

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

Fakulta životního prostředí



**TESTOVÁNÍ VHODNOSTI ROSTLIN  
PRO VERTIKÁLNÍ ZAHRADY**

Bakalářská práce

Vedoucí práce:

doc. Ing. Kateřina Berchová Ph.D.

Konzultant práce:

Ing. Martina Kadlecová

Vypracoval:

Jan Majer

Jirkov 2020

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Autor práce:	Jan Majer
Studijní program:	Krajinářství
Obor:	Územní technická a správní služba
Vedoucí práce:	doc. Ing. Kateřina Berchová, Ph.D.
Garantující pracoviště:	Katedra aplikované ekologie
Jazyk práce:	Čeština
Název práce:	<b>Testování vhodnosti rostlin pro vertikální zahrady</b>
Název anglicky:	<b>Vertical gardens - test of different plant species survival</b>
Cíle práce:	1. Vyhodnotit životaschopnost rostlin pěstovaných v experimentálních zahradách a jejich přizpůsobení změnám klimatických podmínek  2. Vybrat nejvhodnější druhy rostlin pro vertikální zahrady zavlažované pitnou vodou  3. Vyhodnotit využití vertikálních zahrad
Metodika:	Snahou bakalářské práce bude podat ucelený přehled informací vhodnosti rostlin pro vertikální zahrady v exteriéru. V literárním přehledu bude nejen popsán pěstební systém vertikální zahrady, ale i pěstební podmínky stanoviště.  Prostřednictvím této práce bude proveden vědecký výzkum o vhodnosti druhu rostlin pro vertikální zahrady, kdy bude použit speciální substrát pro rostliny v kontejnerech a bude pozorována jejich adaptace s tímto substrátem, při stanovených pěstebních podmínek  Na základě výsledků získaných tímto výzkumem, bude určen nejvhodnější druh pro vertikální pěstování.
Doporučený rozsah práce:	30 stran, 2 grafy
Klíčová slova:	odolnost rostlin, přezimování, vertikální pěstování, využití vertikálních zahrad

### Doporučené zdroje informací:

1. DAVIS, M.J.M., M.J. TENPIERIK, F.R. RAMÍREZ a M.E. PÉREZ. More than just a Green Facade: The sound absorption properties of a vertical garden with and without plants. Building and Environment [online]. 2017, 116, 64-72 [cit. 2020-01-08]. DOI: 10.1016/j.buildenv.2017.01.010. ISSN 03601323
2. EKREN, Erdi. Advantages and Risks of Vertical Gardens. Journal of Bartın Faculty of Forestry [online]. 1 June 2017, , 51-57 [cit. 2020-01-12]. DOI: 10.24011/barofd.293124. ISSN 1308-5875

3. LÓPEZ-RODRÍGUEZ, Glenny, Javier PÉREZ-ESTEBAN, Juan RUIZ-FERNÁNDEZ a Alberto MASAGUER. Behavior and evolution of sustainable organic substrates in a vertical garden. In: Ecological Engineering [online]. Madrid, Spain: Elsevier, 2016, 93, s. 129-134 [cit. 2020-01-09]. ISSN 09258574.
4. MANSO, Maria a João CASTRO-GOMES. Green wall systems: A review of their characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews [online]. 2015, 41, 863-871 [cit. 2020-01-13]. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.203. ISSN 13640321

Předběžný termín  
obhajoby:

2019/20 LS – FŽP

Konzultant:

Ing. Martina Kadlecová

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **TESTOVÁNÍ VHODNOSTI ROSTLIN PRO VERTIKÁLNÍ ZAHRADY** vypracoval samostatně a použil jen ty zdroje, které cituji, a které jsou použity v seznamu literatury.

V Chomutově dne 22.03.2020

Podpis studenta .....

Jan Majer

## **Poděkování**

Děkuji paní Ing. Martině Kadlecové za čas strávený konzultacemi nad tématem bakalářské práce. Dále chci poděkovat doc. Ing. Kateřině Berchové Ph.D. za odborné vedení. V neposlední řadě patří velké díky mé rodině, která mě po celou dobu morálně podporovala.

## Abstrakt

Bakalářská práce se zaměřuje na růst a přezimování rostlin ve vertikálních zahradách. Především na jejich schopnost přežívání zimního období v podmínkách střední Evropy a jejich přizpůsobení vertikálním pěstebním podmínkám. V praxi jsou také diskutovány různé možnosti využití vertikálních zahrad.

Praktická část zahrnuje metodiku hodnocení nejvhodnějších druhů rostlin, pro vertikální zahrady na základě, které byl proveden výzkum. Potřebná data byla získána pomocí venkovního nádobového experimentu, ve kterém byly sledovány druhy břečťan popínavý (*Hedera helix*), dlužicha americká (*Heuchera americana*), metlice trsnatá (*Deschampsia cespitosa*) a kostřava červená (*Festuca rubra*).

Adaptace rostlin v nádobovém experimentu byla úspěšná, pouze dvě rostliny byly zaznamenány jako uhynulé (břečťan popínavý, metlice trsnatá) a to ihned po realizaci. Ostatní rostliny vykazovaly známky dobré vitality. Nebylo evidováno žádné vymrznutí rostlin. Veškeré rostliny, které byly použity pro vertikální zahradu, se ukázaly, jako vhodné a přizpůsobivé pro zadaný experiment. Jako nejvhodnější druh pro vertikální pěstování se projevila kostřava červená, která prokázala nejlepší vitalitu a zároveň se nejlépe rozrůstala i v zimním období. Vizuální stálost, byla v zimním období obdobná, jako před zahájením vegetačního klidu.

Klíčová slova: odolnost rostlin, přezimování, vertikální pěstování, využití vertikálních zahrad

## Abstract

The bachelor thesis focuses on the growth and hibernation of plants in vertical gardens. Above all, their ability to survive the winter season in Central Europe and their adaptation to vertical growing conditions. In practice, various possibilities of using vertical gardens are also discussed.

The practical part includes the methodology of evaluation of the most suitable plant species for vertical gardens on the basis of which the research was carried out. Necessary data were obtained by means of an outdoor container experiment in which species were monitored *Hedera helix*, *Heuchera americana*, *Deschampsia cespitosa*, *Festuca rubra*.

At the base of experimental garden data collection, the aim was to determine the suitability of plants for the given growing conditions and their survival in winter. Adaptation of plants was successful, only two plants were recorded as dead immediately after realization. Other plants showed signs of good vitality. There was no evidence of plant freezing. All plants that were used for the vertical garden proved to be suitable and adaptable for the given experiment. The best plant for vertical growing is *Festuca Rubra* which showed the best vitality and grows best also in winter. Visual stability was similar in winter to the beginning of dormancy.

Keywords: plant resistance, hibernation, vertical cultivation, use of vertical gardens

## Obsah

1. Úvod.....	8
2. Cíl práce.....	9
3. Vertikální zahrady.....	10
3.1. Druhy vertikálních zahrad .....	11
3.2. Historie vertikálních zahrad .....	13
3.3. Pozitivní a negativní vlivy vertikálních zahrad .....	14
3.4. Rostliny využívané ve vertikálních zahradách .....	17
3.5. Přezimování vertikálních zahrad .....	23
4. Metodika práce .....	25
4.1 Popis rostlin vybraných pro experiment.....	25
4.2 Popis konstrukce.....	28
4.3 Nádoby .....	29
4.4 Médium (substrát) .....	29
4.5 Umístění experimentální zahrady.....	30
4.6 Popis rozložení rostlin .....	31
4.7 Způsob zavlažování .....	31
4.8 Sběr analýza dat.....	32
4.9 Statistické analýzy.....	34
5. Výsledky práce.....	35
6. Diskuse.....	40
7. Závěr .....	43
8. Zdroje .....	44
9. Přílohy.....	50



# 1. Úvod

Vertikální zahrady je termín používaný k označení všech forem „zelených stěn“. Málokdo si uvědomuje, že zelené stěny, jak se jim také nazývá, jsou nejen vizuálně krásné, ale také jsou užitečné pro naši atmosféru. Vertikální zahrady pomáhají v problémech globálního oteplování. Protože významně snižují tepelné mikroklimaty měst (mikroklima je termín označující lokalizovanou zónu, kde je jiné podnebí než v okolní oblasti) V urbanizovaných městských oblastech je klima ovlivněno členitostí, množstvím staveb. Materiály jako cihla, asphalt a beton absorbují sluneční energii, čímž vytvoří tepelný ostrov. Tyto účinky lze částečně zmírnit změnou opláštění budov. Přidáním vegetace, která napomáhá k zastínění budov a absorpci slunečního záření jako zdroje tepla (Greenscreen, 2012; Cantor, 2008).

Vertikální zahrady také zadržují nebo zpomalují odtok dešťové vody, poskytují úkryt pro volně žijící živočichy. Některé rostliny jsou schopny růst na vertikálních konstrukcích tím způsobem, že zakoření na konstrukci, která je pro růst navržena. Rostliny potřebují k úspěšnému pěstování např. na stěnách budov, určitý druh konstrukce dle způsobu pěstování.

Jedním z klíčových prvků pro úspěšné fungování vertikální zahrady je volba vhodných druhů rostlin. Protože ne pro všechny druhy platí, že jsou schopny v omezených podmínkách (např. nedostatek prostoru pro kořenový systém), vertikálních zahrad přežít. A právě na růst a přežívání vybraných rostlin ve vertikálních zahradách je zaměřena tato práce.

## **2. Cíl práce**

Cílem práce je vyhodnotit životaschopnost, přezimování rostlin pěstovaných v experimentální zahradě a jejich přizpůsobení změnám klimatických podmínek se zaměřením na klimatické podmínky České republiky. Výzkum se provádí s cílem vyhodnotit vitalitu konkrétních rostlin a vyhodnotit jejich přizpůsobení daným možnostem. Záměr práce je posoudit nejvhodnější druh rostliny použitý při provedeném výzkumu.

### 3. Vertikální zahrady

Zrychlený urbanizační proces a exponenciální růst ve velkých městech světa přispěly ke zmenšení vegetačních ploch. Ve městech žije více než 50% světové populace. Odhaduje se, že do roku 2030 toto číslo překročí šedesát procent. Využití vegetace v městském plánování se stalo bezpodmínečným aspektem. Výhody, které vegetace přináší, jsou například: snížení městských tepelných ostrovů, (Alexandri a Jones, 2008), zachování vlhkosti (Thuring et al., 2010), přispívá k biologické rozmanitosti (Gedge a Kadas, 2005), na závěr vede k zlepšení městské krajiny (White a Gatersleben, 2011). Z těchto důvodů se realizují návrhy, která začleňují vegetaci do městského prostředí, s cílem zmírnit nerovnováhu mezi urbanizací a ochranou životního prostředí. Vertikální zahrady představují nejnovativnější reprezentaci městské naturace a výkonné nástroje pro bioklimaty a udržitelný design, jelikož je prostor pro zeleň s růstem urbanizace více omezující.

Vertikální zahrady se nazývají plochy, které způsobem výsadby rostlin jsou zcela svislé. Často se těmto výsadbám taktéž nazývá zelená stěna, vegetační stěna, zelená fasáda a spočívá v osázení ploch trvalými rostlinami, které jsou schopny samostatného vegetačního růstu s minimálním zásahem. Tento pěstební způsob vyžaduje použití růstového média, aby byl umožněn uspokojivý vývoj kořenového systému. Hlavní vlastnosti média musí být lehkost, schopnost podporovat vegetaci a dosáhnout optimálního vztahu vody a kyslíku. K cílům realizací patří snížení hmotnosti celého systému a jeho vlivu na únosnost budovy. Rašelina, minerální vlna a perlit jsou v současnosti nejpoužívanějšími pěstitelskými médii. Environmentální a ekonomické důvody motivují výzkum využití alternativních materiálů, které přispívají k minimálnímu nebo téměř nulovému použití těchto pěstebních médií. Cílem je omezit používání rašeliny jako tradičního materiálu, protože její zásoby jsou omezené, neobnovitelné a těžba má silný dopad na životní prostředí. Kamenná vlna má nízkou mechanickou stabilitu, omezenou trvanlivost a způsobuje problémy s její eliminací. Perlit, když se fyzicky rozkládá, tvoří malé částice, které mohou ve spodní části vaku vertikální zahrady způsobit vyplavení.

Z těchto důvodů se pěstební způsoby oproti dřívější době dosti mění a vyvíjí, nejznámější průkopníkem vertikálních zahrad je francouzský botanik a vědec Patrick Blanc. Proslavil se svým objevem vertikální stěny zvané le mur végétal. Dnes jeho zahrady lze vidět po celém světě, některé jeho navrhované zahrady sahají až do desátých pater budov. Celý život se věnuje rostlinám a výzkumům v pralesech, kde zjistil, že mnoho rostlin nepotřebuje k přežití půdu, ale využívají k tomu např. řasy, mechy. Zjistil, že některé textilie mohou nahradit právě zmiňované řasy, mechy, které udržují vlhkost a kořeny rostlin se v těchto dobře adaptují. Roku 1991 odstartoval experimenty se snahou vytvořit exteriérovou zahradní stěnu, kde chtěl využít rostliny, které se nejlépe přizpůsobí klimatu mírných podmínek. Díky těmto výzkumům a zkušenostem, byl pozván k účasti zahradního festivalu v Chaumont-sur-Loire. Zřídil tu příkladné vertikální stěny a tím vyvolal obrovský zájem veřejnosti. Od této doby se stal jeho koncept vertikálních zahrad revoluční.

### **3.1. Druhy vertikálních zahrad**

Druhy vegetačních stěn se liší dle způsobu pěstování. Častý způsob pěstování je v menších nádobách, umístěné svisle na různých konstrukcích, které jsou přizpůsobeny pěstebnímu způsobu. Další způsob je pěstování rostlin v modulárních panelech, které se poté umísťují do svislé polohy. Trendem doby je umísťování těchto zahrad nejen v exteriéru, ale častí také v interiéru. V interiéru se hojně používají mobilní zelené stěny, které se dají libovolně přemístit. Většinou se jedná o konstrukce menších rozměrů, které jsou díky nainstalovaným kolečkům mobilní. Druhá varianta jsou zahrady pevné a tyto bývají pevně vzpjaté se zdi či jiným nepřenosným prvkem. Obvykle jsou stěny vyrobeny z panelů, které jsou jednotlivě instalovány. V těchto jednotlivých panelech, je růstové médium s rostlinami. Dělí se podle typu, rohože, sypké hmoty, pro tyto úpravy platí, že jsou finančně nákladné, a to jak při samotné realizaci, tak i při samotné údržbě. Vertikální zahrady tvořené sypkými materiály, kde je substrát upevněn např. v kapsách na stěně, vyžadují častou údržbu. Výměna substrátu je požadována v exteriéru jednou za rok a v interiéru

minimálně jednou za dva roky. Pěstební systém, kde substrát je tvořen sypkou směsí, není vhodný pro oblasti, kde dochází k seismické aktivitě. Také dochází v exteriéru k častému vyplavování substrátu vlivem deště. Obecně platí, že tento způsob pěstování a jejich konstrukce by neměla přesáhnout výši 8 metrů. Spíše tyto tento systémy pěstování se hodí pro domácí zahrady, nebo pro menší realizace. Tento způsob je efektivní při každoroční výsadbě (Başdoğan et al., 2016).

Některé vertikální zahrady s rohožemi využívají kokosová vlákna, plstěné podložky k vedení vody a jako oporu pro kořeny. Jedná se rohože, které jsou tenké a jsou na sobě uspořádána ve více vrstvách. Tento způsob, není již efektivní pro oporu kořenového systému rostlin, které jsou tři až pět let v aktivním růstu, jelikož potřebná voda již neproudí v takovém množství přes vlákna rohože. Oprava těchto vertikálních zahrad, je odříznutí rohože ze zdi a toto místo se nahradí novou rohoží. Touto opravou se může poškodit kořenový systém rostlin, často tímto dojde k zahubení okolních rostlin v průběhu výměny. Tento systém je využitelný spíše pro interiéry, při výsadbě rostlin s menším vzrůstem, které mají nízkou hmotnost, z důvodu, aby nedošlo k vytržení rostliny z rohože spojené se samotnou váhou rostliny. Tyto rohožové systémy jsou dosti neefektivní pro zavlažování, jelikož tkanina nemá schopnost zadržovat vodu a tím neposkytuje rovnoměrné zásobování kořenového systému rostlin. Tato podstatná nevýhoda, vyžaduje, aby byl instalován systém recirkulace vody.

Jednou z hlavních výhod vertikálních zahrad je systém, který umožňuje využívat extrémně velkou rozmanitost rostlin. Tyto systémy velmi napodobují, jak rostliny rostou v přírodě. Taková rozmanitost vertikálních zahrad umožňuje nekonečné možnosti v designu a žádné omezení umělecké svobody. Kořeny rostlin mohou volně růst po celé ploše konstrukce a nejsou omezeny na omezený prostor, jako je tomu např. u pěstování v kontejnerech (Manso et al., 2015).

### 3.2. Historie vertikálních zahrad

Intenzita ozelenění stěn nebylo v historii, tak časté jako v dnešní době. Různé formy použití zelených fasád sahají i přesto do historie Starověku. Písemné zmínky s pěstebním postupem vinné révy se datují do doby 3 500 let před naším letopočtem. Starověké Řecko a Řím využíval révu k popínání různých oblouků a staveb, které lemovaly přilehlé chodníky a cesty. Taktéž slunné zdi naši předchůdci využívali pro pěstování vinné révy. V pozdním středověku se začali vyvazovat podpůrné konstrukce, které se připevňovali ke zdem. K tomuto vyvazování se nejčastěji využívali ovocné stromy. V období Baroka, již zájem využití pnoucích rostlin klesal. Docenění našli spíše u staveb a prvků menší zahradní architektury. Jednalo se pouze o přizdobení zelení, dané stavby např. popnutí plotu jako dekorace. V tomto období byl sortiment zeleně velmi omezený, využívali se např. zimolezy (*Lonicera*), hrachory (*Lathyrus*) a břečťany (*Hedera*). Nejvíce převládal druh růže (*Rosa x francofurtana*), která se začala využívat v celé střední Evropě.

V polovině 19. století se stali průkopníky vertikálních zahrad němečtí zahradníci Gustav Meyer a Hermann Jäger, kteří svými praktickými výzkumy přispěli k možnostem a vlastnostem využití popínavých rostlin, které se dají využít pro vertikální zahrady. Taktéž se vymýšlely nové opěrné konstrukce, a to díky zmiňovaným německým zahradníkům, architektům, kteří přinesli svými výzkumy velký zájem veřejnosti. Vertikální zahrady vnímané v současné době, jsou z doby 30. let předešlého století. Jako první zmiňovanou zahradu lze uvést v Riu de Janeiru, zřízenou architekty Le Corbusier a Roberto Burle Marx (Burhan at el., 2013).

Dle Buriana (2013, ústní sdělení) lze zařadit jako první moderní vertikální zahradu v ČR zřízenou na střeše obchodního domu Anděl v Praze, kde jedna strana má již, tak strmý úhel, že v tomto případě lze zařadit tuto zahradu jako vertikální. Pokusy v České republice jsou spíše amatérského typu a momentálně se nemohou rovnat světovým realizacím. Jako první skalnatou stěnu lze považovat u nás vytvořenou roku 1971 Botanické zahradě Mendelovy univerzity v Brně. Vertikální

zahrady zažívají od roku 2009 nárůst popularity. Mnohé realizace jsou vytvořené veřejnými institucemi na místech určené veřejnosti. Často slouží jako designový prvek budov a stěn.

### 3.3. Pozitivní a negativní vlivy vertikálních zahrad

V minulosti byly budovy z důvodu úspory energie obvykle velmi vzduchotěsné a tepelně izolované, což má za následek špatnou cirkulaci vzduchu. V moderní době, dochází k modernizaci bydlení a lidé mají rostoucí požadavky na interiérovou tak exteriérovou výzdobu budovy. Z tohoto důvodu docházelo v takto izolovaných budovách k zvyšování koncentrace obsahu CO<sub>2</sub>. Proto vznikla studie pěstování a užitek vertikálních zahrad ve vnitřním prostředí, aby absorbovala oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>) vydechaný lidským dýcháním a tím se zlepšila kvalita vnitřního ovzduší rostlinou fotosyntézou, která obohacuje prostředí o kyslík (O<sub>2</sub>). Tato studie použila několik druhů rostlin vhodných pro vertikální zahrady jednalo se o toulcovku dosnolistou, ledviník ztepilý (*Spathiphyllum cannifolium*, *Nephrolepis exaltata*) a na těchto byl proveden experiment analýzou schopnosti a rychlosti absorpcí CO<sub>2</sub> v daném prostředí při koncentraci v rozmezí od 500 ppm do 5000 ppm. Provedenou simulací distribucí koncentrace CO<sub>2</sub> ve vertikální zahradě experimentální výsledky ukázaly, že po 150 minutách absorbuje 240 rostlin 13 % CO<sub>2</sub> generovaného lidským dýcháním. Nadměrná koncentrace CO<sub>2</sub> ve vnitřním prostředí je nezdravá, hlavně pro osoby, které zůstávají v prostředí delší dobu. Z tohoto důvodu velmi prospívají vertikální zahrady k absorpci CO<sub>2</sub> a jsou pro společnost nápomocí i po zdravotní stránce (Yarn Kao-feng at al., 2013).

Další z výhod těchto „zelených stěn“ je jejich výborné akustické vlastnosti. Až 44 % obyvatel Evropské unie je vystaveno hladinám hluku, které poškozují zdraví. Hlukové znečištění v městských oblastech obvykle nejvíce pochází z dopravy. V této zjištěné skutečnosti, vertikální zahrady hrají důležitou roli v absorbování akustiky, kde je hlavní absorbér substrátová zemina. Rostliny mají příznivý účinek na vyšší frekvence, pokud jsou vysazeny ve vyšší hustotě. K tomuto účelu bylo vytvořeno 50 modulů se substrátem osázenými kapradinami. Cílem bylo stanovit koeficient

absorpce zvuku. K měření bylo použito 10,125 m<sup>2</sup> celkové plochy modulů. Některé moduly byly umístěny přímo na podlaze a ostatní 5 a 10 cm od podlahy, aby byla vytvořena záměrná mezera. Každá sestavená konfigurace byla testována s moduly naplněným pouze substrátem a moduly se substrátem s hustě vysázenými kapradinami (*Nepbroepis exaltata*). Koeficient absorpce zvuku se rovná 1,00 a to pro všechny, což znamená pohlcení. Nicméně práce prokázala, že hlavním absorpčním materiálem je substrát, než rostliny, které měly příznivý účinek, pouze pokud byly vysazeny ve velké hustotě. Díky této absorpci je využití zelených stěn vhodné, tam kde je třeba vyvinout utlumené prostředí. Což dláždí cestu pro použití vertikálních zahradních systémů jako konstrukčního nástroje pro zlepšení akustických vnitřních prostor nebo urbanizovaných zastavěných prostředí (Davis at al., 2017).

Aplikace vertikálních zahrad nabízí mnoho výhod v městském prostředí, včetně zadržování odtoku povrchové vody, snížení efektu tepelného ostrova a zvýšení biologické rozmanitosti. Taktéž pozitivně vertikální zahrady vypomáhají člověku, když je v kontaktu s rostlinami, jelikož spojení člověka a rostlin vede k snížení hladin stresu. Pozitivní vlivy vertikálních zahrad s jistotou převládají před těmi negativními. Negativní vlivy obecně se mohou rozdělit do tří skupin:

#### Četnost a obtížnost údržby

Vertikální zahrady vyžadují údržbu, jelikož se jedná o systémy, které jsou někdy technicky tak vegetačně dosti rozmanité. Četnost údržby závisí na typu vertikální zahrady, klimatických podmínkách a odrůdách rostlin. Nosné panely a izolační materiály, které se používají pro vertikální zahrady, obvykle odolávají okolním podmínkám. Údržba tedy obecně souvisí s diverzitou rostlin a zavlažovacími systémy. Pokud je však poškozený nosný panel nebo izolační materiál, je třeba je vyměnit, a to z důvodu neefektivity pro vegetaci nebo pro bezpečnost. Taktéž poškozenou nebo odumřelou rostlinu, musíme odstranit a popřípadě vysadit novou. Je třeba zajistit, aby závlahové systémy nebyly během zimních měsíců ovlivněny mrazem. Je třeba si uvědomit, že požadovaného efektu docílíme pravidelnou údržbou vegetace a to např. prořezáváním. Taktéž je třeba vzít v úvahu, že údržba, která bude prováděna na svislé ploše, je obtížnější než na vodorovném povrchu (White at al., 2011).



### Vysoká cena

Dle Perini et al. (2011) je vynaložení nákladů za udržovací, realizační práce, které budou aplikovány na svislé ploše, jsou více finančně náročné než na vodorovné ploše. K prvkům, kde je vynaloženo většího finančního, tak i pracovního úsilí při realizaci vertikálních zahrad patří následující

- nosné profily konstrukce
- izolační materiál
- systém zavlažování
- odvodňovací systém
- média pro růst rostlin
- rostlinné druhy
- běžné náklady na údržbu (údržba zavlažovacího systému, kanalizačního systému a rostlinného druhu)

### Problémy zavlažovacích systémů

Zavlažovací systémy kapkové závlahy s automatickým časovacím zařízením se nejčastěji používá ve vertikálních zahradách. Různá selhání zavlažovacího systému vede k potížím, jelikož může být přerušena závlaha rostlin. Proto musí být prováděna pravidelná údržba zavlažovacího systému a zejména v zimě musí v zavlažovacích systémech probíhat opatření proti mrazu. Nelze také zapomenout, že vertikální zahrada, která bude realizována na jižní stranu, potřebuje kvůli odpařování více vody než severní fasádě. Kontrola pravidelného množství živin je nezbytnou součástí a podpory pro optimální růst rostlin, a tudíž pravidelná údržba zavlažovacího systému je nezbytnou podmínkou úspěchu (Erken et al., 2017).

### 3.4. Rostliny využívané ve vertikálních zahradách

Vhodná vegetace závisí na klimatických podmínkách, vlastnostech budovy a okolních podmínkách, ve kterých je zelená stěna realizována. Analyzované výzkumy ukazují určité obavy týkající se dlouhověkosti vegetace. Popínavé rostliny jsou považovány za levné řešení vertikální zeleně. Tyto popínavé rostliny se dělí na dva hlavní druhy. Stálezelené rostliny, které jsou neopadavé po celý rok a listnaté opadavé rostliny, které ztratí své listy během ročního období podzimu. Tyto opadavé popínavé rostliny jsou v období zimy vizuálně atraktivní. Popínavé rostliny mohou být samonosné, tj. samy jsou uschopněny se přichytit na svislý povrch nebo mohou být podporovány při růstu strukturou. Některé druhy popínavých rostlin dosahují maximální délky 5 metrů, ale některé dokážou dorůst i 25 metrů své délky. Studie provedená ve středomořském kontinentálním klimatu porovnávala vývoj několika popínavých rostlin, trvalek břečťan popínavý, zimolez japonský (*Hedera helix*, *Lonicera japonica*) a listnatých loubinec pětिलistý, plamének plotní (*Parthenocissus quinquefolia*, *Clematis vitalba*), podle dosažené hustoty listů po jednom roce vývoje. Ukázalo se, že Loubinec pětिलistý, také známý jako Virginia liána, poskytovala větší hustotu listů, ale žádný z vybraných druhů nedokázal pokrýt celý povrch vertikálního vytvořeného obrazce po jednom roce pěstování. Některé druhy také vykazují potíže s přizpůsobením se klimatickým podmínkám, s vysokými teplotními výkyvy v průběhu roku a nízkými srážkami, jako Plamének, který byl ovlivněn letním teplým obdobím. Hydroponické systémy umožňují růst širší škály rostlin v různých stádiích vývoje: dospělé rostliny, řízky nebo semena. V těchto případech je vegetace vybrána podle požadovaného estetického účinku, což vyžaduje odpovídající zavlažování a živiny pro dobrý vývoj rostlin (Manso et al., 2015).

Použití druhů rostlin odolných vůči suchu jako sukulentů, tj. rostliny, které shromažďují ve svém těle (stonku nebo listech) vodu, která jim umožňuje přežít a adaptovat se na velmi dlouhá období sucha a tím pádem se snižuje potřeba zavlažování. Tyto druhy rostlin mají také malou údržbu a přispívají k minimalizaci hmotnosti systému. Sukulentní koberce však získají svůj osobitý vzhled spíše na vegetovaném povrchu menších rozměrů. Na větších plochách použití trvalek a keřů

umožňuje vytvoření více rozmanitosti barev a textur, které tyto rostliny obsahují. Příkladem japonského vertikálního systému je použití určitých keřů, které lze použít na nakloněných plochách např. jalovec čínský, jalovec tuhý pobřežní, brslen fortunův, skalník rozprostřený, drmek okrouhlolistý (*Juniperus chinensis*, *Juniperus conferta*, *Euonymus Fortunei*, *Cotoneaster Horizontalis*, *Vitex rotundifolia*).

Nelze určit nejvhodnější druhy rostlin pro vertikální zahrady, každá realizace je velmi náročná a musí se pečlivě vybírat druhy rostlin, které nejlépe budou produktivní vůči veškerým aspektům, tj. umístění, klimatické podmínky atd. Z těchto důvodů je určen pouze obecný seznam nejpoužívanějších druhů rostlin a to:

Kapradiny – Ledviník ztepilý (*Nephrolepis exaltata*) jsou jednou ze zahradních rostlin, které jsou preferovány pro svou přizpůsobivost a odolnost. Kapradiny se snadno pěstují a rychle pokrývají vertikální plochy. Obvykle se vyskytují v kontejnerech a zavěšených koších. Stejně jako většina kapradin rostou nejlépe v částečném stínu, ale snáší i mírné sluneční místo. Pohled na vertikální zahradu složenou z kapradin je na Obr. 1.



Obrázek 1 Vertikální zahrada tvořená z kapradin, zdroj: (<https://wiki.nurserylive.com/t/top-10-plants-for-vertical-garden/2172>)

Bromélievité (*Bromeliaceae*) (obrázek č. 2) většina má mělké kořeny a pro růst potřebují málo místa, což z nich činí ideální rostliny pro vertikální zahrady. Jejich barevnost a vytrvalost jsou ideálními vlastnostmi pro pěstování ve vertikálních zahradách.



Obrázek 2 Vertikální zahrada tvořena z bromélií  
zdroj: (<https://www.pinterest.dk/pin/266556871679729881>)

Árónovité – Šplhavnice zlatá (*Epipremnum aureum*) je klasická pokojová rostlina rozšířená po celém světě. Tato rostlina se přizpůsobí a snáší i špatné podmínky pro pěstování. Je ideální volbou pro vertikální zahrady, protože velmi dobře zaplňuje prázdná místa, či méně husté oblasti. Rostlina roste rychle a bude vyžadovat časté prořezávání. Pochází z Šalamounových ostrovů a dalších částí Tichého oceánu. Rostliny jsou vysoce hodnoceny v seznamu rostlin, které odstraňují oxid uhličitý ze vzduchu. Pohled na vertikálii tvořenou ze šplhavnice zlaté je na Obr. 3.



Obrázek 3 Vertikální zahrada tvořená ze Šplhavnice zlaté

zdroj: (<https://www.decorchamp.com/plants-decoration/vastu-shastra-money-plant-tips-remedies/3694>)

Podpětovité – Rděnka hildebrandtová (*Aeschynanthus radicans*) je to krásná kaskádová rostlina, která se často nachází většinou v zavěšených koších a je velmi vhodná pro vertikální zahradu. Dokáže růst směrem vzhůru, ale naopak i směrem dolů. Z jejích rozlehlých stonků a tmavě zelených listů vyzařují zářivě červené květy, které ojediněle kvetou až do ohromujícího efektu. Upřednostňuje teplo (subtropické) a vlhkost, pokud realizace není v teplém, dokonce tropickém klimatu, bude se jim dařit spíše v interiéru. Individuální řešení vertikální konstrukce je na Obr. 4.



Obrázek 4 Dekorativní způsob vertikální zahrady s užitím rostliny Aeschynanthus Radicans

zdroj: (<https://www.instagram.com/p/BQumjpDg264>)

Sukulenty (*Sempervivum*) (obrázek 5) jsou rostliny, které jsou velmi odolné a adaptují se na růst na skalních útvarech. Jsou to rostliny, které dokážou shromažďovat ve svém těle (stonku nebo listech) vodu, která jim umožňuje přežít i velmi dlouhá období sucha. Jsou z toho důvodu ideálními rostlinami pro užití ve vertikálních zahradách.



Obrázek 5 Vertikální zahrada malých rozměrů při použití různých druhů sukulentů  
zdroj: (<https://zszywka.pl/p/sukulenty-8628080.html>)

Chřestovité – dračinec tuhý (*Dracaena compacta*) (obrázek 6) je nápadná rostlina, která se vyznačuje pevnými listy, které jsou intenzivně zahuštěné. Listy jsou přibližně 5 až 10 cm dlouhé. Dračinec tuhý se používají jako pokojové rostliny, protože pomalu rostou a tedy výrazně nemění svou výšku a tvar. Jsou oblíbenou rostlinou, používanou ve vertikálních zahradách. Jejich stálost dodává vertikálním zahradám často tvar a stálost.



Obrázek 6 Rostlina Dračinec tuhý

Zdroj: (<https://livinggreenwalls.co.za/impact-dracaena-compacta/>)

Domáci štěstí (*Soleirolia soleirolii*) (obrazek 7) jestliže je pěstována ve vhodných podmínkách, tak se odmění svými dlouhými „vodopády“ plných listku výrazně zelené barvy. Dodávají vertikálním stěnám jemný vzhled a celkově dobře zakrývají plochy. Rostlinám se daří za plného světla podpořeného sluncem. Upřednostňují dobře odvodněnou půdu o různých hodnotách pH v mírném klimatu. Mírné mrazy rostlinám nevaří pouze zpomalí růst, ale v teplejším počasí obrazí a začnou vegetativně prospívat.



Obrázek 7 Využití rostliny Domácí štěstí na skalnatém převisu  
zdroj: (<https://cz.pinterest.com/pin/330944272600341786/?lp=true>)

### 3.5. Přezimování vertikálních zahrad

Přezimování osázených vertikálních stěn v období zimy ve středoevropských podmínkách, závisí především na druhu použitých rostlin. V každém případě by rostliny měly být vytrvalé a odolné. Obzvláště v posledních letech, když zimy začínají být mírnější, často i středomořské rostliny mohou období vegetačního klidu přežít bez újmy.

Obecně lze výsadby rozdělit do 5 kategorií:

#### Rostliny ve vegetačním klidu

Existuje mnoho rostlin, které v zimním období jsou schopny přežít, jsou v tzv. vegetačním klidu. Patří k nim například mnoho travin. U většiny z nich je také vhodné před zimou zcela odříznout nadzemní část. Díky tomu jsou v následujícím roce více dekorativní a to díky více vytvořeným litům. Není to však absolutně nutné. Pokud nadzemní část rostliny před zimou neodstraníme jednoduše



odumře. Na jaře je však třeba nadzemní část odříznout, aby rostliny rychleji dokázali růst a rostliny v jejich okolí byly více osvětlené.

### Listnaté rostliny

Tato kategorie se týká obecně př. trvalek a keřů. Tyto rostliny se velmi snadno zazimovávají. Rostliny můžete také prořezávat na podzim, aby se v příštím roce staly mohutnějšími. U rostlin, které jsou více rozvětvené a hrozí na těchto zadržení sněhu, bychom měli svázat větve k sobě, aby nedošlo k jejich poškození. Listnaté rostliny jsou krásné v podzimním období, kde jejich různobarevnost barev dokáže zvýšit krásu vertikálních zahrad.

### Stálezelené rostliny

Tyto rostliny vyžadují zvláštní zimní ochranu, když dosáhnou určité velikosti. Protože listy neopadávají, ale zůstávají přirozeně na rostlině. Z tohoto důvodu rostlina nabízí sněhu mnoho kontaktní plochy. Pokud sníh zatíží rostlinu, může se rostlina poškodit hmotností sněhu. I zde je nejjednodušší svázat rostliny k sobě. Tyto rostliny je nutné často chránit rounem, které lze natáhnout přes danou rostlinu či vertikální zahradu, aby měl sníh menší přilnavost vůči zahradě a také má výborné vlastnosti proti mrazům.

### Neodolné rostliny

Rostliny, které nejsou odolné vůči zimním podmínkám, mohou těžko přežít zimní podmínky středního pásma. Stále je však možné některé z těchto rostlin zazimovat, aby nedošlo k poškození vlivem chladných podmínek. Příkladem zazimování je zakrytí rostlin zahradním rounem nebo ještě lépe jutovou tkaninou. U tropických rostlin je vhodná hibernace v zimní zahradě nebo dokonce v interiéru. V interiéru však musí převládat optimální klima a musí být k dispozici dostatečné světlo. Pokojová teplota cca. 15 stupňů Celsia je ideální pro středomořské rostliny a 18–20 stupňů pro tropické rostliny.

Samozřejmě nelze určit obecné pravidlo pro přezimování všech rostlin použitelných pro vertikální zahrady. Velmi často je jedná o ojedinělý přístup ke každému druhu rostlin, také nadmořská výška, umístění vertikálních zahrady hraje velkou roli v přezimování a udržitelnosti vegetace v tomto období. Též v jarním období je velmi důležité, jakým způsobem je provedeno zazimování. Na jaře, když končí vegetační klid je mráz skutečnou hrozbou, jelikož noční teploty mohou klesnout k bodu mrazu a denní jsou již příjemné a teplé. V praxi pomohlo přikrýt dvojítm rounem rostliny a tím ochránit například pupeny rostlin. Samozřejmě tato metoda je vhodná pro menší vertikální zahrady (Collins et al., 2017).

## 4. Metodika práce

### 4.1 Popis rostlin vybraných pro experiment

Pro zadaný výzkum byly použity rostliny, břečťan popínavý (*Hedera helix*), dlužicha americká (*Heuchera americana*), metlice trsnatá (*Deschampsia cespitosa*), kostřava červená (*Festuca rubra*).

#### Břečťan popínavý

Je stálezelená trvalá popínavá rostlina, která se váže ke kůře stromů, cihel a jiných povrchů kořenovými strukturami. Listy jsou různé, obvykle zelené s bělavými žilami, až tmavě zelené. Často se vyskytují extrémně variabilní formy listů. Kvetení nastává na konci léta, až brzy na podzim, květy jsou malé, zelenožluté a vyskytují se v kulovitých hvězdokvětých květenstvích na špičkách kvetoucích stonků. Břečťan popínavý, lze označit, jako parazitující rostlinu, jelikož jeho schopnost pnutí po kmenech, větví stromů, rostlin zcela zastíní sluneční dopad na hostitelskou rostlinu, což následně brání v produkci fotosyntézy. Takto zamořený strom bude vykazovat úpadek několik let, než uhyne (obrázek 8).



Obrázek 8 Břečťan parazitující na kmeni stromu

Zdroj: vlastní, Jirkov, Olejomylnský park

I přes tuto skutečnost byla navržena jako vhodná pro vertikální zahrady a byla předmětem mnoha nedávných výzkumů (Sternberg, 2010). Ve smyslu potenciální biologické ochranné roli městské zeleně a její interakce s prachem a znečišťujícími látkami ve vzduchu. Výsledky ukázaly, že břečťan působí jako „dřez částic“ a absorbuje částice, zejména v oblastech s vysokým provozem. Toto zjištění naznačuje, že břečťan absorbováním částic znečišťujících látek může zpomalit procesy biologického rozkladu, na historických zdech a snižují expozici lidí s dýchacími problémy způsobeným znečišťujícími látkami způsobené automobilovou dopravou (Sternberg, 2010).

Břečťan popínavý se používá také pro lékařské účely. Výtažek extraktu napomáhá k léčbě poruch dýchacích cest a napomáhá ochraně sliznice hltanu (Doležal 2013).

### Dlužicha americká

Je stálezelená bylinná trvalka pochází ze Severní Ameriky a nachází se ve stinných, skalnatých lesích od Connecticutu po Illinois a na jih, kvetoucí od května do srpna. Listy jsou radikální, na velmi dlouhých řapících od 5 do 20 centimetrů délky, zakulacené srdčitého tvaru. Jedna rostlina může mít více květů, které pochází ze stejného kořene, od 30 do 100 centimetrů vysoké. Vztyčené okvětní lístky jsou purpurově bílé nebo růžové barvy. Navzdory mrazivým teplotám se fotosyntetická kapacita zvyšuje během zimních období bez známek fotoinhibice (Garland, 2012).

Kořen je použitelná část, která je trvalá, nažloutlá, vodorovná, poněkud zploštělá, drsná a nerovná, se silně svíravou chutí. Používal se při léčbě rakoviny a také jako externí lék při bolestech, ranách, vaginálních výtociích a vředech. Může být sušen, rozemlet na prášek a posypán na rány atd. Interně se užívá při léčbě průjmu, úplavice a žaludečních vředů (Josiah, 1927).

### Metlice trsnatá

Je trvalá travina, která tvoří robustní trsy. Listy jsou úzké, jemně tvarované a obvykle vždy zelené. Pouze v zimním období mohou listy částečně usychat a měnit barvu. V létě tvoří fialově zelené květenství, které vydrží až do prvních mrazů. Travině prospívají stinná nebo částečně slunečná vlhká místa. Výskyt této rostliny je zaznamenán na celém území Evropy. Rostliny poskytují ochranu proti erozi. Rostliny jsou užitečné i jako řezané květiny a jsou vhodné pro výsadby s nízkou údržbou, louky, trvalky, okraje vodních zahrad, skalky a rozmanité přírodní zahrady (Rothera, 1986).

### Kostrava červená

Je trvalá travina střední výšky a vitality. Listy jsou jemné, středně až tmavě zelené a jsou pravděpodobně nejcharakterističtějším rysem této traviny. Často se vyskytují lysé, nebo se zpětnými chloupky, které bývají načervenalé. Dosahují délky 70 cm a vyskytují se ve velkých a hustých skupenstvích. Kostrava červená je extrémně variabilní druh, který může růst hustě osázen a tvořit trávníky. Jedná se ve značné míře o polymorfní druh, vyskytující se v mírných, až chladných oblastech a uplatnění nalezne pro pastviny a trávníky (Altpeter, 2000).

## **4.2 Popis konstrukce**

Konstrukce pro výzkum byla vytvořena svépomocí. Pro tvorbu konstrukce byly posuzovány různé materiály. Kovová konstrukce, se zdála jako vhodnější spíše pro výzkum, který bude dlouhodobějšího charakteru. Výhoda je samozřejmě životnost této konstrukce a na druhou stranu nevýhoda vyšší pořizovací cena. Nicméně výzkum byl pouze jednoletý, proto byla zhotovena konstrukce ze dřeva. Životnost dřevěné konstrukce je krátká, jelikož dochází často při zálivce ke kontaktu s vodou, což napomáhá k hnilobě dřeva. Byla použita nehoblovaná smrková prkna o tloušťce 1,4 centimetrů, různé výšky a délky. Jako konstrukční a nosný prvek byly použity nehoblované smrkové trámký o rozměrech 8 x 8 centimetrů. Ke spojení veškerého materiálu se využily vruty do dřeva. Rozměry celkové konstrukce jsou výška 253 centimetrů a šíře 134 centimetrů. Tato konstrukce je záměrně rozdělena na dvě části, kde jsou rostliny různorodě rozděleny, z důvodu jejich umístění a adaptaci na odlišných místech vertikální stěny. Dále byla aplikována lazura Luxol Originál, která je tenkovrstvá pro dekorativní nátěry na dřevo s ochranou proti povětrnostním vlivům a UV záření.

Jako nejvhodnější ukotvení nádob byla instalace háčků do dřeva, které jsou umístěné ve čtyřech řadách nad sebou po sedmi kusech umístěné vedle sebe. Jsou od

sebe vzdáleny vertikálně 52 centimetrů a horizontálně 20 centimetrů. Každý háček slouží k zavěšení jedné nádoby s médiem a rostlinou. K zavěšení byl použit zahradní vázací drát, který byl omotán za vrchní límec nádoby.

### **4.3 Nádoby**

Jako nejvhodnější a nejekonomičtější nádoba pro výzkum byl vybrán hranatý květináč o rozměrech 20 x 20 x 23 centimetrů o objemu 5,7 litru. Na hraně dna nádoby je utvořeno osm otvorů o velikosti 1,5 x 0,5 centimetrů. Tyto průduchy slouží k lepší cirkulaci vody a jejímu odtoku, aby nedocházelo k přemokření media. Nádoba má v horní části převislý tzv. límec, tento byl využit k zachycení vázacího drátu. Drát byl vymodelován dle tvaru květináče a řádně zajištěn proti pádu způsobené vlivem negativního počasí. Výhoda plastu je jeho lehkost, která je ocenitelná u vertikálních zahrad, kdy se eliminuje zatížení celé konstrukce. Na druhou stranu je třeba dbát na řádné ukotvení ke konstrukci, aby nedošlo k pádu vlivem zvýšených povětrnostních podmínek.

### **4.4 Médium (substrát)**

Bylo vybráno z hlediska budoucího rozvoje vertikálních zahrad. Z důvodu udržitelnosti vody a jejímu zpětnému použití byl vybrán médium Liapor. Klíčovým materiálem výroby je lehké keramické kamenivo. Kamenivo Liapor se vyrábí výpalem a expandací třetihorních jíílů v rotačních pecích. Vznikají tak perly, také známé pod obecným názvem keramzit. Použitím tohoto média můžeme tento způsob pěstování s nadsázkou označit jako hydroponický. Zrna Liaporu neuvolňují plynné emise, nedegradují, jsou odolná vůči vodě i mrazu a mají vhodnou objemovou hmotnost a nasákavost. Hydroponie představuje alternativu k běžnému pěstování rostlin v půdě. Výhodou je nízká hmotnost, díky porézní struktuře mají zrna Liaporu velmi nízkou objemovou hmotnost 500–1500 kg/m<sup>3</sup>.

Na závěr také stojí za zmínku, že Kamenivo Liapor nachází uplatnění také v kořenových a biologických čističkách odpadních vod, kde oproti běžnému substrátu zlepšuje účinek a efektivitu čistícího procesu. Liapor slouží v reaktorech biologických čističek jako pevné lože usazovacího základu pro mikroorganismy. Zlepšuje funkci biologické čističky v dalších třech aspektech. Povrchovou (reakční) plochu a hydraulické vlastnosti (objem a rozdělení mezer) pevného lože je možné přesně nastavit volbou zrnitosti Liaporu. Dalším aspektem je, že póry zrn Liaporu lépe chrání zárodky mikroorganismů a po pravidelném promývání filtru se bakteriální flóra velmi brzy zregeneruje. Jako poslední aspekt lze určit, že kulovitá a hladká forma zrn Liaporu má oproti běžným substrátům lepší hydrodynamické vlastnosti a výrazně šetří energii při zpětném promývání filtru ([www.liapor.cz](http://www.liapor.cz)).

#### **4.5 Umístění experimentální zahrady**

Umístění vertikální zahrady, bylo určeno, dle uzpůsobeného místa na pozemku zhotovitele. Místo se nachází v České republice, město Jirkov, GPS souřadnice 50°29'42.2"N 13°26'08.6"E. Jednalo se o hranu pozemku, kde do cihlové stěny, která dělí následující pozemek, byla ukotvena vertikální konstrukce vruty a hmoždinky, aby nedošlo k jejímu pádu, a to z důvodu bezpečnostních nebo povětrnostních podmínek. Při samotné realizaci zahrady dne 24. července 2019 byla provizorně stěna umístěna do částečného stínu, a to z důvodu vysokých teplot, které panovaly. Denní teplota měřená ve stínu dosahovala až 35 °C. Po částečné adaptaci rostlin byla dne 7. srpna 2019 stěna přemístěna na určené místo. Vertikální zahrada směřovala v obou případech na stejnou světovou stranu a to severovýchod. Světelný osvit je omezen pouze částečně, a to na východě vzrostlým stromem druhu javor klen (*Acer pseudo-platanus*), který omezoval průchod slunečnímu záření pouze částečně, a to v dopoledních hodinách.

## 4.6 Popis rozložení rostlin

Záměrem bylo zhotovit dvě stejné vertikální konstrukce a osadit každou konstrukci jiným rozložením a umístěním druhů rostlin. Jednotlivá stěna je rozložena na sedm horizontálně vedle sebe umístěných nádob ve čtyřech vertikálních řadách nad sebou. Důvodem tohoto heterogenního rozložení je, zda budou vyzorovány změny např. v růstu vegetace související s adaptací daného umístění (střední část, krajní část atd.). Celkem byly zasazeny 4 druhy rostlin po 14 kusech, které byly rozděleny stejným poměrem pro obě vertikální zahrady. Celkově bylo použito 56 kusů rostlin (pro jednu vertikální stěnu bylo použito 28 kusů rostlin).

<u>14.</u> H. helix	<u>14.</u> Heu. amer	<u>14.</u> Fes. Rubr	<u>13.</u> H. helix	<u>13.</u> Des. cespi	<u>13.</u> Heu. amer	<u>13.</u> Fes. rubra
<u>12.</u> Fes. rubra	<u>12.</u> H. helix	<u>12.</u> Des. cespi	<u>12.</u> Heu. amer	<u>11.</u> Fes. rubra	<u>11.</u> H. helix	<u>11.</u> Des. cespi
<u>11.</u> Heu. amer	<u>10.</u> H. helix	<u>10.</u> Fes. Rubr	<u>9.</u> H. helix	<u>10.</u> Des. cespi	<u>10.</u> Heu. amer	<u>9.</u> Fes. rubra
<u>9.</u> Des. cespi	<u>9.</u> Heu. amer	<u>8.</u> Des. Cesp	<u>8.</u> H. helix	<u>14.</u> Des. cespi	<u>8.</u> Fes. rubra	<u>8.</u> Heu. amer
<u>7.</u> Heu. amer	<u>7.</u> H. helix	<u>7.</u> Fes. Rubr	<u>7.</u> Des. cespi	<u>6.</u> Fes. rubra	<u>6.</u> H. Helix	<u>6.</u> Des. cespi
<u>5.</u> Des. cespi	<u>6.</u> Heu. amer	<u>5.</u> H. Helix	<u>4.</u> Des. cespi	<u>5.</u> Heu. amer	<u>5.</u> Fes. Rubr	<u>4.</u> H. helix
<u>4.</u> Fes. rubra	<u>3.</u> H. helix	<u>3.</u> Des. Cespi	<u>4.</u> Heu. amer	<u>2.</u> H. helix	<u>3.</u> Fes. Rubr	<u>3.</u> Heu. amer
<u>2.</u> Des. cespi	<u>2.</u> Heu. amer	<u>1.</u> Fes. Rubr	<u>1.</u> H. helix	<u>1.</u> Des. cespi	<u>1.</u> Heu. amer	<u>1.</u> Fes. rubra

Tabulka 1 Náčrt rozložení rostlin experimentu z pohledu na vertikální zahradu. Barva vyjadřuje jeden daný druh rostlin na obou modelech. Očíslování každého druhu 1.- 14. je pro lepší přehled a analýzu dat s tím spojený popis rostliny

## 4.7 Způsob zavlažování

Zavlažování bylo analyzováno z dané denní situace počasí a tomuto uzpůsobeno. V letním období, kdy byly vysoké teploty, bylo zavlažování aplikováno v brzkých ranních hodinách z důvodu přímého dopadu slunečního záření na listy vegetace, aby



nedošlo k jejich narušení. Zálivka byla opakována, ve stejný den po západu slunce, tj. ve večerních hodinách. V podzimním období již byla zálivka omezena na jednu denně, jelikož frekvence slunečního záření bylo již omezené. Následující zimní měsíce, tj. prosinec, leden, únor docházelo ke kontrole média, aby nedošlo k úplnému vyschnutí. Z tohoto důvodu docházelo pouze sporadicky k zavlažování v zimním období.

Zavlažování bylo prováděno vodou přímo z vodovodního řádu, za pomoci zahradní hadice s funkčním postřikovačem. Každá rostlina byla zavlažována přímo po dobu pěti sekund. Tato doba byla ověřena, protože v rozpětí pěti sekund voda vytékala z vyústěných otvoru na dně nádoby.

Potřebné živiny pro růstovou podporu byly podávány prostřednictvím průmyslově dostupných hnojiv a značky Forestina univerzál, jedná se krystalické hnojivo je určeno k výživě všech druhů rostlin na počátku a v průběhu jejich vegetačního cyklu. K pravidelnému hnojení docházelo v letních měsících dvakrát měsíčně, následně pouze jednou měsíčně.

#### **4.8 Sběr analýza dat**

Data byla zapisována každý kalendářní měsíc od doby výsadby. Při výsadbě rostlin dne 24. července 2019 bylo provedeno prvotní měření (obrázek 9 a 10). Byla zaznamenána u každé rostliny délka kořenového systému. Měření bylo provedeno vždy, až po očištění kořenů vodou, poté byla poznamenána maximální dosahující délka. Dále pomocí kuchyňské digitální váhy, byla určena hmotnost rostliny. Následně pomocí pracovního metru, byla změřena délka nadzemní části rostlin. Byl zjištěn počet listů a výhonů. Zaznamenána byla i celková vitalita rostlin (výrazně silná či vizuálně slabá rostlina). U těchto označených rostlin bylo sledováno, v jaké míře může tento aspekt ovlivnit adaptaci rostliny. Měření nadzemní části, sčítání listů, výhonů a sledování stavu rostlin bylo opakováno každý měsíc. Poslední sběr a analýza dat byla provedena dne 20.03.2020 jednalo se o podstatné závěrečné měření, na kterém stálo kompletní vyhodnocení celého výzkumu. Byl změřen kořenový systém a jeho změny. Taktéž byl zhodnocen vizuální a celkový stav rostliny. Tímto

závěrečným měřením bylo zaznamenáno přežití rostlin v období vegetačního klidu. Za pomoci kapalinového teploměru měl být v období zimy zaznamenány dny, kdy teplota vzduchu klesne na 10 °C pod nulou. Zjištěným měřením nebyla v zimním obdob analyzována teplota pod 10 °C pod nulou. Jednalo se tedy o velmi teplou zimu s vyššími průměrnými teplotami od začátku výsadby.



Obrázek 9 Experimentální vertikální zahrada v den výsadby dne 24.07.2019 Zdroj: vlastní



Obrázek 10 Experimentální vertikální zahrada dne 15.2.2020

Zdroj: vlastní

## 4.9 Statistické analýzy

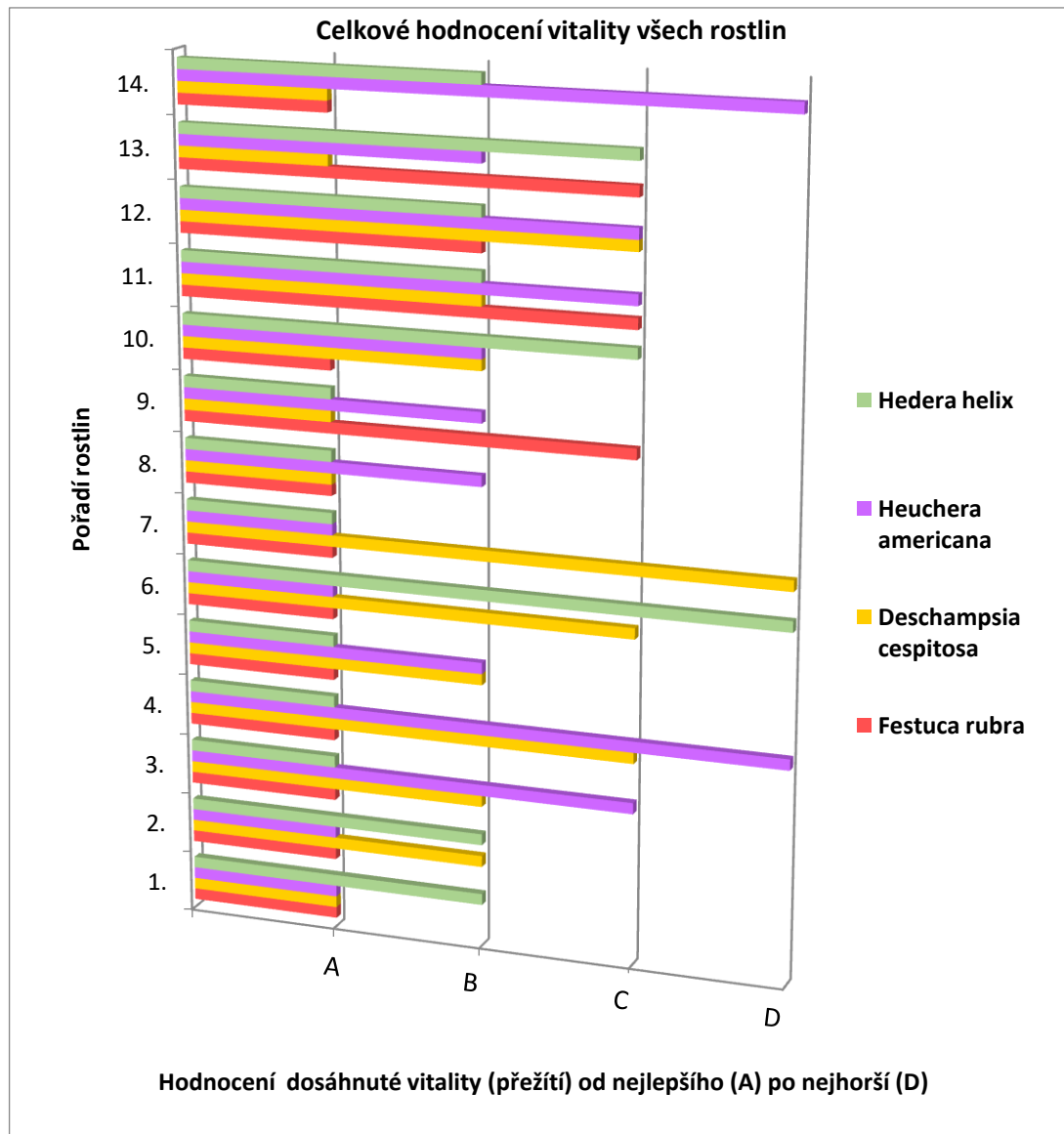
Pro statistické zhodnocení dat vitality druhu testovaných rostlin, byl využit Pearsonův chí-kvadrát test. Test byl hodnocen na hladině významnosti 0,05. Pro výpočet byl použit program Microsoft office Excel 2007.

## 5. Výsledky práce

Celkový stav použitých rostlin byl vyhodnocen ze získaných dat všech předchozích atributů. Závěrečné ohodnocení bylo provedeno pro jednotlivou rostlinu a její umístění stupnicí A (nejlepší) až D (nejhorší). Rostlina ohodnocena stupnicí D je již uhynulá. Stupeň C označuje rostliny, které nevyvíjí růstovou změnu a jsou menšího vzrůstu než při realizaci. Rostliny, u kterých je zaznamenána, alespoň jedna pozitivní růstová změna v počtu výhonů, počtu listů, délky atd. oproti realizaci je označena stupnicí B. Poslední skupina A, je označení vegetace, která se jeví, jako nejvydatnější z hlediska všech atributů (tabulka 2, obrázek 11).

<u>14.</u> H. helix <b>B</b>	<u>14.</u> Heu. americ <b>D</b>	<u>14.</u> Fes. rubra <b>A</b>	<u>13.</u> H. helix <b>C</b>	<u>13.</u> Des. cespito <b>A</b>	<u>13.</u> Heu. americ <b>B</b>	<u>13.</u> Fes. rubra <b>C</b>
<u>12.</u> Fes. rubra <b>B</b>	<u>12.</u> H. helix <b>B</b>	<u>12.</u> Des. cespito <b>C</b>	<u>12.</u> Heu. americ <b>C</b>	<u>11.</u> Fes. rubra <b>C</b>	<u>11.</u> H. helix <b>B</b>	<u>11.</u> Des. cespito <b>B</b>
<u>11.</u> Heu. americ <b>C</b>	<u>10.</u> H. helix <b>C</b>	<u>10.</u> Fes. rubra <b>A</b>	<u>9.</u> H. helix <b>A</b>	<u>10.</u> Des. cespito <b>B</b>	<u>10.</u> Heu. americ <b>B</b>	<u>9.</u> Fes. rubra <b>C</b>
<u>9.</u> Des. cespito <b>A</b>	<u>9.</u> Heu. americ <b>B</b>	<u>8.</u> Des. cespito <b>A</b>	<u>8.</u> H. helix <b>A</b>	<u>14.</u> Des. cespito <b>A</b>	<u>8.</u> Fes. rubra <b>A</b>	<u>8.</u> Heu. americ <b>B</b>
<u>7.</u> Heu. americ <b>A</b>	<u>7.</u> H. helix <b>A</b>	<u>7.</u> Fes. rubra <b>A</b>	<u>7.</u> Des. cespito <b>D</b>	<u>6.</u> Fes. rubra <b>A</b>	<u>6.</u> H. helix <b>D</b>	<u>6.</u> Des. cespito <b>C</b>
<u>5.</u> Des. cespito <b>B</b>	<u>6.</u> Heu. americ <b>A</b>	<u>5.</u> H. helix <b>A</b>	<u>4.</u> Des. cespito <b>C</b>	<u>5.</u> Heu. americ <b>B</b>	<u>5.</u> Fes. rubra <b>A</b>	<u>4.</u> H. helix <b>A</b>
<u>4.</u> Fes. rubra <b>A</b>	<u>3.</u> H. helix <b>A</b>	<u>3.</u> Des. cespito <b>B</b>	<u>4.</u> Heu. americ <b>D</b>	<u>2.</u> H. helix <b>B</b>	<u>3.</u> Fes. rubra <b>A</b>	<u>3.</u> Heu. americ <b>C</b>
<u>2.</u> Des. cespito <b>B</b>	<u>2.</u> Heu. americ <b>A</b>	<u>2.</u> Fes. rubra <b>A</b>	<u>1.</u> H. helix <b>B</b>	<u>1.</u> Des. cespito <b>A</b>	<u>1.</u> Heu. americ <b>A</b>	<u>1.</u> Fes. rubra <b>A</b>

Tabulka 2 Náčrt rozložení rostlin experimentu z pohledu na vertikální zahradu s popisem vitality označenou hodnoceným písmenem A, B, C, D



Obrázek 11 Celkové hodnocení vitality všech rostlin

Jediný atribut, který byl sledován v rozložení rostlin je, že spodní patra měly více vláhy a zálivky, jelikož vytékající zálivka z otvorů ve vrchních nádobách dále poskytla závlahu rostlinám pod nimi. Proto je lepší do horních pater zahrad umísťovat rostliny, které vyžadují méně závlahy a do spodních pater ty, které vyžadují více závlahy. Z tohoto důvodu se více ve spodních řadách experimentální vertikální stěny dařilo travinám (kostřava červená, metlice trsnatá), tyto vykazovaly větší hustotu. Kostřava červená oproti metlici trsnaté po konci zimního období vykazovala méně suchých stébel. Tudiž kostřava prokázala více barevnou stálost i v zimním období. Břečťan popínavý je ideální pro zakrytí určitých míst, které nelze

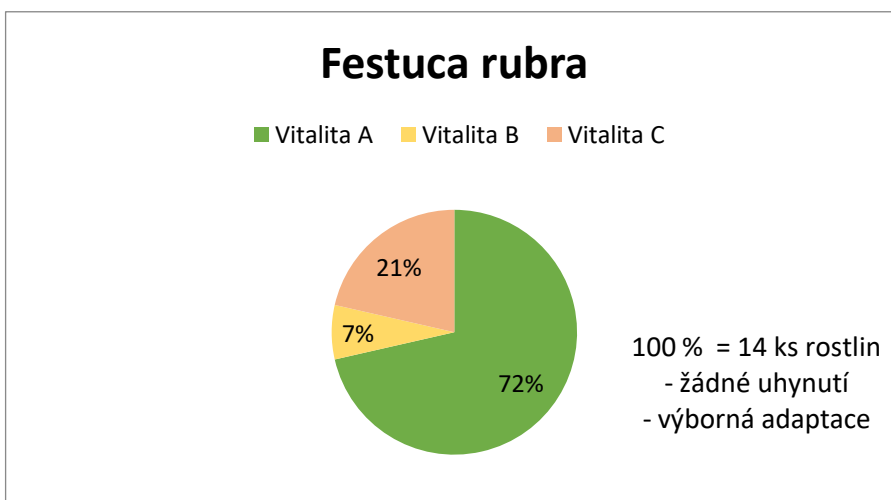
jiným způsobem zamaskovat, jelikož jej lze snadno modelovat na určité místo. Břečťan prokázal svou odolnost, vděčnost, pro užití ve vertikálních zahradách a přezimování bylo sledováno bez problémů. Nebylo zaznamenáno žádné proschnutí. Zbarvení listů byla pozorována v zimním období pouze ve ztmavení barvy. Dlužicha americká je vizuální ozdoba z užitých druhů rostlin, překvapivě se dobře adaptuje a nebyl u této pozorován žádný hendikep ve způsobu rozložení na vertikální stěně. Dokonce nebyla sledována žádná změna ve zbarvení a listy i v zimním období zůstávají sytě zbarvené. K těmto zjištěným poznatkům bylo docíleno za pomoci pravidelného sběru dat v měsíčních intervalech od 24.07.2019 do 18.06.2020. Závěrem experimentu byla pořízena celková fotografie vertikální zahrady pro porovnání změn od výsadby, které jsou vloženy v příloze (obrázek 18 a 19). Data z měření jsou k dispozici také v příloze práce (tabulka 4 až 42).

Posledním měřením dne 18.06.2020 bylo zjištěno, že kořenový systém se dobře adaptoval s použitým médiem. Nejlépe došlo k prokořenění rostliny kostřava červená, která měla natolik vyvinutý kořenový systém, že liapor kopíroval tvar nádoby i po vyjmutí kořenové balu (obrázek 12, 13). Nárůst délky kořenů, byl ve všech případech větší než od původního měření. V tomto směru použitý liapor s adaptací kořenů rostlin je úspěšný.

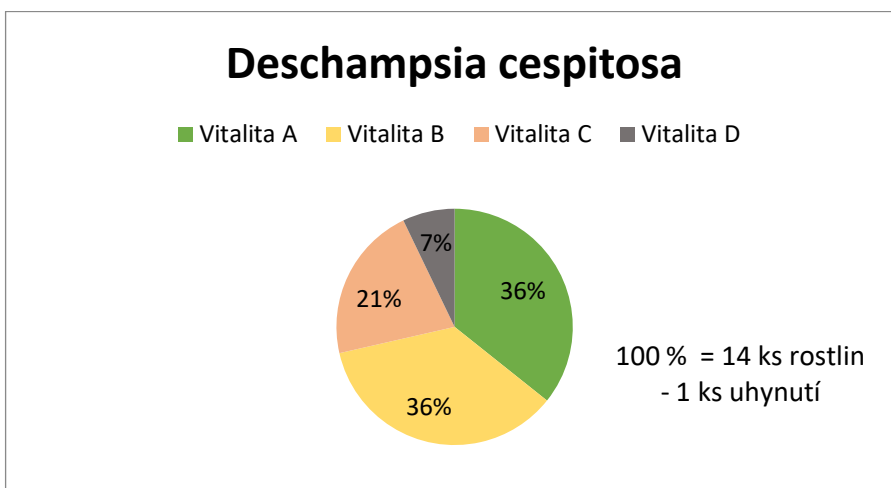


Obrázek 12,13 kostřava červená, dlužicha americká kořenový val dne 20.3.2020, Zdroj: vlastní

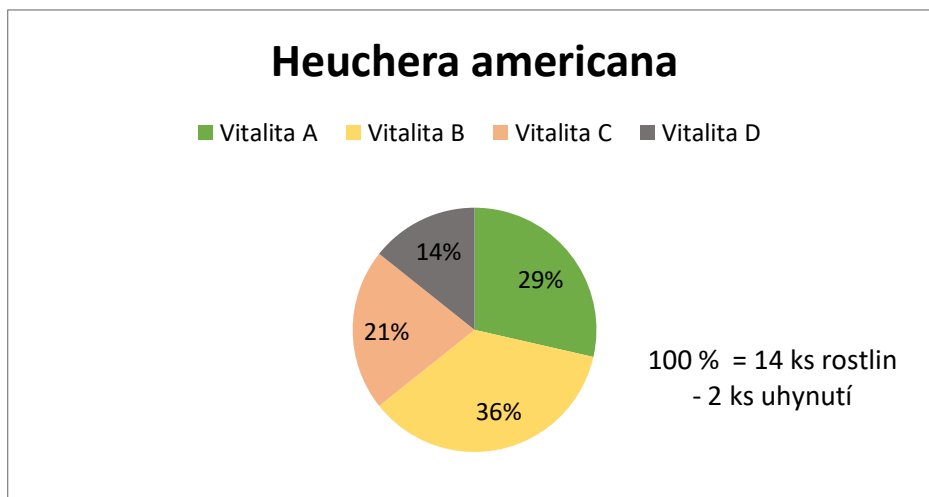
Nebyla pozorována výrazná změna ve vizuálním vzhledu rostlin v zimním období. Částečné proschnutí travin (kostřava červená, metlice trsnatá) dělá zahradu zajímavou s kombinací rostlin se stálým výrazným zbarvením (dlužiha americká, břečťan popínavý). Vytrvalost všech rostlin dělá v období vegetačního klidu zahradu stále přitažlivou pro lidské oko. Celkovým shrnutím bylo zjištěno, že tyto použité rostliny jsou vhodné pro pěstování a přežití zimního období v exteriérových vertikálních zahradách. Nebyl mezi testovanými druhy prokázán průkazný rozdíl ve vitalitě. Každý testovaný druh prokázal minimální procento uhynutých testovaných rostlin (obrázek 14 až 17).



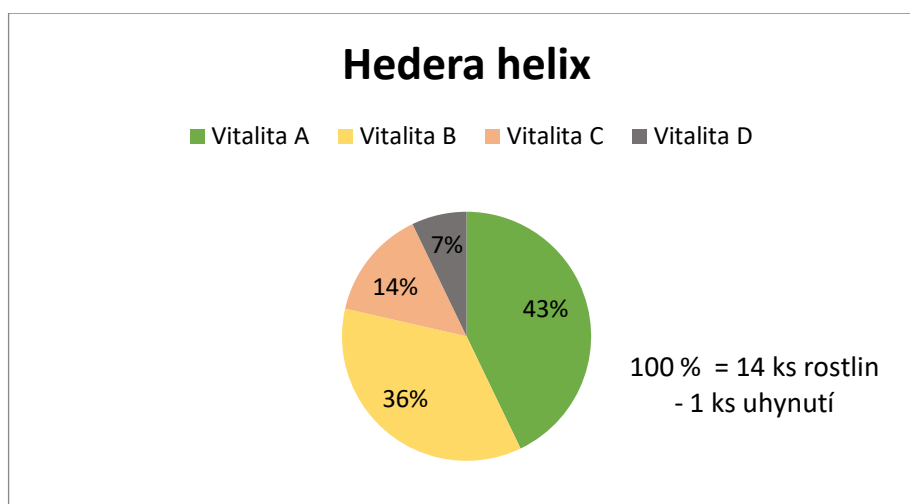
Obrázek 14 Vitalita *Festuca rubra* vyjádřená v procentech



Obrázek 15 Vitalita *Deschampsia cespitosa* vyjádřená v procentech



Obrázek 16 vitalita *Heuchera americana* vyjádřená v procentech



Obrázek 17 vitalita *Hedera helix* vyjádřená v procentech

Vitalita všech druhů experimentálních rostlin byla srovnatelná (chí-kvadrát test,  $p = 0,45$ ). Za pomoci tabulky byl proveden součet z celkových 56 kusů rostlin a následné rozdělení rostlin s vitalitou A, B, C, D (tabulka č. 3).



Výsledek						
	<b>Festuca rubra</b>	<b>Deschampsia cespitosa</b>	<b>Hedera helix</b>	<b>Heurecha americana</b>		<b>Řádkové součty</b>
<b>Vitalia A</b>	<b>10</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>4</b>		<b>25</b>
<b>Vitalita B</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>4</b>		<b>15</b>
<b>Vitalita C</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>4</b>		<b>12</b>
<b>Vitalita D</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>2</b>		<b>4</b>
<b>Sloupcové součty</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>	<b>14</b>		<b>56</b> Celkový součet rostlin
<b>chí-kvadrát test, p = 0,45</b>						

Tabulka 3 analýza vitality rostlin

## 6. Diskuse

Použité druhy rostlin v experimentální zahradě se adaptovaly velmi dobře. Dobrou adaptaci těchto druhů popisuje i Collins (2017), silnou vitalitu u břečtanu rovněž zmiňuje i Sternberg (2010), u metlice například Manso (2015). Břečťan popínavý vykazoval závěrem výzkumu pouze 7 % uhynutí rostliny umístěné ve vrchním řadě konstrukce. Taktéž metlice trsnatá se osvědčila pouze se 7 % uhynutí. Tato uhynulá rostlina druhu metlice trsnatá byla umístěna, taktéž ve vrchní řadě vertikálie. U druhu dlužicha americká bylo zaznamenáno 14 % uhynutí. Jedna z rostlin druhu dlužicha americké byla rozmístěná opět ve vrchní řadě a druhá

uhynulá v druhé řadě. Druh rostliny kostřava červená vykazala známky 0 % uhynutí. Těmito získanými výsledky se potvrdilo mé tvrzení, že rostlinám umístěné ve spodním řadách konstrukce se lépe daří a vykazují lepší vitalitu oproti rostlinám ve vrchní řadách. A to z důvodu, že spodní patra měly více vláhy a závlivky, jelikož vytékající závlivka z otvorů ve vrchních nádobách dále poskytla závlahu rostlinám pod nimi. Ve vrchní řadě stěny bylo zaznamenáno celkově tři kusy rostlin uhynulých, což je 75 % z celkového počtu uhynulých rostlin. Rozdílné rozmístění rostlin mělo vliv na jejich vitalitu, a proto je vhodné před realizací zahrady tento fakt zohlednit. Ze získaných dat doporučuji na obdobné typy konstrukce umisťovat do vrchních vrstev suchomilné rostliny a do spodních vrstev rostliny vyžadující vyšší vláhu.

Provedeným výzkumem bylo rovněž zjištěno, že všechny druhy zkoumaných rostlin jsou vhodné pro pěstování ve vertikálních zahradách zavlažované pitnou vodou. Jako nejvhodnější se ukázala rostlina kostřava červená, která dosahovala největších růstových změn a květenství bylo evidováno v největším počtu. Jako nejslabší z těchto druhů byla shledána dlužicha americká, která nevykazovala růstové změny a dosáhla největšího uhynutí. Metlice trsnatá a břechtaň popínavý dosahovaly průměrných stabilních výsledků. Jako nejvhodnější druh bych doporučil kostřavu červenou s kombinací břechťanu popínavého, tento druh byl nejméně závislý na rozmístění na vertikální stěně a dařilo se mu jak v horních, tak i spodních řadách. Adaptace rostlin s médiem, s klimatem a způsobem zavlažování byla velmi dobrá a po estetické stránce působila experimentální vertikální zahrada velmi dobře, zejména v období květu rostlin..

Vertikální zahrady se tvoří několik let, než dojde k plošnému zakrytí stěn (Manso et al., 2015). Rovněž i v tomto pokusu bylo zjištěno, že studované taxony nejsou schopny za jeden rok výzkumu plošně zakrýt vertikální stěny. Provedeným výzkumem bylo dále zjištěno, že různorodé rozložení rostlin na konstrukcích vertikální zahrady nehraje žádnou roli v přezimování. Z literatury zabývající se touto problematikou (White et al., 2011) shodně vyplývá, že rozložení rostlin je spíše estetické než účelové, tudíž nemá primární vliv na přezimování.

Velmi důležitou funkcí vertikálních zahrad v současné době je také funkce klimatická, a to hlavně ve městech a ostatních urbanizovaných místech. V České republice však není stále tento městský typ architektury příliš známý (Burian, 1997).

V České republice jsem zaznamenal převážně jednu společnost a to Liko-s international (Živé stavby, 2016), která se úzce specializuje na produkty zelené střechy, zelené fasády i kořenové čistírny. Záměr společnosti je zajímavý, a to z důvodu vlastní ukázkové výrobní haly, která využívá konceptu „živých staveb“ postaveného na přírodní tepelné stabilizaci. Stabilizaci zajišťuje zelená střecha a fasáda, retenční jezero i další technologie. Domnívám se, že toto je správný směr, jak zvýšit hodnotu zeleně v podvědomí lidí. Prezentovat tyto stavby v praxi, ukázat, že teplotní most díky těmto stavbám je nižší. Měl by se zvýšit zájem samotných právnických osob, které jsou často majiteli společností a v jejich zájmu, by mělo být zlepšit svým zaměstnancům podmínky, a to jak po psychické stránce, tak i po ekologické stránce. Zelené stavby by se měly začlenit do projektových dokumentací a více apelovat na využití při stavbách výrobních hal, kde budou působit nejen jako designový prvek, ale i účelový prvek, který by měl být řízen a kontrolován příslušnými úřady. Patrick Blanc jako nejznámější průkopník vertikálních zahrad je jistě odborníkem, o tom není pochyb, ale často se zaměřuje pouze na designové prvky, které jsou samozřejmě chloubou té dané budovy či stěny. Tento prvek poukazuje na krásu, ale rostoucí průmysl, nároky na ekologii, by v dnešním světě měly být více sledovaným směrem než design. Vertikální zahrady a jejich využitelnosti jako „čističky“ vody, bych více zapojil do realizací vertikálních zahrad, a to z důvodu opětovného využití vody. Potřeba vody stoupá (Brázdil, 2015) a proto je její udržitelnost nesmírně důležitá.

Budoucnost těchto architektonických „vegetačních skvostů“ bude v České republice patrně více využívána. A to z důvodu mírných teplot panujících v zimním období (Brázdil, 2015) a tím větší možností využití rostlin, které přezimují bez uhynutí. Otevírají se možnosti více druhům rostlin, které se mohou využít a kreativita zelených stěn se díky touto zvýší a přiláká více pozornosti. Hlavními využívanými druhy by měli být rostliny, které jsou volně rostoucí na území střední Evropy jako např. různé druhy kapradin a travin. Rostliny pocházejících z teplejšího

klimatu, by se měly vysazovat v menším počtu, jelikož u těchto může být sledováno větší procento úhynu.

Kapradiny a traviny vyskytující se na území ČR vyžadují vlhké podmínky, a proto si myslím, že použití samotného substrátu liaporu pro experimentální zahradu je vhodné jen částečně. Pro druhy rostlin, které vyžadují vlhký substrát by byla dobrá kombinace liaporu například s rašelinou nebo jiným substrátem. Jelikož rašelina dokáže absorbovat více vody, kterou delší dobu uchová a tím dochází k více vlhkému prostředí kořenovéhovalu rostliny. Naopak rostliny, které nevyžadují vlhkost, vláhu a daří se jim spíše v suchém prostředí, bych doporučil liapor samotný. Tím dojde k odlehčení vertikální stěny a ke snížení celkové hmotnosti. Tento můj názor se shoduje s výrobcem (Liapor, 2000). Výrobce taktéž uvádí, že váha liaporu je jedna s předností tohoto média. Samozřejmě by stálo za zhodnocení a srovnání všech růstových atributů spojenými s využitím tohoto média spolu s kořenovou vertikální čističkou, kde si myslím, že bude mít své uplatnění. Zde by musela být brána váha nejen s designovým prvkem zahrady, ale také s účelností čističky a následně analyzovat užitek tohoto liaporu s rostlinami. Toto téma mě natolik nadchlo, že připravuji realizaci vertikální zahrady a její vhodnost rostlin vyskytujících se výhradně na území České republiky.

## **7. Závěr**

Cílem práce bylo určit vhodnost rostlin pro pěstební podmínky vertikálních zahrad a jejich přežití v zimním období. Ze získaných dat bylo zjištěno, že již při realizaci, je podstatné pro vývoj rostlin jejich celková vitalita. Jestliže od výsadby byla rostlina vitálnější, tj. hustota listů, více členitý kořenový systém, tak po celou dobu experimentu prospívala lépe než ty rostliny s méně vyvinutými atributy. Rostliny slabšího vzrůstu stejného druhu po celou dobu výzkumu vykazovaly, špatnou produktivitu a vitalitu. Po celou dobu výzkumu rostliny parametrově horší,

se nedokázaly v tvorbě biomasy vyrovnat, rostlinám, které byly při výsadbě vizuálně i parametry silnějšími. Čili, za dobu experimentu nedosáhly takové biomasy (délka listů, počet listů), jako vzrostlejší a silnější rostliny. Proto je velmi důležité věnovat výběru sazenic dostatečnou pozornost, protože její vitalita výrazně ovlivňuje rychlost zápoje a tím i celkový vzhled a funkčnost vertikální zahrady. Úhyn rostlin, byl zaznamenán u třech druhů rostlin (břečtan popínavý, metlice trsnatá, dlužicha americká). Jednalo se spíše o slabší rostliny a úhyn není způsoben přezimováním. Tyto rostliny vykazovaly známky špatné vitality, již před zimním obdobím.

Nejvhodnější rostlina pro vertikální zahradu je kostřava červená, která prokázala nejlepší růstové parametry. Tento druh měl kořenový systém nejvíce vyvinutý, listy traviny vykazovaly minimální proschnutí, nebylo zaznamenáno žádné uhynutí rostliny. Vizuální stálost a přizpůsobivost daným pěstebním podmínkám je silná stránka kostřavy červené. Silnou vitalitu pozoroval i Dirihan et al. (2016), autoři dále uvádějí, že v Evropě se nejčastěji vyskytuje v hexaploidním cytotypu. Tato travina se v minulosti dobře dokázala vyrovnat s environmentálními změnami. Adaptuje se i v alpském prostředí Evropy. Nicméně i přestože se kostřava červená v minulosti lépe vyrovnávala s klimatickými podmínkami, současná změna klimatu je rychlejší a není tedy jasné, zda se populace budou dostatečně přizpůsobovat těmto rychlým klimatickým změnám (Šurinová et.al., 2019).

## 8. Zdroje

- ALEXANDRI, Eleftheria a Phil JONES. Temperature decreases in an urban canyon due to green walls and green roofs in diverse climates. *Building and Environment* [online]. 2008, 43(4), 480-493 [cit. 2020-02-28]. DOI: 10.1016/j.buildenv.2006.10.055. ISSN 03601323. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132306003957>
- ALTPETER, Fredy a Jianping XU. Rapid production of transgenic turfgrass (*Festuca rubra* L.) plants. *Journal of Plant Physiology* [online]. 2000, 157(4), 441-

- 448 [cit. 2020-03-11]. DOI: 10.1016/S0176-1617(00)80029-2. ISSN 01761617.  
Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0176161700800292>
- BAŞDOĞAN, Gülçinay a Arzu ÇIĞ. Ecological-Social-Economical Impacts of Vertical Gardens in the Sustainable City Model [online]. 21.6.2016, , 430-438 [cit. 2020-02-29]. Dostupné z: [file:///C:/Users/Julia/Downloads/Ecological-Soci-EconomicalImpactsOfVerticalGardensinthe%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Julia/Downloads/Ecological-Soci-EconomicalImpactsOfVerticalGardensinthe%20(3).pdf)
- BRÁZDIL, Rudolf, Miroslav TRNKA, Jiří MIKŠOVSKÝ, Ladislava ŘEZNÍČKOVÁ a Petr DOBROVOLNÝ. Spring-summer droughts in the Czech Land in 1805-2012 and their forcings: Seven challenges towards greater synergy. *International Journal of Climatology* [online]. 2015, **35**(7), 1405-1421 [cit. 2020-06-29]. DOI: 10.1002/joc.4065. ISSN 08998418. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1002/joc.4065>
- BURHAN, zgur a Elif KARAC. Vertical Gardens. *Advances in Landscape Architecture* [online]. InTech, 2013, 2013-07-01, , 430-438 [cit. 2020-02-29]. DOI: 10.5772/55763. ISBN 978-953-51-1167-2. Dostupné z: <http://www.intechopen.com/books/advances-in-landscape-architecture/vertical-gardens>
- BURIAN, Samuel. *Popínavé rostliny*. Ilustroval Vlasta MATOUŠKOVÁ, ilustroval Miroslav PINC. Praha: BRIO, 1997. ISBN 80-902-2094-0.
- COLLINS, S., K. KUOPPAMÄKI, D.J. KOTZE a Xiaoshu LÜ. Thermal behavior of green roofs under Nordic winter conditions. *Building and Environment* [online]. 2017, **122**, 206-214 [cit. 2020-03-20]. DOI: 10.1016/j.buildenv.2017.06.020. ISSN 03601323. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132317302548>
- DAVIS, M.J.M., M.J. TENPIERIK, F.R. RAMÍREZ a M.E. PÉREZ. More than just a Green Facade: The sound absorption properties of a vertical garden with and without plants. *Building and Environment* [online]. 2017, 116, 64-72 [cit. 2020-01-08]. DOI: 10.1016/j.buildenv.2017.01.010. ISSN 03601323. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0360132317300100>

- DIRIHAN, Serdar, Marjo HELANDER, Henry VÄRE, et al. Geographic Variation in *Festuca rubra* L. Ploidy Levels and Systemic Fungal Endophyte Frequencies. *PLOS ONE* [online]. 2016, **11**(11) [cit. 2020-06-27]. DOI: 10.1371/journal.pone.0166264. ISSN 1932-6203. Dostupné z: <https://dx.plos.org/10.1371/journal.pone.0166264>
- DOLEŽAL, Martin. Farmaceutická chemie léčiv působících na centrální nervový systém [online]. Praha: Karolinum, 2013 [cit. 2020-02-20]. ISBN 978-80-246-2382-5
- DVORAK, Bruce. Comparative Analysis of Green Roof Guidelines and Standards In Europe and North America. *Journal of Green Building* [online]. 2011, **6**(2), 170-191 [cit. 2020-02-29]. DOI: 10.3992/jgb.6.2.170. ISSN 1552-6100. Dostupné z: <http://www.journalofgreenbuilding.com/doi/10.3992/jgb.6.2.170>
- EKREN, Erdi. Advantages and Risks of Vertical Gardens. *Journal of Bartın Faculty of Forestry* [online]. 1 June 2017, 51-57 [cit. 2020-01-12]. DOI: 10.24011/barofd.293124. ISSN 1308-5875. Dostupné z: <https://dergipark.org.tr/en/download/article-file/308530>
- GARLAND, Katherine F., Stephanie E. BURNETT, Michael E. DAY a Marc W. VAN IERSEL. Influence of Substrate Water Content and Daily Light Integral on Photosynthesis, Water Use Efficiency, and Morphology of *Heuchera americana*. *Journal of the American Society for Horticultural Science* [online]. 2012, **137**(1), 57-67 [cit. 2020-02-29]. DOI: 10.21273/JASHS.137.1.57. ISSN 0003-1062. Dostupné z: <https://journals.ashs.org/view/journals/jashs/137/1/article-p57.xml>
- JOSIAH, C. a Bertha L. Deg. PEACOCK. Further study of the tannin of *heuchera americana*, linne\*. *The Journal of the American Pharmaceutical Association* (1912) [online]. 1927, **16**(8), 729-737 [cit. 2020-03-11]. DOI: 10.1002/jps.3080160809. ISSN 0898140X. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0898140X15363540>
- LIAPOR: kamenivo. [liapor.cz](http://liapor.cz) [online]. Vintřov, 2000, 2000 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.liapor.cz/>

- LIKO-S: Živé stavby. Zivestavby.cz [online]. Slavkov u Brna: Brno, 2016, 2016 [cit. 2020-03-12]. Dostupné z: <https://www.zivestavby.cz>
- LÓPEZ-RODRÍGUEZ, Glenny, Javier PÉREZ-ESTEBAN, Juan RUIZ-FERNÁNDEZ a Alberto MASAGUER. Behavior and evolution of sustainable organic substrates in a vertical garden. In: Ecological Engineering [online]. Madrid, Spain: Elsevier, 2016, 93, s. 129-134 [cit. 2020-01-09]. DOI: 10.1016/j.ecoleng.2016.05.020. ISSN 09258574. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925857416302476>
- MANSO, Maria a João CASTRO-GOMES. Green wall systems: A review of their characteristics. Renewable and Sustainable Energy Reviews [online]. 2015, 41, 863-871 [cit. 2020-01-13]. DOI: 10.1016/j.rser.2014.07.203. ISSN 13640321. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1364032114006637>
- PERINI, Katia, Marc OTTELÉ, E. M. HAAS a Rossana RAITERI. Vertical greening systems, a process tree for green façades and living walls. Urban Ecosystems [online]. InTech, 2013, 2013-07-01, 16(2), 265-277 [cit. 2020-02-29]. DOI: 10.1007/s11252-012-0262-3. ISBN 978-953-51-1167-2. ISSN 1083-8155. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s11252-012-0262-3>
- PERINI Katia, Vertical Greening Systems, *Nature Based Strategies for Urban and Building Sustainability* [online]. Elsevier, 2018, 2018, **11**(17), 45-54 [cit. 2020-06-27]. DOI: 10.1016/B978-0-12-812150-4.00004-5. ISBN 9780128121504. ISSN 2071-1050. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/B9780128121504000045>
- RADIĆ, Mina, Marta BRKOVIĆ DODIG a Thomas AUER. Green Facades and Living Walls—A Review Establishing the Classification of Construction Types and Mapping the Benefits: Lecture Notes from the 2nd ERCOFTAC Summerschool held in Stockholm, 10-16 June, 1998. *Sustainability* [online]. 2019, 1999, **11**(17) [cit. 2020-06-27]. DOI: 10.3390/su11174579. ISSN 2071-1050. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2071-1050/11/17/4579>
- ROTHERA, S. L. a A. J. DAVY. POLYPLOIDY AND HABITAT DIFFERENTIATION IN DESCHAMPSIA CESPITOSA. *New Phytologist* [online].



1986, 102(8), 449-467 [cit. 2020-03-11]. DOI: 10.1111/j.1469-8137.1986.tb00822.x. ISSN 0028-646X. Dostupné z: <http://doi.wiley.com/10.1111/j.1469-8137.1986.tb00822.x>

- SCHIFMAN, Melissa Rappaport. Building a sustainable home: practical green design choices for your health, wealth, and soul [online]. New York: Skyhorse Publishing, [2018] [cit. 2020-02-29]. ISBN 978-1-5107-3344-2.

- STERNBERG, Troy, Heather VILES, Alan CATHERSIDES a Mona EDWARDS. Dust particulate absorption by ivy (*Hedera helix* L) on historic walls in urban environments. *Science of The Total Environment* [online]. 2010, 409(1), 162-168 [cit. 2020-02-29]. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2010.09.022. ISSN 00489697. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0048969710009836>

- ŠURINOVÁ, Maria, Věroslava HADINCOVÁ, Vigdis VANDVIK a Zuzana MÜNZBERGOVÁ. Temperature and precipitation, but not geographic distance, explain genetic relatedness among populations in the perennial grass *Festuca rubra*. *Journal of Plant Ecology* [online]. 2019, 12(4), 730-741 [cit. 2020-06-27]. DOI: 10.1093/jpe/rtz010. ISSN 1752-993X. Dostupné z: <https://academic.oup.com/jpe/article/12/4/730/5370525>

- THURING, Christine E., Robert D. BERGHAGE a David J. BEATTIE. Green Roof Plant Responses to Different Substrate Types and Depths under Various Drought Conditions. *HortTechnology* [online]. 2010, 20(2), 395-401 [cit. 2020-02-28]. DOI: 10.21273/HORTTECH.20.2.395. ISSN 1063-0198. Dostupné z: <https://journals.ashs.org/view/journals/horttech/20/2/article-p395.xml>

- TOMPKINS, Elizabeth K. Review of Henriette's Herbal. *Journal of Consumer Health On the Internet* [online]. 2011, 15(2), 212-216 [cit. 2020-02-29]. DOI: 10.1080/15398285.2011.573371. ISSN 1539-8285. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15398285.2011.573371>

- TRUTE, Andreas, Jan GROSS, Ernst MUTSCHLER a Adolf NAHRSTEDT. In Vitro Antispasmodic Compounds of the Dry Extract Obtained from *Hedera helix*. *Planta Medica* [online]. 1997, 63(02), 125-129 [cit. 2020-02-29]. DOI:

10.1055/s-2006-957627. ISSN 0032-0943. Dostupné z: <http://www.thieme-connect.de/DOI/DOI?10.1055/s-2006-957627>

- UFFELEN, Chris van. FaçadeGreenery: contemporary landscaping [online]. Salenstein: Braun, 2011 [cit. 2020-03-09]. ISBN 978-3-03768-075-9

- WHITE, Emma V. a Birgitta GATERSLEBEN. Greenery on residential buildings: Does it affect preferences and perceptions of beauty? *Journal of Environmental Psychology* [online]. 2011, 31(1), 89-98 [cit. 2020-02-29]. DOI: 10.1016/j.jenvp.2010.11.002. ISSN 02724944. Dostupné z: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S027249441000099X>

- YARN KAO-FENG, Yarn a Yu KUANG-CHENG. *Wulfenia Journal* [online]. Tchaj-wan: KLAGENFURT, Utilizing a Vertical Garden to Reduce Indoor Carbon Dioxide in an Indoor Environment. AUSTRIA, 2013, 1-15 [cit. 2020-01-08]. ISBN 99-2218-E-167-001. ISSN 1561-882X. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/profile/Winjet\\_Luo/publication/258028182\\_Utilizing\\_a\\_Vertical\\_Garden\\_to\\_Reduce\\_Indoor\\_Carbon\\_Dioxide\\_in\\_an\\_Indoor\\_Environment/links/00b49526a5ae0be7e8000000/Utilizing-a-Vertical-Garden-to-Reduce-Indoor-Carbon-Dioxide-in-an-Indoor-Environment.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Winjet_Luo/publication/258028182_Utilizing_a_Vertical_Garden_to_Reduce_Indoor_Carbon_Dioxide_in_an_Indoor_Environment/links/00b49526a5ae0be7e8000000/Utilizing-a-Vertical-Garden-to-Reduce-Indoor-Carbon-Dioxide-in-an-Indoor-Environment.pdf)

## 9. Přílohy



Obrázek 18 experimentální zahrada dne 20.5.2020, Zdroj: vlastní



Obrázek 19 experimentální zahrada dne 20.5.2020, Zdroj: vlastní

**břečťan popínavý**

<b><u>Dne 24.7.2019</u></b>	<b>Váha (g)</b>	<b>Délka kořeny (cm)</b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	9	8	33	10
<b><u>2.</u></b>	10	10	44	14
<b><u>3.</u></b>	23	12	60	21
<b><u>4.</u></b>	13	6	45	17
<b><u>5.</u></b>	15	9	55	20
<b><u>6.</u></b>	15	12	54	12
<b><u>7.</u></b>	16	4	51	23
<b><u>8.</u></b>	16	11	55	23
<b><u>9.</u></b>	13	6	48	15
<b><u>10.</u></b>	14	9	27	21
<b><u>11.</u></b>	8	7	34	12
<b><u>12.</u></b>	6	10	38	11
<b><u>13.</u></b>	9	7	33	9
<b><u>14.</u></b>	6	7	28	7

Tabulka č. 4 Prvotní zápis měření experimentální rostliny břečťan popínavý, spojený s vážením a zaměřením kořenů při realizaci

<b><u>Dne</u></b> <b><u>20.08.2019</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>	<b><u>Dne</u></b> <b><u>17.9.2019</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	36	11	<b><u>1.</u></b>	47	13
<b><u>2.</u></b>	44	15	<b><u>2.</u></b>	44	15
<b><u>3.</u></b>	64	24	<b><u>3.</u></b>	72	35
<b><u>4.</u></b>	50	19	<b><u>4.</u></b>	65	23
<b><u>5.</u></b>	59	22	<b><u>5.</u></b>	75	27
<b><u>6.</u></b>	54	12	<b><u>6.</u></b>	54	12
<b><u>7.</u></b>	53	25	<b><u>7.</u></b>	61	27
<b><u>8.</u></b>	58	25	<b><u>8.</u></b>	68	28
<b><u>9.</u></b>	52	17	<b><u>9.</u></b>	62	20
<b><u>10.</u></b>	30	25	<b><u>10.</u></b>	37	30
<b><u>11.</u></b>	38	13	<b><u>11.</u></b>	49	16
<b><u>12.</u></b>	42	14	<b><u>12.</u></b>	53	18
<b><u>13.</u></b>	38	12	<b><u>13.</u></b>	48	15
<b><u>14.</u></b>	34	9	<b><u>14.</u></b>	43	12

Tabulka č. 5 a 6 Zázpis měření experimentální rostliny břečtan popínavý, v časovém intervalu jednoho měsíce

<u>Dne</u> <u>18.10.2019</u>	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	49	13
<u>2.</u>	49	15
<u>3.</u>	75	35
<u>4.</u>	71	23
<u>5.</u>	79	27
<u>6.</u>	0	0
<u>7.</u>	68	27
<u>8.</u>	62	28
<u>9.</u>	65	20
<u>10.</u>	39	30
<u>11.</u>	51	16
<u>12.</u>	57	18
<u>13.</u>	48	15
<u>14.</u>	48	12

<u>Dne</u> <u>20.11.2019</u> <u>17.12.2019</u> <u>20.01.2020</u> <u>19.02.2020</u>	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	51	13
<u>2.</u>	51	15
<u>3.</u>	77	35
<u>4.</u>	73	23
<u>5.</u>	82	27
<u>6.</u>	0	0
<u>7.</u>	72	27
<u>8.</u>	75	28
<u>9.</u>	68	20
<u>10.</u>	40	30
<u>11.</u>	52	16
<u>12.</u>	60	18
<u>13.</u>	48	15
<u>14.</u>	52	12

Tabulka č. 7 a 8 Zázpis měření experimentální rostliny břečtan popínavý, v časovém intervalu jednoho měsíce, v uvedených datech měření v tabulce č. 8 nebyla pozorována žádná změna

<u>Dne</u> 19.03.2020	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	51	13
<u>2.</u>	51	15
<u>3.</u>	77	35
<u>4.</u>	73	23
<u>5.</u>	82	27
<u>6.</u>	0	0
<u>7.</u>	72	27
<u>8.</u>	75	28
<u>9.</u>	68	20
<u>10.</u>	40	30
<u>11.</u>	52	16
<u>12.</u>	60	18
<u>13.</u>	46	15
<u>14.</u>	52	12

<u>Dne</u> 16.04.2020	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	53	14
<u>2.</u>	53	17
<u>3.</u>	77	35
<u>4.</u>	74	25
<u>5.</u>	83	28
<u>6.</u>	0	0
<u>7.</u>	72	28
<u>8.</u>	75	28
<u>9.</u>	69	21
<u>10.</u>	41	31
<u>11.</u>	52	16
<u>12.</u>	62	21
<u>13.</u>	46	15
<u>14.</u>	51	14

Tabulka č. 9 a 10 Zázpis měření experimentální rostliny břečtan popínavý, v časovém intervalu jednoho měsíce



<b><u>Dne</u></b> <b><u>18.05.2020</u></b>	<b>Délka</b> <b>nadzemní</b> <b>(cm)</b>	<b>Počet listů</b> <b>(ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	58	16
<b><u>2.</u></b>	59	22
<b><u>3.</u></b>	78	37
<b><u>4.</u></b>	79	29
<b><u>5.</u></b>	86	31
<b><u>6.</u></b>	0	0
<b><u>7.</u></b>	73	30
<b><u>8.</u></b>	77	29
<b><u>9.</u></b>	71	23
<b><u>10.</u></b>	44	34
<b><u>11.</u></b>	52	18
<b><u>12.</u></b>	67	27
<b><u>13.</u></b>	47	17
<b><u>14.</u></b>	51	17

Tabulka č. 11 Zázpis měření experimentální rostliny břečtan popínavý, v časovém intervalu jednoho měsíce

<b><u>Dne 18.06.2020</u></b>	<b>Váha (g)</b>	<b>Délka kořeny (cm)</b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	19	20	60	17
<b><u>2.</u></b>	20	20	70	27
<b><u>3.</u></b>	32	22	78	48
<b><u>4.</u></b>	28	21	90	39
<b><u>5.</u></b>	34	23	105	34
<b><u>6.</u></b>	0	0	0	0
<b><u>7.</u></b>	30	20	85	37
<b><u>8.</u></b>	30	22	82	43
<b><u>9.</u></b>	25	20	80	37
<b><u>10.</u></b>	12	15	44	40
<b><u>11.</u></b>	14	17	60	26
<b><u>12.</u></b>	22	20	70	37
<b><u>13.</u></b>	12	16	50	22
<b><u>14.</u></b>	14	17	62	17

Tabulka č. 12 Závěrečný zápis měření experimentální rostliny břečťanu popínavého, spojený s vážením a zaměřením kořenů

**dlužicha americká**

<b><u>Dne 24.7.2019</u></b>	<b>Váha (g)</b>	<b>Délka kořeny (cm)</b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	42	18	16	35
<b><u>2.</u></b>	39	8	13	22
<b><u>3.</u></b>	10	9	10	7
<b><u>4.</u></b>	30	14	14	16
<b><u>5.</u></b>	17	10	11	8
<b><u>6.</u></b>	42	13	13	19
<b><u>7.</u></b>	37	9	14	28
<b><u>8.</u></b>	13	7	10	6
<b><u>9.</u></b>	23	8	12	14
<b><u>10.</u></b>	21	8	10	13
<b><u>11.</u></b>	14	9	7	9
<b><u>12.</u></b>	11	8	11	9
<b><u>13.</u></b>	41	9	14	31
<b><u>14.</u></b>	8	9	8	6

Tabulka č. 13 Prvotní zápis měření experimentální rostliny dlužicha americká, spojený s vážením a zaměřením kořenů při realizaci

<b><u>Dne</u></b> <b><u>20.08.2019</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	17	37
<b><u>2.</u></b>	12	18
<b><u>3.</u></b>	10	8
<b><u>4.</u></b>	14	11
<b><u>5.</u></b>	12	9
<b><u>6.</u></b>	13	20
<b><u>7.</u></b>	16	26
<b><u>8.</u></b>	12	8
<b><u>9.</u></b>	12	10
<b><u>10.</u></b>	11	12
<b><u>11.</u></b>	7	10
<b><u>12.</u></b>	12	10
<b><u>13.</u></b>	16	25
<b><u>14.</u></b>	9	5

<b><u>Dne</u></b> <b><u>20.09.2019</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	20	40
<b><u>2.</u></b>	13	15
<b><u>3.</u></b>	11	10
<b><u>4.</u></b>	10	5
<b><u>5.</u></b>	13	10
<b><u>6.</u></b>	15	21
<b><u>7.</u></b>	16	24
<b><u>8.</u></b>	13	11
<b><u>9.</u></b>	10	8
<b><u>10.</u></b>	11	10
<b><u>11.</u></b>	9	12
<b><u>12.</u></b>	14	11
<b><u>13.</u></b>	16	20
<b><u>14.</u></b>	9	6

Tabulka č. 14 a 15 Zápisy měření experimentální rostliny dlužicha americká, v časovém intervalu jednoho měsíce

<u>Dne</u> <u>17.10.2019</u> <u>20.11.2019</u> <u>17.12.2020</u>	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	20	43
<u>2.</u>	15	17
<u>3.</u>	13	12
<u>4.</u>	13	9
<u>5.</u>	16	14
<u>6.</u>	17	25
<u>7.</u>	16	26
<u>8.</u>	14	13
<u>9.</u>	11	10
<u>10.</u>	11	11
<u>11.</u>	9	10
<u>12.</u>	13	10
<u>13.</u>	18	22
<u>14.</u>	7	5

<u>Dne</u> <u>20.1.2020</u>	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	12	36
<u>2.</u>	10	15
<u>3.</u>	5	8
<u>4.</u>	6	6
<u>5.</u>	8	13
<u>6.</u>	9	21
<u>7.</u>	10	20
<u>8.</u>	9	11
<u>9.</u>	7	9
<u>10.</u>	7	11
<u>11.</u>	6	9
<u>12.</u>	8	9
<u>13.</u>	13	14
<u>14.</u>	2	3

Tabulka č. 16 a 17 Zázpis měření experimentální rostliny dlužicha americká, v časovém intervalu jednoho měsíce, v uvedených datech měření v tabulce č. 16 nebyla pozorována žádná změna

<u>Dne</u> <u>19.2.2020</u>	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	8	32
<u>2.</u>	7	14
<u>3.</u>	2,5	6
<u>4.</u>	3	4
<u>5.</u>	4	8
<u>6.</u>	4	17
<u>7.</u>	8	16
<u>8.</u>	5	9
<u>9.</u>	5	8
<u>10.</u>	4	11
<u>11.</u>	3	7
<u>12.</u>	4	7
<u>13.</u>	7	9
<u>14.</u>	1	2

<u>Dne</u> <u>19.3.2020</u>	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	8	37
<u>2.</u>	7	13
<u>3.</u>	2,5	5
<u>4.</u>	3	4
<u>5.</u>	4	6
<u>6.</u>	4	15
<u>7.</u>	8	14
<u>8.</u>	5	13
<u>9.</u>	5	7
<u>10.</u>	4	9
<u>11.</u>	3	5
<u>12.</u>	4	5
<u>13.</u>	7	8
<u>14.</u>	1	2

Tabulka č. 18 a 19 Zápis měření experimentální rostliny dlužicha americká, v časovém intervalu jednoho měsíce

<b><u>Dne</u></b> <b><u>16.4.2020</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	10	10
<b><u>2.</u></b>	8	7
<b><u>3.</u></b>	3	3
<b><u>4.</u></b>	0	0
<b><u>5.</u></b>	5	4
<b><u>6.</u></b>	7	10
<b><u>7.</u></b>	8	17
<b><u>8.</u></b>	3	2
<b><u>9.</u></b>	5	5
<b><u>10.</u></b>	5	4
<b><u>11.</u></b>	3	3
<b><u>12.</u></b>	4	3
<b><u>13.</u></b>	2	3
<b><u>14.</u></b>	0	0

<b><u>Dne</u></b> <b><u>18.5.2020</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	12	14
<b><u>2.</u></b>	9	10
<b><u>3.</u></b>	4	4
<b><u>4.</u></b>	0	0
<b><u>5.</u></b>	8	6
<b><u>6.</u></b>	12	15
<b><u>7.</u></b>	8	25
<b><u>8.</u></b>	3	3
<b><u>9.</u></b>	6	8
<b><u>10.</u></b>	9	5
<b><u>11.</u></b>	4	5
<b><u>12.</u></b>	5	6
<b><u>13.</u></b>	2	4
<b><u>14.</u></b>	0	0

Tabulka č. 20 a 21 Zápis měření experimentální rostliny břečtan popínavý, v časovém intervalu jednoho měsíce

<b><u>Dne</u></b> <b><u>18.06.2020</u></b>	<b>Váha (g)</b>	<b>Délka kořeny (cm)</b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů celkem ks</b>	<b>Počet květenství (cm)</b>	<b>Délka květenství (cm)</b>
<b><u>1.</u></b>	<b>98</b>	<b>21</b>	<b>10</b>	<b>17</b>	<b>1</b>	<b>12</b>
<b><u>2.</u></b>	<b>30</b>	<b>20</b>	<b>13</b>	<b>14</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b><u>3.</u></b>	<b>10</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b><u>4.</u></b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b><u>5.</u></b>	<b>15</b>	<b>16</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b><u>6.</u></b>	<b>33</b>	<b>20</b>	<b>12</b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>16</b>
<b><u>7.</u></b>	<b>35</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>27</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b><u>8.</u></b>	<b>27</b>	<b>20</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b><u>9.</u></b>	<b>20</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b><u>10.</u></b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b><u>11.</u></b>	<b>17</b>	<b>14</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b><u>12.</u></b>	<b>18</b>	<b>16</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b><u>13.</u></b>	<b>26</b>	<b>19</b>	<b>5</b>	<b>12</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b><u>14.</u></b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>–</b>	<b>–</b>

Tabulka č. 22 Závěrečný zápis měření experimentální rostliny dlužichy americké, spojený s vážením a zaměřením kořenů



**metlice trsnatá**

<b><u>Dne 24.7.2019</u></b>	<b>Váha (g)</b>	<b>Délka kořeny (cm)</b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	28	20	15	90
<b><u>2.</u></b>	30	10	15	81
<b><u>3.</u></b>	23	16	15	81
<b><u>4.</u></b>	15	12	15	46
<b><u>5.</u></b>	19	20	15	24
<b><u>6.</u></b>	12	14	15	42
<b><u>7.</u></b>	17	14	15	48
<b><u>8.</u></b>	43	16	15	142
<b><u>9.</u></b>	28	15	15	142
<b><u>10.</u></b>	20	11	15	72
<b><u>11.</u></b>	12	10	15	28
<b><u>12.</u></b>	10	7	15	42
<b><u>13.</u></b>	23	11	15	148
<b><u>14.</u></b>	22	10	15	66

Tabulka č. 23 Prvotní zápis měření experimentální rostliny metlice trsnatá, spojený s vážením a zaměřením kořenů při realizaci

<u>Dne</u> 20.08.2019	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	20	92
<u>2.</u>	20	81
<u>3.</u>	19	80
<u>4.</u>	21	50
<u>5.</u>	23	26
<u>6.</u>	15	29
<u>7.</u>	15	4
<u>8.</u>	20	130
<u>9.</u>	20	115
<u>10.</u>	19	60
<u>11.</u>	16	33
<u>12.</u>	21	25
<u>13.</u>	16	80
<u>14.</u>	22	69

<u>Dne</u> 20.09.2019	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	30	96
<u>2.</u>	30	88
<u>3.</u>	28	88
<u>4.</u>	28	55
<u>5.</u>	32	30
<u>6.</u>	17	15
<u>7.</u>	0	0
<u>8.</u>	30	120
<u>9.</u>	25	95
<u>10.</u>	25	40
<u>11.</u>	18	40
<u>12.</u>	23	15
<u>13.</u>	18	40
<u>14.</u>	30	75

Tabulka č. 24 a 25 Zápis měření experimentální rostliny metlice trsnatá, v časovém intervalu jednoho měsíce

<b><u>Dne</u></b> <b><u>17.10.2019</u></b> <b><u>20.11.2019</u></b> <b><u>17.12.2020</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	30	105
<b><u>2.</u></b>	31	96
<b><u>3.</u></b>	28	95
<b><u>4.</u></b>	30	65
<b><u>5.</u></b>	31	47
<b><u>6.</u></b>	20	24
<b><u>7.</u></b>	0	0
<b><u>8.</u></b>	31	127
<b><u>9.</u></b>	26	90
<b><u>10.</u></b>	20	48
<b><u>11.</u></b>	16	37
<b><u>12.</u></b>	20	18
<b><u>13.</u></b>	22	45
<b><u>14.</u></b>	32	77

<b><u>Dne</u></b> <b><u>20.1.2020</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	15	65
<b><u>2.</u></b>	10	44
<b><u>3.</u></b>	12	49
<b><u>4.</u></b>	10	35
<b><u>5.</u></b>	11	30
<b><u>6.</u></b>	6	16
<b><u>7.</u></b>	0	0
<b><u>8.</u></b>	14	70
<b><u>9.</u></b>	11	50
<b><u>10.</u></b>	9	9
<b><u>11.</u></b>	8	29
<b><u>12.</u></b>	6	12
<b><u>13.</u></b>	10	35
<b><u>14.</u></b>	12	42

Tabulka č. 26 a 27 Zázpis měření experimentální rostliny metlice trsnatá, v časovém intervalu jednoho měsíce, v uvedených datech měření v tabulce č. 26 nebyla pozorována žádná změna

<b><u>Dne</u></b> <b><u>19.02.2020</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	12	35
<b><u>2.</u></b>	6	20
<b><u>3.</u></b>	10	25
<b><u>4.</u></b>	8	17
<b><u>5.</u></b>	7	20
<b><u>6.</u></b>	3	10
<b><u>7.</u></b>	0	0
<b><u>8.</u></b>	12	45
<b><u>9.</u></b>	10	35
<b><u>10.</u></b>	7	20
<b><u>11.</u></b>	5	20
<b><u>12.</u></b>	3	8
<b><u>13.</u></b>	4	30
<b><u>14.</u></b>	5	30

<b><u>Dne</u></b> <b><u>19.03.2020</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	13	50
<b><u>2.</u></b>	7	30
<b><u>3.</u></b>	11	33
<b><u>4.</u></b>	10	25
<b><u>5.</u></b>	8	26
<b><u>6.</u></b>	5	14
<b><u>7.</u></b>	0	0
<b><u>8.</u></b>	14	56
<b><u>9.</u></b>	11	43
<b><u>10.</u></b>	10	30
<b><u>11.</u></b>	6	30
<b><u>12.</u></b>	7	14
<b><u>13.</u></b>	5	36
<b><u>14.</u></b>	6	35

Tabulka č. 28 a 29 Zápis měření experimentální rostliny metlice trsnatá, v časovém intervalu jednoho měsíce

<b><u>Dne</u></b> <b><u>18.04.2020</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	15	55
<b><u>2.</u></b>	13	38
<b><u>3.</u></b>	13	39
<b><u>4.</u></b>	11	26
<b><u>5.</u></b>	12	30
<b><u>6.</u></b>	4	18
<b><u>7.</u></b>	0	0
<b><u>8.</u></b>	18	60
<b><u>9.</u></b>	14	46
<b><u>10.</u></b>	11	33
<b><u>11.</u></b>	12	33
<b><u>12.</u></b>	7	15
<b><u>13.</u></b>	5	36
<b><u>14.</u></b>	14	39

<b><u>Dne</u></b> <b><u>18.05.2020</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	20	67
<b><u>2.</u></b>	20	55
<b><u>3.</u></b>	17	50
<b><u>4.</u></b>	15	34
<b><u>5.</u></b>	17	36
<b><u>6.</u></b>	3	25
<b><u>7.</u></b>	0	0
<b><u>8.</u></b>	25	68
<b><u>9.</u></b>	18	56
<b><u>10.</u></b>	12	36
<b><u>11.</u></b>	17	35
<b><u>12.</u></b>	9	18
<b><u>13.</u></b>	7	40
<b><u>14.</u></b>	25	45

Tabulka č. 30 a 31 Zápis měření experimentální rostliny metlice trsnatá, v časovém intervalu jednoho měsíce

<b><u>Dne</u></b> <b><u>18.06.2020</u></b>	<b>Váha (g)</b>	<b>Délka kořeny (cm)</b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů celkem ks</b>	<b>Počet květenství (cm)</b>	<b>Délka květenství (cm)</b>
<b><u>1.</u></b>	50	35	20	60	7	50
<b><u>2.</u></b>	26	32	20	60	7	50
<b><u>3.</u></b>	33	30	20	55	8	70
<b><u>4.</u></b>	26	29	20	30	3	47
<b><u>5.</u></b>	25	29	14	25	6	43
<b><u>6.</u></b>	14	16	9	37	–	–
<b><u>7.</u></b>	0	0	0	0	0	0
<b><u>8.</u></b>	53	34	30	70	10	90
<b><u>9.</u></b>	37	29	24	55	7	50
<b><u>10.</u></b>	26	32	12	25	2	50
<b><u>11.</u></b>	24	30	15	40	2	70
<b><u>12.</u></b>	10	14	10	17	1	30
<b><u>13.</u></b>	27	28	10	30	4	45
<b><u>14.</u></b>	26	27	24	60	6	53

Tabulka č. 32 Závěrečný zápis měření experimentální rostliny metlice trsnatá, spojený s vážením a zaměřením kořenů

### kostřava červená

<u>Dne 24.7.2019</u>	Váha (g)	Délka kořeny (cm)	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	11	10	15	110
<u>2.</u>	17	13	15	155
<u>3.</u>	21	10	15	150
<u>4.</u>	13	11	15	168
<u>5.</u>	14	11	15	165
<u>6.</u>	12	10	15	154
<u>7.</u>	41	15	15	260
<u>8.</u>	24	12	15	235
<u>9.</u>	13	13	15	64
<u>10.</u>	17	10	15	126
<u>11.</u>	19	11	15	104
<u>12.</u>	12	9	15	120
<u>13.</u>	23	16	15	113
<u>14.</u>	19	11	15	184

Tabulka č. 33 Prvotní zápis měření experimentální rostliny kostřava červená, spojený s vážením a zaměřením kořenů při realizaci

<u>Dne</u> 20.08.2019	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	17	100
<u>2.</u>	17	135
<u>3.</u>	17	145
<u>4.</u>	17	160
<u>5.</u>	19	145
<u>6.</u>	19	150
<u>7.</u>	22	240
<u>8.</u>	19	200
<u>9.</u>	17	53
<u>10.</u>	18	100
<u>11.</u>	19	74
<u>12.</u>	15	86
<u>13.</u>	17	69
<u>14.</u>	19	148

<u>Dne</u> 20.09.2019	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	20	105
<u>2.</u>	20	130
<u>3.</u>	20	140
<u>4.</u>	20	150
<u>5.</u>	25	130
<u>6.</u>	25	160
<u>7.</u>	28	250
<u>8.</u>	25	170
<u>9.</u>	20	50
<u>10.</u>	22	90
<u>11.</u>	25	50
<u>12.</u>	15	55
<u>13.</u>	20	50
<u>14.</u>	25	120

Tabulka č. 34 a 35 Zápis měření experimentální rostliny kostřava červená, v časovém intervalu jednoho měsíce



<u>Dne</u> <u>17.10.2019</u> <u>20.11.2019</u> <u>17.12.2020</u>	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	22	115
<u>2.</u>	22	139
<u>3.</u>	22	155
<u>4.</u>	22	164
<u>5.</u>	25	138
<u>6.</u>	26	179
<u>7.</u>	28	264
<u>8.</u>	27	191
<u>9.</u>	21	64
<u>10.</u>	22	123
<u>11.</u>	25	77
<u>12.</u>	17	85
<u>13.</u>	21	78
<u>14.</u>	26	145

<u>Dne</u> <u>20.1.2020</u>	Délka nadzemní (cm)	Počet listů (ks)
<u>1.</u>	20	101
<u>2.</u>	19	120
<u>3.</u>	21	128
<u>4.</u>	21	130
<u>5.</u>	23	123
<u>6.</u>	22	142
<u>7.</u>	23	214
<u>8.</u>	22	157
<u>9.</u>	19	49
<u>10.</u>	20	100
<u>11.</u>	19	65
<u>12.</u>	15	80
<u>13.</u>	15	68
<u>14.</u>	19	130

Tabulka č. 36 a 37 Zázpis měření experimentální rostliny kostřava červená, v časovém intervalu jednoho měsíce, v uvedených datech měření v tabulce č. 36 nebyla pozorována žádná změna

<b><u>Dne</u></b> <b><u>19.02.2020</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	20	80
<b><u>2.</u></b>	17	95
<b><u>3.</u></b>	21	105
<b><u>4.</u></b>	22	110
<b><u>5.</u></b>	22	110
<b><u>6.</u></b>	16	100
<b><u>7.</u></b>	19	180
<b><u>8.</u></b>	17	130
<b><u>9.</u></b>	15	35
<b><u>10.</u></b>	18	90
<b><u>11.</u></b>	15	55
<b><u>12.</u></b>	12	70
<b><u>13.</u></b>	10	55
<b><u>14.</u></b>	15	120

<b><u>Dne</u></b> <b><u>19.03.2020</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	23	105
<b><u>2.</u></b>	19	120
<b><u>3.</u></b>	23	122
<b><u>4.</u></b>	23	137
<b><u>5.</u></b>	24	125
<b><u>6.</u></b>	19	113
<b><u>7.</u></b>	21	198
<b><u>8.</u></b>	18	154
<b><u>9.</u></b>	16	43
<b><u>10.</u></b>	20	114
<b><u>11.</u></b>	18	65
<b><u>12.</u></b>	14	78
<b><u>13.</u></b>	14	50
<b><u>14.</u></b>	16	141

Tabulka č. 38 a 39 Zázpis měření experimentální rostliny kostřava červená, v časovém intervalu jednoho měsíce

<b><u>Dne</u></b> <b><u>16.04.2020</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů (ks)</b>
<b><u>1.</u></b>	20	100
<b><u>2.</u></b>	21	105
<b><u>3.</u></b>	18	80
<b><u>4.</u></b>	20	100
<b><u>5.</u></b>	25	120
<b><u>6.</u></b>	17	96
<b><u>7.</u></b>	18	154
<b><u>8.</u></b>	22	113
<b><u>9.</u></b>	14	45
<b><u>10.</u></b>	21	100
<b><u>11.</u></b>	15	60
<b><u>12.</u></b>	12	44
<b><u>13.</u></b>	12	40
<b><u>14.</u></b>	18	92

Tabulka č. 40 Zázpis měření experimentální rostliny košťava červená, v časovém intervalu jednoho měsíce

<b><u>Dne</u></b> <b><u>18.05.2020</u></b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů celkem ks</b>	<b>Počet květenství (cm)</b>	<b>Délka květenství (cm)</b>
<b><u>1.</u></b>	15	80	22	35
<b><u>2.</u></b>	22	90	20	42
<b><u>3.</u></b>	15	60	40	50
<b><u>4.</u></b>	18	85	22	44
<b><u>5.</u></b>	27	120	17	45
<b><u>6.</u></b>	15	75	22	50
<b><u>7.</u></b>	14	120	40	33
<b><u>8.</u></b>	30	80	10	43
<b><u>9.</u></b>	12	55	12	45
<b><u>10.</u></b>	22	80	25	40
<b><u>11.</u></b>	12	57	10	39
<b><u>12.</u></b>	10	30	18	40
<b><u>13.</u></b>	10	30	5	28
<b><u>14.</u></b>	20	67	24	42

Tabulka č. 41 Závěrečný měření experimentální rostliny kostřava červená, v časovém intervalu jednoho měsíce

<b><u>Dne</u></b> <b><u>18.06.2020</u></b>	<b>Váha (g)</b>	<b>Délka kořeny (cm)</b>	<b>Délka nadzemní (cm)</b>	<b>Počet listů celkem ks</b>	<b>Počet květenství (cm)</b>	<b>Délka květenství (cm)</b>
<b><u>1.</u></b>	138	45	15	80	25	50
<b><u>2.</u></b>	140	45	22	90	20	67
<b><u>3.</u></b>	142	46	15	60	40	65
<b><u>4.</u></b>	159	45	18	85	22	67
<b><u>5.</u></b>	141	45	27	120	17	55
<b><u>6.</u></b>	126	40	15	75	22	60
<b><u>7.</u></b>	173	47	14	120	40	40
<b><u>8.</u></b>	164	43	30	80	10	70
<b><u>9.</u></b>	24	22	12	55	12	65
<b><u>10.</u></b>	122	39	22	80	25	60
<b><u>11.</u></b>	35	25	12	57	10	60
<b><u>12.</u></b>	50	35	10	30	20	65
<b><u>13.</u></b>	25	24	10	40	6	40
<b><u>14.</u></b>	130	39	20	67	24	65

Tabulka č. 42 Závěrečný zápis měření experimentální rostliny kostřava červená, spojený s vážením a zaměřením kořenů