Model A – suchomilné rostliny

03| Model B – Pokládka travního koberce na model

04| Model B – vegetační střecha s travním kobercem



suchomilných rostlin. Na modelu B byla provedena skladba střešní zahrady se substrátem DEK S 300 v tl. 200 mm a předpěstovaným travním kobercem.

Sklon u obou modelů střech byl zvolen 5°, což je maximální sklon pro zvolené typy skladeb vegetačních střech. Při větším sklonu by bylo nutné jistit substrát proti sesuvu.

Pro experimentální měření bylo navrženo 6 různých srážkových úhrnů o různých dobách trvání, převzatých z normy ČSN 75 9010 [6], viz /tab. 05/ a z předpisu FLL [2].

Srážkové úhrny dle normy ČSN 75 9010:

- 14 mm při době trvání srážky 5 min (tj. intenzita 0,0467 l/(s.m²));
- 24 mm při době trvání srážky 15 min (tj. intenzita 0,0267 l/(s.m²));
- 26 mm při době trvání srážky 30 min (tj. intenzita 0,0144 l/(s.m²));
- 35 mm při době trvání srážky 60 min (tj. intenzita 0,0097 l/(s.m²));
- 46 mm při době trvání srážky 120 min (tj. intenzita 0,0064 l/(s.m²)).

Srážkové úhrny dle příručky FLL:

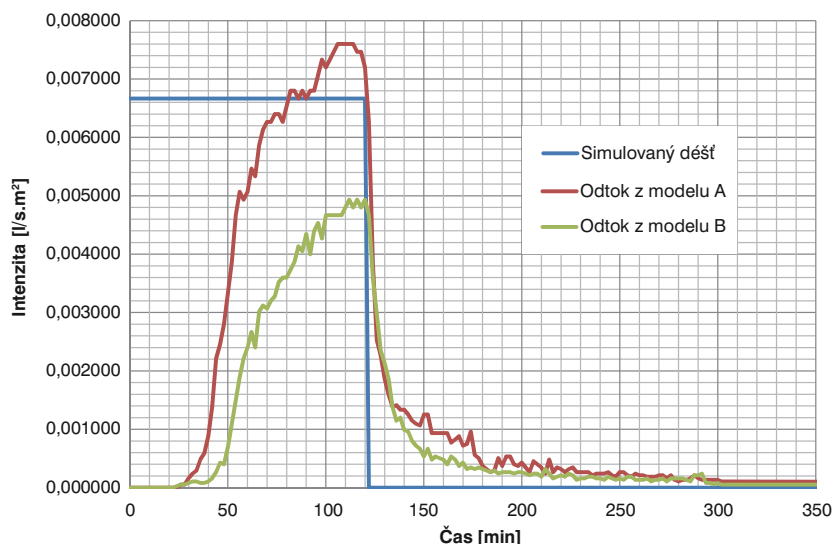
- 27 mm při době trvání srážky 15 min (tj. intenzita 0,0300 l/(s.m²)).

VÝSLEDKY MĚŘENÍ

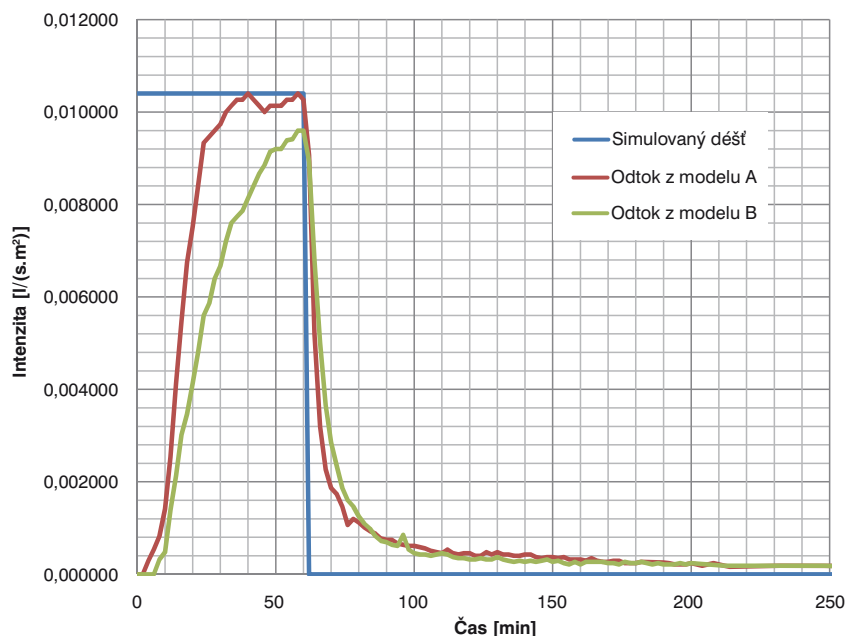
V grafech /01/ až /06/ jsou zobrazeny výsledky z měření. Modrou čarou je zobrazen průběh simulovaného deště, který vždy po stanovené době skončil, červenou čarou průběh odtoku dešťové vody z modelu A a zelenou čarou průběh odtoku z modelu B.

Také nás zajímalo, jaký vliv má přítomnost a naplnění nopové fólie vodou. Proto byl před prvním měřením /graf 01/ částečně nasycen pouze substrát tak, aby nedošlo k zaplnění nopové fólie vodou. Pozitivní vliv hydroakumulace nopové fólie se projevil tak, že přibližně v prvních 24 minutách nebyl zaznamenán žádný odtok

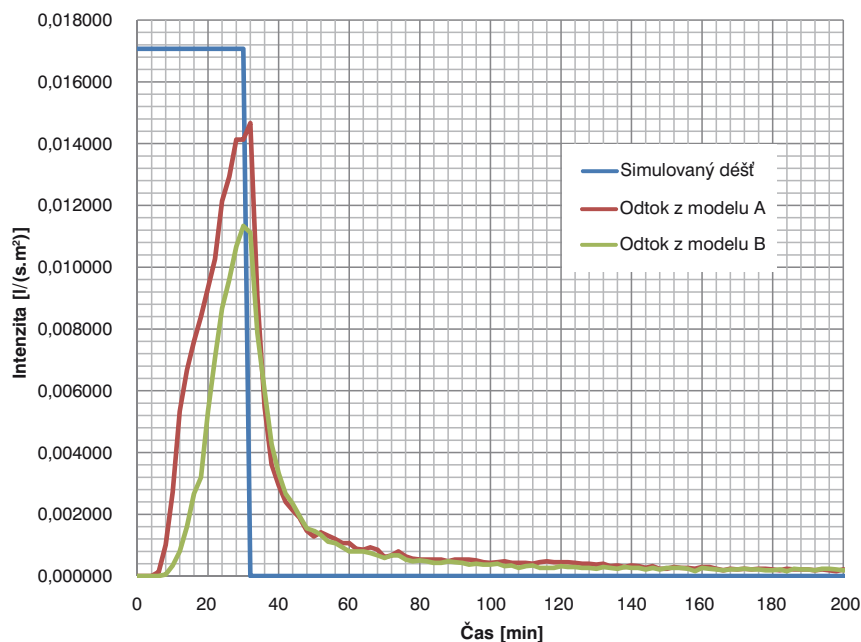
Graf 01 | Průběh odtoku vody při 120 min dešti o intenzitě 0,00667 l/(s.m²)



Graf 02 | Průběh odtoku vody při 60 min dešti o intenzitě 0,0104 l/(s.m²)



Graf 03 | Průběh odtoku vody při 30 min dešti o intenzitě 0,01707 l/(s.m²)



vody. Následně došlo k velmi rychlému nárůstu odtoku vody. První měření se také lišilo jednou zvláštností. Přibližně po 80 minutách od začátku měření dosahoval odtok z modelu A vyšších hodnot, než byla intenzita simulovaného deště. Tuto skutečnost bude nutné v dalších měřeních ještě potvrdit. Tato anomálie (součinitel C by mohl být vyšší než 1,0), pokud by se v budoucnu potvrdila, poukazuje na neznalost fungování vegetačních střech, neboť žádný podobný případ nebyl v žádné dostupné literatuře ani příručkách popsán.

Při dalších experimentech /graf 02 až 06/, kde již byla před měřením nopová fólie zaplněna vodou, je znatelný rozdíl oproti grafu /01/. Zpoždění odtoku na začátku měření je podstatně menší, a to v rozsahu 2 až 9 minut.

Na všech grafech je dobře patrný rozdíl mezi odtokem z modelu A a modelu B. Rozdíl je v některých případech téměř dvojnásobný. To potvrzuje výhodnost použití vegetační střechy s větší tloušťkou substrátu.

Hodnoty zobrazené na grafu /05/ jsou výsledky měření při hodnotách deště, které jsou běžně používány pro navrhování dešťové kanalizace. Výsledky tohoto měření by tedy v praxi mohly být momentálně nejvíce užitečné.

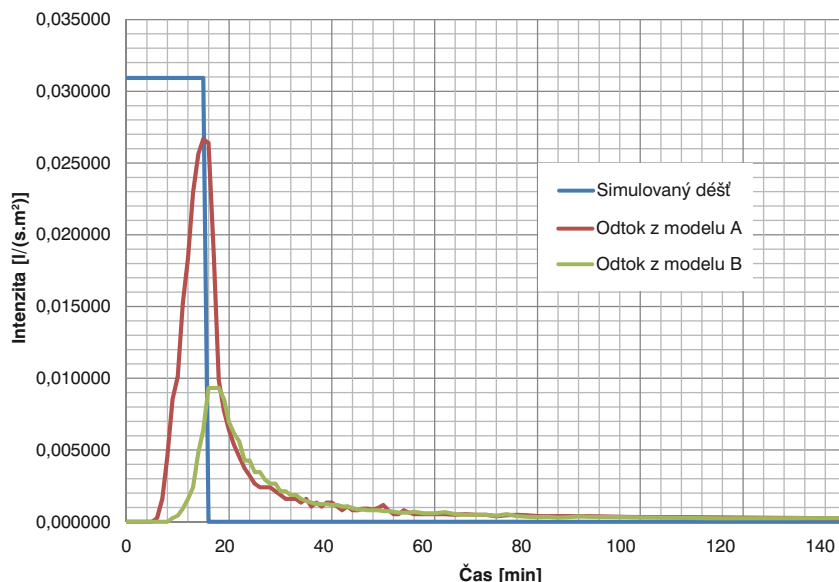
Na posledním grafu /06/ je pak retenční schopnost patrná nejvíce. Simulovaný déšť zde odpovídá letním průtržím, které jsou v posledních letech častým jevem. U tohoto měření došlo ke snížení odtoku u modelu B téměř o 90 %.

V tabulce /06/ a /07/ je provedeno souhrnné porovnání výsledků jednotlivých měření.

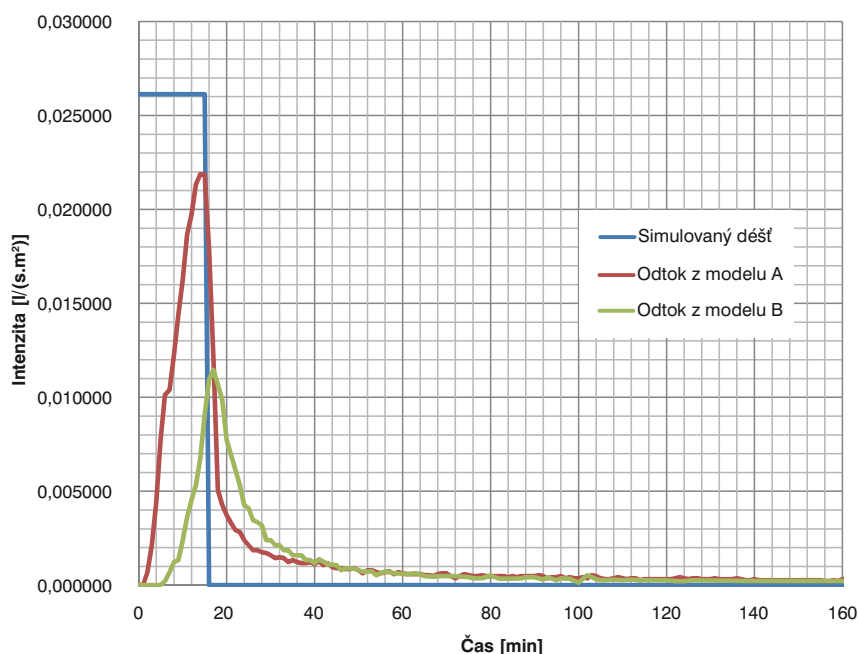
REKAPITULACE VÝSLEDKŮ

- Retenční schopnost vegetačních střech byla experimentálním měřením jednoznačně prokázána. Tuto vlastnost dokazují průběhy odtoku, ze kterých je patrná nejen schopnost snížit maximální intenzitu odtoku dešťové vody ze střechy, ale také schopnost

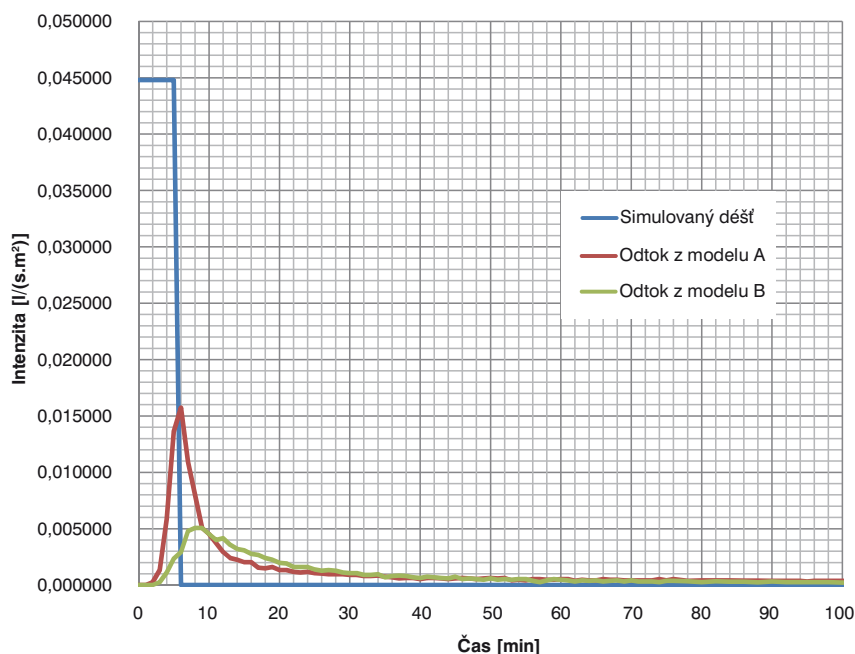
Graf 04 | Průběh odtoku vody při 15 min dešti o intenzitě 0,02613 l/(s.m²)



Graf 05 | Průběh odtoku vody při 15 min dešti o intenzitě 0,03093 l/(s.m²)



Graf 06 | Měření při 5 min dešti o intenzitě 0,0448 l/(s.m²)



Tabulka 06 | Součinitele odtoku¹ stanovené po 24 hodinách

Trvání srážky tc [min]	Intenzita deště r [l/ (s.m²)]	Množství dopadlé dešťové vody [l/m²]	Množství oteklé vody [l/m²]		Součinitel odtoku C		Zpoždění odtoku [min]	
			Model A	Model B	Model A	Model B	Model A	Model B
120	0,00667	48,00	36,90	23,80	0,77	0,50	24	24
60	0,01040	37,44	36,94	32,90	0,99	0,88	4	8
30	0,01707	30,72	24,26	20,34	0,79	0,66	6	8
15	0,02613	23,52	22,00	16,24	0,94	0,69	2	6
15	0,03093	27,84	19,90	15,20	0,71	0,55	6	9
5	0,04480	13,44	11,91	11,14	0,89	0,83	2	3

¹ Součinitel odtoku – podíl objemu (nebo výšky) odtoku a objemu (nebo výšky) příslušných srážek, způsobujících tento odtok.

Tabulka 07 | Součinitele špičkového odtoku²

Trvání srážky tc [min]	Intenzita deště r [l/ (s.m²)]	Množství dopadlé dešťové vody [l/m²]	Max. intenzita odtoku [l/(s.m²)]		Součinitel špičkového odtoku C _{top}	
			Model A	Model B	Model A	Model B
120	0,00667	48,00	0,00760	0,00493	1,14	0,74
60	0,01040	37,44	0,01040	0,00960	1,00	0,92
30	0,01707	30,72	0,01467	0,01133	0,86	0,66
15	0,02613	23,52	0,02187	0,01147	0,84	0,44
15	0,03093	27,84	0,02667	0,00933	0,86	0,30
5	0,04480	13,44	0,01573	0,00507	0,35	0,11

² Součinitel špičkového odtoku – poměr mezi špičkovým přímým povrchovým odtokem a průměrnou intenzitou dané srážky násobené sběrnou plochou.

začátek odtoku oddálit a celkově dešťovou srážku rozložit na několik hodin trvající mírný odtok. Tato schopnost je nejvýznamnější u velmi intenzivních a krátce trvajících dešťů, ke kterým dochází zejména v letních měsících. Takové deště mohou zapříčinit přeplnění a v horším případě i poškození stokových sítí nebo vodních toků, případně způsobit komplikace a škody v podobě záplav lokálního nebo širšího rozsahu. U málo intenzivních dlouhotrvajících dešťů dochází po určité době téměř k vyrovnání intenzity deště a odtoku. To by ale vzhledem k nízké intenzitě samotného deště nemělo způsobovat žádné komplikace.

- Čím vyšší je intenzita deště a zároveň tedy je kratší jeho trvání, tím je nižší intenzita odtoku vody ze střech, tedy nižší hodnota součinitele špičkového odtoku. Na základě toho můžeme říci, že vegetační střecha se opravdu nechová konstantně a že nelze vyjádřit retenční schopnost pouze jednou hodnotou.

- Hodnota součinitele špičkového odtoku, sledovaná během trvání srážek a hodnota součinitele odtoku stanovená až po několika hodinách po skončení deště se může výrazně lišit. Proto je nutné si předem uvědomit, k jakému účelu je hodnota odtoku C potřeba. Při dimenzování vnitřní kanalizace bude potřeba pravděpodobně jiná hodnota, nežli např. v případě, kdy bude dimenzováno vsakovací zařízení. Při dimenzování je také nutné se zamyslet nad průběhem výstavby, protože vegetační souvrství se aplikuje až v posledních fázích stavby a tudíž se během výstavby střechy chovají jako zpevněné plochy s $C = 1$.
- U vegetační střechy s různými typy vegetace byl prokázán rozdíl v retenční schopnosti. Lze předpokládat, že u mocností substrátu v řádech několika desítek centimetrů by mohl být odtok nulový.
- Simulací pěti různých typů dešťových srážek byla

také potvrzena skutečnost, že na retenční schopnost vegetačních střech může mít vliv i srážková oblast, ve které je střecha realizována.

- Povrchový odtok nebyl během žádného měření zaznamenán.

ZÁVĚREČNÉ SHRNTÍ

Součinitel C závisí na tloušťce vrstvy substrátu.

Skutečnost, že v normách a příručkách není uváděno za jakých podmínek jsou v nich uváděné hodnoty součinitele odtoku C stanoveny, může znehodnotit informační hodnotu vypočítaných výsledků. Vždy by se mělo minimálně uvádět, zdali se jedná o hodnoty špičkového odtoku nebo průměrného za určité stanovené období.

Nepřehlédnutelným finančním přínosem vegetačních střešů je především pro právnické osoby téměř 95 % snížení cen stočného za dešťovou vodu.

Výsledky experimentálního měření by prozatím mohly posloužit jako důkaz, že vegetační střešy si zaslouží být v našich normách zmiňovány více, než pouze jednou hodnotou součinitele odtoku a mohly by být inspirací k dalšímu výzkumu i k dalšímu rozvoji používání vegetačních střešů. Z tohoto důvodu bude experiment pokračovat v širším rozsahu dále v rámci doktorského studia autora článku. Budou tak moci být uplatněny cenné zkušenosti získané z předchozího experimentu a výsledky by tak měly získat větší přesnost a dostatečnou váhu na to, aby mohly být použity do příslušných norem, předpisů a příruček.

<Petr Klobusovský>

<Antonín Žák>

- [1] Kolektiv autorů. Vegetační střešy a střešní zahrady, Skladby a detaily, konstrukční a materiálové řešení. Praha: DEKTRADE a.s., únor 2009.
- [2] SVAZ ZAKLÁDÁNÍ A ÚDRŽBY ZELENĚ. FLL norma Richtlinie für die Planung, Ausführung und Pflege von Dachbegrünungen – Dachbegrünungsrichtlinie – překlad Ing. Jitka Dostalová. Jedná se o pracovní materiál, který byl zpracován v rámci řešení projektu „Zelené střešy – naděje pro budoucnost“ finančně podpořeného

v grantovém řízení Ministerstva životního prostředí.

- [3] ČSN EN 12056-3 *Vnitřní kanalizace – Gravitační systémy – Část 3: Odvádění dešťových vod ze střech – Navrhování a výpočet*
- [4] ČSN 75 6760. *Vnitřní kanalizace*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [5] Vyhláška 428/2001 Sb., kterou se provádí zákon č. 274/2001 Sb., o vodovodech a kanalizacích pro veřejnou potřebu a o změně některých zákonů (zákon o vodovodech a kanalizacích)
- [6] ČSN 75 9010. *Vsakovací zařízení srážkových vod*. Praha: Český normalizační institut, 2012.



Expertní a znalecká kancelář
Doc. Ing. Zdeněk KUTNAR, CSc.
IZOLACE & KONSTRUKCE STAVEB

OBJEKTY

bytové, občanské, sportovní, kulturní, průmyslové, zemědělské, inženýrské a dopravní

KONSTRUKCE

ploché střešy a terasy, střešní zahrady, šikmé střešy a obytná podkroví, obvodové pláště, spodní stavba, základy, sanace vlhkého zdiva, dodatečné tepelné izolace, vlhké, mokré a horké proozy, chladírny a mrazírny, bazény, jímky, nádrže, trubní rozvody, kolektory, mosty, tunely, metro, skládky, speciální konstrukce

DEFEKTY

průsaký vody, vlhnutí konstrukcí, povrchové i vnitřní kondenzace, destrukce materiálů a konstrukcí vyvolané vodou, vlhkostí a teplotními vlivy

POUČENÍ

tvorba strategie navrhování, realizace, údržby, oprav a rekonstrukcí spolehlivých staveb od koncepce až po detail

TECHNICKÁ POMOC

expertní a znalecké posudky vad, poruch a havárií izolací staveb, koncepce oprav

KONTAKTY:

KUTNAR
IZOLACE & KONSTRUKCE STAVEB
expertní a znalecká kancelář

- ČVUT Praha, fakulta architektury, Thákurova 9, 160 00 Praha 6,
- Stálá služba: Tiskařská 10, Praha 10, tel.: 233 333 134 e-mail: kutnar@kutnar.cz mobil: 603 884 984