

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zahradnictví



Trvalky pro městské prostředí – druhy vhodné pro zasolené půdy

Perennial plants for urban environment – right species for salinization soil

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Ing. Pavel Matiska

Autor práce: Tereza Kumstátová

2010

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „Trvalky pro městské prostředí – druhy vhodné pro zasolené půdy“ vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v přiložené bibliografii.

V Červených Pečkách dne 10. dubna 2010

Tereza Kumstátová

Poděkování

Dovoluji si tímto poděkovat všem, kteří mi pomáhali při řešení bakalářské práce. Poděkování patří především panu Ing. Pavlu Matiskovi za cenné rady, připomínky a pomoc při psaní této bakalářské práce.

Tereza Kumstátová

Autorský referát

Tato bakalářská práce specifikuje městské prostředí a jeho vliv na rostliny, dále se zabývá příčinou stresu u rostlin a jeho možnou minimalizací, výběrem vhodných druhů zahradních trvalek a jejich adaptacemi na tyto podmínky. V závěru jsou porovnány vybrané druhy rostlin z hlediska zasolení substrátu.

Městské prostředí se vyznačuje mnoha nepříznivými (stresovými) faktory, které na rostliny působí, poškozují je a mohou vést až k jejich uhynutí. Mezi tyto negativní vlivy patří znečištění ovzduší, zvýšená teplota vzduchu, nižší relativní vzdušná vlhkost, zhutnění půdy spojené s nedostatkem kyslíku, nedostatek vody, nevhodná skladba půd a půdní pH a kontaminace půdy (především zasolení). Pro stanoviště, která se nacházejí v těchto nepříliš vyhovujících podmínkách, je třeba věnovat pozornost výběru vhodných druhů rostlin.

Skupiny především zahraničních odborníků se v současné době věnují problematice výsadby trvalek v městském prostředí. Řešením jsou extenzivní trvalkové výsadby; několik takovýchto výsadeb je k vidění i v České republice.

Trvalky (pereny) jsou víceleté nedřevnaté rostliny, které během svého života opakovaně kvetou a tvoří semena, nepříznivé podmínky (např. sucho, zimu) přečkávají v podobě podzemních zásobních orgánů. Pro nádobové pokusy bylo vybráno osm druhů suchomilných trvalek, které byly vystaveny různým koncentracím solných roztokům (NaCl) a byly pozorovány reakce těchto druhů na zasolení. Jako nejvíce odolná se ukázala být *Armeria maritima* 'Pink Lusitanica', dále pak např. *Dianthus deltoides* 'Confetti Karmi', *Hyssopus officinalis* 'Albus' či *Lavandula angustifolia* Mill. Jako nejméně vhodná pro zasolené městské půdy se ukázala být *Nepeta* × *faassenii*.

Klíčová slova:

trvalky, stres, městské prostředí, zasolení půdy, odolnost rostlin vůči zasolení substrátu, extenzivní trvalkové výsadby

Summary

This bachelor paper specifies the urban environment and its influence on plants. It examines also the cause of stress of plants and suggest ways to minimise this as well as suggest suitable perennials for urban conditions. At the end of this paper, chosen types of plants are compared from the view of salinisation of the substrate.

The urban environment is typical of many unsuitable (stress) factors that influence the plants, harm them and can even lead to their death. These negative factors are air pollution, raised air temperature, lower air humidity, soil thickening accompanied by a lack of oxygen, a lack of water, unsuitable soil structure and its pH and soil contamination (especially salinisation). For places where such conditions can be found it is necessary to pay attention to choosing suitable types of plants.

Groups of especially foreign experts are currently focusing on the problems with planting perennials in urban environments. The solution seems to be an extensive perennial planting – a few examples of which are already to be seen in the Czech Republic.

Perennials are multi-annual non-woody plants that are in the course of their lives repeatedly in blossom and produce seeds. They survive unsuitable conditions (e.g. droughts, winters) in the form of subterraneous supplying organs. Eight types of xerophilous perennials were chosen for experiments. These were exposed to various concentrations of salt solutions (NaCl) and their reactions were observed. The most resistant was *Armeria maritima* ‘Pink Lusitanica’, then for example *Dianthus deltoides* ‘Confetti Karmi’, *Hyssopus officinalis* ‘Albus’ or *Lavandula angustifolia* Mill. *Nepeta* × *faassenii* proved to be the least suitable for salinised urban soils.

Keywords:

perennials, stress, urban environment, salinisation of the soil, plant resistance to the salinisation of the substrate, extensive perennial planting

Obsah

1	Úvod.....	- 9 -
2	Cíl práce	- 10 -
3	Literární rešerše.....	- 11 -
3.1	Ekologické faktory (abiotické a biotické).....	- 11 -
3.1.1	Působení faktorů prostředí na rostliny	- 11 -
3.1.2	Liebigův zákon minima a Shelfordův zákon tolerance.....	- 12 -
3.1.3	Ekologická valence	- 13 -
3.1.4	Ekologické optimum a ekologické pesimum	- 14 -
3.2	Stresory a stresy	- 15 -
3.3	Adaptace rostlin	- 17 -
3.4	Stresové faktory městského prostředí působící na rostliny.....	- 18 -
3.4.1	Znečištění ovzduší.....	- 19 -
3.4.2	Teplota vzduchu	- 21 -
3.4.3	Relativní vzdušná vlhkost	- 22 -
3.4.4	Zhutnění půdy spojené s nedostatkem kyslíku	- 22 -
3.4.5	Nedostatek vody.....	- 24 -
3.4.6	Skladba půd a půdní pH.....	- 24 -
3.4.7	Kontaminace půdy	- 26 -
3.5	Extenzivní trvalkové výsadby pro městské prostředí	- 31 -
3.5.1	Volba kombinace rostlin	- 33 -
3.5.2	Pět funkčních skupin rostlin pro extenzivní výsadby	- 33 -
3.5.3	Založení extenzivní trvalkové výsadby.....	- 35 -
3.6	Výběr vhodných druhů pro městské prostředí	- 38 -
4	Materiál a metody	- 40 -
4.1	Výběr vhodných druhů trvalek pro nádobové pokusy	- 40 -
4.2	Charakteristika pokusu.....	- 40 -
4.2.1	Lokalizace a charakteristika místa pokusu.....	- 40 -
4.2.2	Použitý substrát	- 40 -
4.2.3	Rostlinný materiál a pěstební prostředí.....	- 41 -
4.3	Vliv zasolení substrátu na vybrané druhy trvalek.....	- 41 -

5	Výsledky	- 42 -
5.1	Zhodnocení odolnosti jednotlivých druhů trvalek vůči zasolení	- 42 -
5.2	Výsledky odolnosti trvalek vůči zasolení zpracované v tabulkách a grafech...	- 62 -
6	Diskuze.....	- 69 -
7	Závěr	- 70 -
8	Seznam literatury	- 71 -
9	Přílohy.....	- 73 -

Seznam příloh

Příloha I. – přehled suchomilných trvalek dle Ivony Šuchmannové

Příloha II. – přehled trvalek pro použití ve výsadbách městské zeleně dle Marie Součkové

1 Úvod

Význam městské zeleně v místech se znečištěným ovzduším je již po mnoho let dobře znám. Zeleň v antropogenním prostředí měst a v intenzivně využívané krajině je především zdrojem kyslíku, dále osvěžuje a zvlhčuje vzduch, zachycuje škodliviny, tlumí hluk apod. Vedle těchto velmi důležitých funkcí však zeleň přináší i jiná pozitiva. Doba, v níž žijeme, se především ve městech vyznačuje rychlým životním tempem, každodenním shonem a stresem. Proto lidé právě v těchto místech často vyhledávají prostředí pro psychické odreagování a městská zeleň je pro ně zdrojem inspirace, estetického požitku a odpočinku.

Největší podíl městské zeleně tvoří samozřejmě solitérní stromy a keře či jejich skupiny, bylinné výsadby mají v těchto prostorách podstatně menší zastoupení. Je to způsobeno především nevýhodami, které s sebou tyto výsadby nesou. Uvádí se především nedostatek peněžních prostředků na jejich zakládání a údržbu, nízká vzdělanost personálu atd. Podle mého názoru by se však na tyto výsadby při tvorbě veřejných prostranství nemělo zapomínat. Jejich význam je především estetický, jsou atraktivní v místech s velkou koncentrací obyvatel, v reprezentativních výsadbách, u budov, v parcích, ale i jako součást stromořadí v ulicích nebo se uplatní při osázení kruhových objezdů. Výhodnější jsou pro tyto výsadby jednoznačně trvalky, které mají oproti letničkám větší efekt v průběhu celého roku a samozřejmě dlouhověkost.

Při výsadbě bylin ve městech se však vyskytují i jiné problémy, které nesouvisí s jejich pořízením či údržbou. Jedná se především o nepříznivé vlivy tohoto prostředí, výfukové plyny, nedostatek vody v letním období, půdy antropogenního původu, kontaminace půd především zasolením, které je způsobeno zimní údržbou komunikací atd. Všechny tyto a další negativní podmínky, které se ve městech vyskytují, nepříznivě ovlivňují vysazené rostliny. Je tedy třeba věnovat výběru rostlin pro tyto účely nemalou pozornost, aby se trvalkám ve městech dařilo a výsadby splnily naše očekávání.

Toto téma bakalářské práce jsem si vybrala z důvodu zájmu o problematiku výsadeb zeleně v městském prostředí. Pozornost, týkající se problémů vlivu zasolení zeleně v městských výsadbách, je směřována především ke dřevinám. Poznatků o vlivech solí na trvalky (a byliny obecně) je poskrovnu. Tato práce se soustředí především na definování nepříznivých vlivů, které mohou na rostliny ve městech působit, a dále je zaměřena na zjištění odolnosti vybraných druhů trvalek vůči zasolení půdy. Tyto výsledky by měly poskytnout představu o tom, které z daných druhů rostlin jsou více či méně vhodné pro využití ve veřejných výsadbách.

2 Cíl práce

Cílem práce je specifikace městského prostředí a jeho vliv na rostliny. Příčina stresu u rostlin a jeho možná minimalizace. Výběr vhodných druhů zahradních trvalek a jejich adaptace na tyto podmínky. Porovnání vybraných druhů z hlediska zasolení substrátu.

3 Literární rešerše

3.1 Ekologické faktory (abiotické a biotické)

Rostliny se vyznačují mimořádnou rozmanitostí ve schopnosti růst, vyvíjet se a přežívat v širokém rozmezí vnějších podmínek. Každému rostlinnému druhu však vyhovuje užší rozpětí vnějších podmínek. Je-li vystaven vlivu podmínek mimo toto rozpětí, může být zdravotní stav rostlin tohoto druhu narušen (Kůdela a Veverka, 2005).

Laštůvka a Krejčová (2000) uvádí, že za ekologické faktory jsou považovány jakékoli činitele, které nějak ovlivňují organismy. Buď působí jako podmínky prostředí, nebo se uplatňují jako zdroje. Umožňují přítomnost určitých druhů a tím limitují jejich rozšíření, mají vliv na aktivitu, metabolismus, růst, rozmnožování, úmrtnost a stěhování. Jejich působením dochází ke vzniku nejrůznějších evolučních přizpůsobení i nedědičných změn. Ekologické faktory se mohou rozdělit na faktory abiotické a biotické. První zahrnují veškeré fyzikální a chemické faktory ovzduší, půdy a vodního prostředí, druhé představují nejrůznější vztahy uvnitř populace (vnitrodruhové vztahy) i mezi populacemi různých druhů (mezidruhové vztahy).

Bláha a kol. (2003) doplňují, že mezi biotické faktory patří všechny živé organismy včetně člověka.

3.1.1 Působení faktorů prostředí na rostliny

Životní prostředí rostlin je charakterizováno proměnlivými vnějšími podmínkami, které jsou buď pro jejich růst, vývoj a rozmnožování vhodné anebo jsou méně vhodné a nutí rostliny měnit se a přizpůsobit se stávajícím podmínkám prostředí (Bláha a kol., 2003).

Kůdela a Veverka (2005) mezi hlavní abiotické faktory řadí: světlo, vodu, teplotu, vzduch a půdu. Dále uvádí, že tyto faktory jsou rozhodující jak pro přežívání a množení populací rostlin a jiných organismů (limitující faktory), tak i pro míru jejich vitality (faktory produkční).

Abiotické prostředí, v němž rostliny a další organismy žijí, má dvě složky:

- a) převládající povětrnostní podmínky místa neboli klima (přičemž k nejdůležitějším faktorům patří světlo, teplota a vlhkost),
- b) substrát (půda, voda).

Klimatické faktory jsou modifikovány utvářením povrchu, zejména sklonem povrchu (k jihu nebo severu) a jeho vystavení slunci. Modifikace podnebí může být tak významná, že bylo účelné vymezit zvláštní typ klimatu označovaný jako regionální klima (topoklima). Edafické (půdní) faktory jsou rovněž modifikovány sklonem a expozicí ke slunci. Zejména se mění vodní režim, neboť voda se ve svazích nevsakuje, ale stéká. Stékáním jsou strhávány jak pevné částice, tak i rozpuštěné látky, a tím se mění i fyzikální a chemické složení půdy (Kůdela a Veverka, 2005).

Bláha a kol. (2003) však zdůrazňují, že na živé organismy nikdy nepůsobí pouze jednotlivé faktory vnějšího prostředí, ale celý komplex vlivů, abiotických a biotických faktorů, které vstupují do vzájemných interakcí.

3.1.2 Liebigův zákon minima a Shelfordův zákon tolerance

Aby organismus mohl v dané situaci existovat a žít, musí mít k dispozici látku nezbytné pro růst a rozmnožování. Tyto základní požadavky jsou různé u různých druhů i v různých situacích. V rovnovážném stavu bude mezním (limitujícím) faktorem pro výskyt a život organismu ta nezbytná látka, která je dostupná v kriticky nejmenším potřebném množství (Odum, 1977).

Počátky soustavného studia životních nároků organismů spadají do poloviny minulého století. Tehdy se zabýval německý biolog Justus von Liebig fyziologií rostlin a všiml si, že pro růst rostlin je rozhodující ten prvek, který se v prostředí nachází v minimu, resp. kterého je nedostatek. Na základě tohoto zjištění definoval tzv. zákon minima (1840) (Laštůvka a Krejčová, 2000).

Podle Slavíkové (1986) Liebigův zákon minima platí nejen v minerální výživě, nýbrž daleko obecněji. Podle tohoto zákona funkce, růst nebo vývoj organismu jsou omezovány především tím faktorem, který na stanovišti v souboru všech faktorů působí relativně nejmenší intenzitou. Tento „zákon minima“ platí pro každý abiotický faktor na stanovišti: např. pro energii, vodu, živiny obsažené v půdě.

Později však biologové zjistili, že není rozhodující pouze minimální, ale většinou i maximální koncentrace, tedy horní hranice působení určitého faktoru. Proto V. E. Shelford zavedl zákon tolerance (1913), podle kterého každý organismus toleruje určité rozpětí libovolného ekologického faktoru (Laštůvka a Krejčová, 2000).

Odum (1977) shodně uvádí, že mezním činitelem nemusí být jen to, čeho je příliš málo (jak to formuloval Liebig), ale i příliš mnoho, jako v případě tepla, světla a vody. Organismy tedy mají ekologické minimum a maximum a rozsah mezi nimi představuje hranice tolerance.

S nimi souhlasí i Slavíková (1986), která píše, že limitující působení ekologických faktorů vyjádřil Victor E. Shelford „zákonem tolerance“.

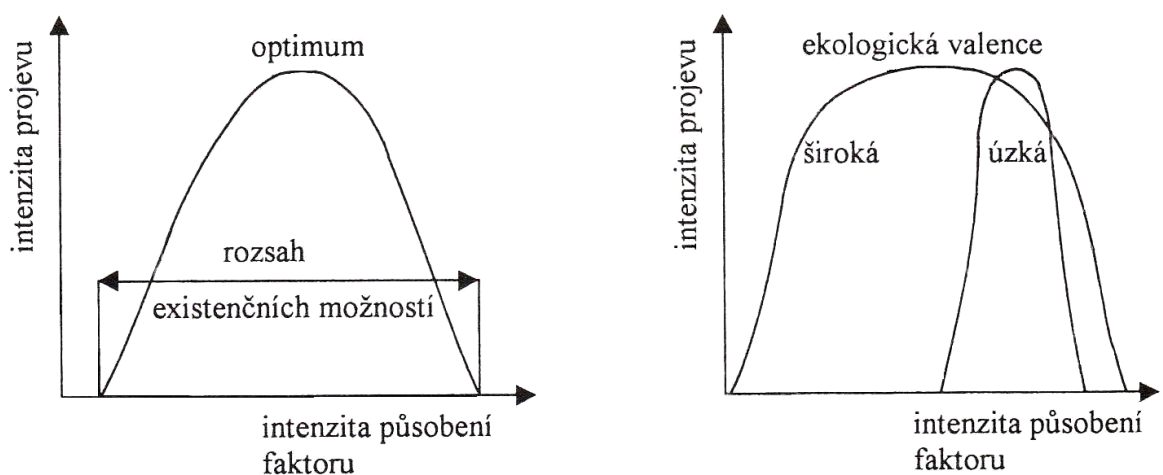
3.1.3 Ekologická valence

Nepříznivé vlivy vnějšího prostředí mohou zpomalovat životní funkce rostlin, poškozovat jednotlivé orgány rostlin či dokonce navodit odumření rostliny. Každý rostlinný druh toleruje určité rozpětí jednotlivých faktorů a interval mezi minimální a maximální tolerovanou hodnotou se nazývá ekologickou valencí faktoru (Bláha a kol., 2003).

Laštůvka a Krejčová (2000) shodně uvádí, že organismy vyžadují ke své zdárné existenci určitou teplotu, vlhkost, stanoviště apod. Tolerované rozmezí působení kteréhokoli ekologického faktoru se nazývá ekologická valence (potence, amplituda).

Slavíková (1986) definuje rozsah tolerance jako ekologickou amplitudu druhu: je to variační šíře faktoru, která je pro organismus snesitelná.

Ekologickou amplitudou se podle Kůdely a Veverky (2005) rozumí šířka intenzity faktoru, která působí na organismus. Obdobně ekologická valence se definuje jako intenzita i rozsah působení určitého faktoru na organismus a šířka jeho optimálního vlivu.



Obr. 1 Grafické znázornění rozpětí ekologické valence (Laštůvka a Krejčová, 2000)

Laštůvka a Krejčová (2000) rozeznávají druhy euryvalentní, se širokou a stenovalentní, s úzkou ekologickou valencí. První jsou k příslušnému faktoru málo citlivé, naopak druhé snášejí jen jeho malé rozpětí. Rozšíření i výskyt příslušného druhu jsou rozhodujícím způsobem ovlivněny těmi faktory, na něž je citlivý.

Podle Slavíkové (1986) rostliny mohou mít širokou toleranci či širokou ekologickou amplitudu vůči určitému faktoru stanoviště. Takové druhy se nazývají euryekní. Rostliny se širokou tolerancí ke všem základním faktorům se budou ve společenstvech často vyskytovat. Budou mít také větší rozšíření. Tyto rostliny se proto nazývají eurytopní. Na druhé straně rostliny s úzkým rozsahem tolerance k jednomu nebo více stanovištním faktorům se budou vyskytovat pouze na takových stanovištích, na nichž je působení ekologických podmínek v rozsahu jejich tolerance. Tyto druhy se nazývají stenoekní. Jsou daleko méně časté ve společenstvu než předešlé. Většinou jsou ve společenstvu přítomny jako vzácné druhy nebo jsou na speciálních stanovištích. Mají proto také malé rozšíření. Nazývají se stenotopní rostliny. S tímto souhlasí i Laštůvka a Krejčová (2000).

Slavíková (1986) dále upozorňuje, že rostliny mohou mít široký rozsah tolerance k jednomu faktoru a úzký rozsah tolerance k jinému. Takový stav bývá v přírodě velmi častý. O výskytu druhu na stanovišti rozhoduje pak ten faktor, který je pod hranicí tolerance. Rozhodující jsou totiž mezní hodnoty faktoru, ne jeho průměrné hodnoty.

Citlivost k limitujícím faktorům se také často mění u téhož druhu během jeho ontogenetického vývoje. Klíčící semena mají jiná ekologická optima a jiné amplitudy tolerance než dospělá rostlina (Slavíková, 1986).

3.1.4 Ekologické optimum a ekologické pesimum

Hranice ekologické amplitudy jsou určeny na jedné straně minimální a na druhé straně maximální hodnotou (intenzitou, koncentrací) nějakého faktoru. V blízkosti minima a maxima snesitelnosti faktoru dosahují podmínky pro život rostliny své nejnepříznivější hranice. Nazývají se také proto ekologické pesimum. Pod hranicí minima a nad hranicí maxima jsou funkce a vývoj rostlinného organismu inhibovány, popř. rostlina hyne. Na druhé straně při středních hodnotách působení faktorů je dosaženo ekologického optima organismu (Slavíková, 1986).

Bláha a kol. (2003) vysvětlují, že optimum je taková hodnota faktoru, při které se organismus nejlépe vyvíjí. Dále však zdůrazňuje, že optimum nemusí být vždy uprostřed

ekologické valence, vlivem konkurence se často posouvá a může být i značně blízko letálních hranic.

Organismus nejlépe prospívá, tj. dosahuje nejvyšší zdatnosti v oblasti optima. Zdatnost lze chápat jako schopnost mít nejvíce potomků a tak nejvíce ovlivnit genofond potomstva populace. Na obě strany od optima se životní projevy zpomalují až do situace, kdy reprodukční schopnost již nedokáže kompenzovat úmrtnost. Překročení mezí ekologické valence tedy obvykle nevede ke smrti jedince. Populace v daném prostředí však nemůže trvale existovat (rozmnožování je ztížené nebo k němu nedochází, nastává vysoká mortalita v některém stádiu vývoje) (Laštůvka a Krejčová, 2000).

Kúdela a Veverka (2005) s těmito tvrzeními souhlasí a dále upozorňují, že v praxi se musí počítat s tím, že ve venkovních podmínkách dosahují potřebné faktory prostředí (zejména voda a živiny) optima jen zřídka.

3.2 Stresory a stresy

Podle Kúdely a Veverky (2005) jsou rostliny v průběhu svého života vystaveny velmi proměnlivým podmínkám vnějšího prostředí. Faktory, které závažně ohrožují rostlinu, označujeme jako stresové faktory (stresory). Pokud jsou rostliny vůči nim odolné, tj. není-li překročena mez jejich adaptace na tyto vlivy prostředí, omezení jejich růstu a úhyn nemusí nastat.

Fyziologický stres je možné jednoduše definovat jako soubor podmínek, které způsobují nenormální změnu ve fyziologických procesech, případně mající za následek poškození rostliny (Nilsen a Orcutt, 1996).

Stresory jsou negativní vnější vlivy, které působí na celou rostlinu, tj. na kořeny, nadzemní část i vyvíjející se semena. Rostliny, respektive rostlinné druhy, jsou přizpůsobeny k vykonávání všech velmi důležitých životních funkcí za poměrně značného kolísání faktorů na základě činnosti kompenzačních procesů. Při nezvládnutí vlivu stresorů dojde až k uhynutí rostliny. Pokud proměnlivost negativních vlivů vnějšího prostředí překročí určitou mez (tolerance rostliny), lze hovořit o „stresu“ rostliny, to znamená, že se objeví poruchy struktur jednotlivých funkcí a následně i orgánů rostliny. Stres je tedy definice stavu, ve kterém se rostlina nachází pod vlivem stresorů (Bláha a kol., 2003).

Stres je definován jako nedostatek některých, pro život nezbytných faktorů stanoviště (nedostatek vody, minerálních živin, vhodného substrátu, omezené záření, příliš nízké nebo

příliš vysoké teploty atd.). Stresem se rozumí všechny od normy se odchyloující situace, které organismus nadměrně zatěžují. Na tuto zátěž reagují organismy specificky. Pokud jsou rostliny vůči stresu rezistentní (tj. není překročena mez jejich možnosti adaptace na tyto vlivy prostředí), nemusí dojít k omezení jejich růstu a třeba k jejich úhynu. Stres a rezistence jsou proto navzájem svázány (Slavíková, 1986).

Kúdela a Veverka (2005) k abiotickým faktorům vnějšího prostředí, které jsou s to nepříznivě zatěžovat (stresovat) a narušit zdraví rostlin, řadí: nedostatek (deficience) živin nebo jejich nadbytek (excese) vyúsťující někdy až v toxicitu; toxicita některých prvků přítomných v půdě; dále pak extrém v teplotě (kolem bodu mrazu nebo příliš horko), v neúměrném množství vody (sucho, vlhko, záplava), v hodnotě pH (alkalita, acidita) a množství světla (projevující se při nedostatku etiolizací, při nadbytku sluneční spálou). Řadí k nim rovněž toxické vzdušné nebo půdní polutanty, ošetření toxickými chemickými látkami (spálení hnojivem, poškození herbicidem a jiným pesticidem), zhutnění půdy, kroupy, blesk, silný vítr, mechanické poranění atd.

Podle povahy abiotických stresorů a místa jejich působení na rostlinu se používá několik systémů členění.

A. Podle povahy stresorů:

- a) fyzikálně-chemické: teplo, voda, záření; ionty, soli, plyny, pesticidy;
- b) mechanické: síla, tlak.

B. Podle původu či místa výskytu stresorů:

- a) kosmické: sluneční záření (fotosynteticky aktivní či viditelné, ultrafialové, infračervené);
- b) atmosférické: kyslík, oxid uhličitý, znečištění (polutanty);
- c) hydrosférické: voda v ovzduší, závlahové vodě a půdě;
- d) pedosférické: soli, ionty, koncentrace vodíkových iontů.

C. Podle doby poškození rostlin a rostlinných produktů stresem:

- a) poškození během vegetace,
- b) poškození v průběhu sklizně,
- c) poškození po sklizni.

Podle Nilsena a Orcutta (1996) existují různé typy zátěžových faktorů (stresorů), které mohou ovlivnit fyziologické procesy rostlin. Obecně mohou být stresory rozděleny do třech skupin (tab. 1).

Tab. 1 Částečný seznam zdrojů působících rostlinám stres (Nilsen a Orcutt, 1996)

FYZIKÁLNÍ	CHEMICKÉ	BIOTICKÉ
sucho	znečištěné ovzduší	konkurence
teplo	těžké kovy	alelopatie
radiace	pesticidy	býložravci
záplavy	jedovaté látky	choroby
vítr	půdní pH	patogenní houby
magnetické pole	salinita	viry

Bláha a kol. (2003) zdůrazňují, že definování stresorů u rostlin nelze zobecňovat. Je nutné si uvědomit jednu důležitou skutečnost, neboť co je pro jeden rostlinný druh stresovým prostředím, může být pro jiný druh prostředím naprosto přirozeným. Jako srovnání lze použít například optimální prostředí pro rody rozchodník (*Sedum* L.) a sítina (*Juncus* L.). Vyschlá a vysluněná skalka je zcela vyhovující lokalitou pro rozchodníky, ale pro sítinu by toto prostředí znamenalo boj o život.

Výsledkem stresové reakce je určitá úroveň adaptační schopnosti. Přechodně se může zvýšit i úroveň odolnosti vůči abiotickým stresorům – tento jev se nazývá aklimace. Řada rostlinných druhů se dokáže vyhnout působení stresů (v anglické terminologii stress avoidance), většinou však se rostlina pokouší o nastolení tolerance vůči stresu (Bláha a kol., 2003).

3.3 Adaptace rostlin

Živé organismy jsou adaptabilní (přizpůsobivé). Jsou schopné se postupně měnit, aby při vystavení vlivu stresu snížily přetížení (zhroucení, vyčerpání) nebo mu zabránily. Odolnost (vzdornost) rostliny vůči specifickému stresu se může působením vnějších podmínek zvýšit nebo snížit. Tato adaptace může být buď stabilní, nebo nestabilní. Stabilní adaptace vzniká v průběhu fylogeneze organismu přizpůsobováním se prostředí. Nestabilní adaptace závisí na vývojové fázi rostliny a vnějších faktorech prostředí, jímž byla rostlina vystavena. Nestabilní adaptace vzniká evolucí. Organismus, který je schopný se přizpůsobovat různým kombinacím podmínek a činitelům životního prostředí, se označuje jako plastický. Adaptace chrání rostliny proti nepříznivým faktorům, přičemž z abiotických faktorů je důležitá zejména adaptace na extrémní teploty (mráz a horko) a sucho (Kůdela a Veverka, 2005).

Laštůvka a Krejčová (2000) za adaptace považují veškerá přizpůsobení, ke kterým u organismů došlo v průběhu evoluce. Adaptace mohou být morfologického a fyziologického charakteru a usnadňují nebo umožňují existenci organismu v příslušných podmínkách. Vyvinuly se jak u druhů jako celku, tak v omezeném rozsahu u jednotlivých populací téhož druhu. Morfologické adaptace se týkají morfologie celého těla nebo jeho části. Za fyziologické adaptace je možné považovat nejrůznější odchylky fyziologických procesů od „normálního“ stavu, většinou u druhů žijících v extrémních podmínkách.

Holubec a Štolcová (2002) podobně vysvětlují, že rostlina na stresové podmínky reaguje stresovými adaptacemi, morfologicky a fyziologicky. Z morfologických adaptací je to např. změnou růstu (zmenšením, zvětšením, pokřivením, změnou proporcí orgánů), z fyziologických např. změnou koncentrací tekutin, tvorbou barviv (zejména antokyanů), syntézou sacharidů, anti-freeze proteinů a podobně.

Rostliny reagují na stres specifickým způsobem. K vyjádření této specifčnosti se používají různé terminologické systémy. Ve všech případech jde o vyjádření skutečnosti, že některé druhy a odrůdy rostlin jsou v určité vývojové fázi působení určitého abiotického stresoru přizpůsobeny (adaptovány) a jiné nikoliv, některé jsou vůči němu citlivé (málo odolné), jiné jsou naopak odolné (Kůdela a Veverka, 2005).

Laštůvka a Krejčová (2000) dále uvádí, že kromě dědičných adaptací jsou známy i fenotypové, nedědičné odchylky, nazývané modifikace (ekomorfózy). Ty jsou bezprostřední reakcí organismu na stávající podmínky a v jiném prostředí se ztrácejí. Jde-li o pouhé přizpůsobení organismu při přechodu z jedné podmínek do druhých bez zjevných změn, jedná se o aklimatizaci. Vliv prostředí na vznik nejrůznějších vývojových změn nemá pouze ekologický význam, ale je jedním z rozhodujících faktorů v procesech speciace, tedy při vzniku nových druhů.

3.4 Stresové faktory městského prostředí působící na rostliny

Prostředí velkých měst se vyznačuje zcela specifickými poměry, které výrazně formují stav a druhové složení vegetace, která je schopna tyto podmínky akceptovat. O možnosti existence určitého taxonu v daných stanovištních poměrech rozhoduje především intenzita působení jednotlivých stresových faktorů a jejich vzájemná kombinace (Kolařík a kol., 2003).

3.4.1 Znečištění ovzduší

Na rostlinu nepůsobí z atmosférických jevů pouze sluneční záření, ale také obsah a koncentrace látek v ovzduší a ozón. Škodlivé látky se do ovzduší dostávají nejenom z přirozených zdrojů, jakou jsou např. přirozené požáry savan, lesů, vulkanická činnost sopek či samovolný únik plynů z rašelinišť apod., ale také průmyslovou činností člověka (Bláha a kol., 2003).

Jůva a kol. (1977) vysvětlují, že ke znečišťování ovzduší dochází téměř výhradně nad pevninou, a to především v hustě osídlených velkoměstských a průmyslových oblastech s mnoha zdroji škodlivých látek, tzv. emisí, vypouštěných do ovzduší. Rozptylem těchto látek se ovzduší znečišťuje, a to ve směru jednak vertikálním (asi do výšky 2 km), jednak horizontálním (lze je členit na globální, regionální a lokální).

Kůdela a Veverka (2005) člení emise podle skupenství na:

- emise tuhé, k nimž patří prach, popílek a saze. Z celkového množství kontaminantů v atmosféře tvoří asi 10 %;
- emise kapalná a plynná. Patří k nim především oxid siřičitý (SO_2) a jiné sloučeniny síry (sirovodík a sirouhlík), dále sloučeniny uhlíku (CO , CO_2), oxidy dusíky, amoniak, sloučeniny chlóru, fluorové sloučeniny (HF) aj. Druhotně se může vytvářet ozón aj. Plynné emise tvoří asi 90 % kontaminantů v atmosféře.

Ovzdušné kontaminanty (polutanty) jsou produkovány zdroji stacionárními (např. elektrárnami na spalování uhlí) a mobilními (automobily). Po proniknutí do atmosféry se u některých látek mění jejich fyzikální a chemické vlastnosti a proto se označují jako transmise. Vejdou-li ve styk s půdou, vodou nebo rostlinami, jejich vlastnosti se rovněž často mění a nazývají se imise.

Kolařík a kol. (2003) s těmito autory shodně uvádí, že znečištění atmosféry je specifickým problémem. Jedná se o faktor, který působí plošně po celé ČR. Kromě mechanických nečistot (prach, popílek apod.) se jedná hlavně o SO_2 vznikající spalováním fosilních paliv, NO_x pocházející především z výfukových plynů, O_3 vznikající fotochemicky v atmosféře působením výfukových plynů, dále NH_3 , uhlovodíky a fluorovodík. Působení tří posledně jmenovaných je spíše lokální.

Činností člověka se do atmosféry dostávají především oxidy síry, dusíku, dříve používané freony i ozón, který se však v atmosféře vyskytuje přirozeně, ale i činností člověka dochází k jeho výskytu v přízemních vrstvách atmosféry (Bláha a kol., 2003).

Příjem kontaminantů a jejich vliv na rostliny

Kolařík a kol. (2003) vysvětlují, že příjem těchto látek a jejich vliv na stavbu rostlin je v zásadě dvojitý:

- **přímý** – kdy dochází k přímému naleptávání povrchových pletiv, vzniku nekrot, snižování efektivity asimilace, přehřívání asimilačních orgánů, průniku toxických látek do tkání, vyplavování látek z listů, ucpávání listových průduchů apod.
- **nepřímý** – výraznými změnami půdní struktury, ovlivněním pH půdy, změnou osmotických vlastností půdního roztoku, uvolňováním jedovatých solí z půdy (ionty Al), poškozování mykorhizy apod.

Kúdela a Veverka (2005) potvrzují, že škodliviny mohou ovlivňovat organismy přímo (jak je tomu u škodlivin v ovzduší působících na nadzemní orgány) i nepřímo (přes půdní prostředí).

Kolařík a kol. (2003) dále uvádí, že imise v plynném stavu jsou rostlinami absorbovány prostřednictvím listů přes průduchy a omezeně přes epidermis, imise pevné kromě listových průduchů hlavně kořeny. Jejich působení je závislé nejen na citlivosti druhu a jedince, ale i na typu látky, koncentraci, době působení a vývojové fázi rostliny. Jejich působení zřetelně zesiluje:

- vysoká relativní vzdušná vlhkost,
- nepříznivé stanovištní podmínky,
- spolupůsobení dalších škodlivých činitelů,
- rostlina ve stádiu rašení nebo dynamického růstu.

Naopak rostlina ve stádiu fyziologického útlumu (noc, zima) je proti vlivu těchto látek odolnější. Podle koncentrace, typu látky a odolnosti rostliny dochází v zásadě ke dvěma typům poškození. Poškození akutní vzniká většinou na malém území v případě náhlého úniku emisí, nepříznivých klimatických podmínek (inverze) apod. Vyznačuje se:

- odumíráním pletiv listů hlavně na okrajích a špičce čepele,
- zbarvením asimilačních orgánů (hlavně mladých ročníků jehličí) (Kolařík a kol., 2003).

Jednotlivé fytotoxické vzdušné polutanty se mohou vyskytovat ve vysokých koncentracích po dostatečnou dobu, aby v určitou dobu a na určitém místě způsobily na citlivých rostlinách akutní příznaky, např. foliární (listové) příznaky poškození (Kúdela a Veverka, 2005).

Kolařík a kol. (2003) také objasňují, že chronické poškození je důsledkem dlouhodobého působení relativně nízkých koncentrací látky, kolísajících v průběhu roku. Působení je většinou velkoplošné. Projevuje se:

- nektrózami, projevujícími se až v konečném stádiu odumírání,
- růstovou depresí,
- předčasným opadem listů a starších ročníků jehlic,
- omezením kvetení a fruktifikace,
- redukcí celkové listové plochy.

Chronické poškození se může projevit redukcí růstu rostlin a redukcí biomasy bez foliárních příznaků poškození (Kúdela a Veverka, 2005).

3.4.2 Teplota vzduchu

Vlivem zpevněných povrchů (asfaltové vozovky, dlažba, zdi domů, střechy apod.) má souhrn aktivních ploch města odlišné tepelné vlastnosti oproti plochám vegetace. Umělé povrchy odrážejí jen malé množství slunečního záření a v důsledku toho se silně přehřívají. Asfalt například pohlcuje 75 až 90 % slunečního záření. Asfaltová vozovka či plechová střecha se tak mohou za slunného dne rozehrát na teploty kolem 65 °C, přičemž povrch listů dosahuje pouze teploty 25 až 30 °C (Kolařík a kol., 2003).

Suchara (2001) stejně tak tvrdí, že kamenná zástavba, tmavé vozovky a dlažba města na rozdíl od přirozeného více etážového vegetačního krytu má větší schopnost absorbovat sluneční záření a pomaleji vydávat nahromaděné teplo. Tím se městské mezoklima vyznačuje proti okolí trvale vyšší teplotou vzduchu.

Kolařík a kol. (2003) i Suchara (2001) shodně uvádí, že významné množství tepla se uvolňuje v urbanizovaných plochách také z průmyslových a domácích topenišť, motorů i obyvatel měst (animální teplo).

Kolařík a kol.(2003) dále zdůrazňují, že se tento materiál navíc vyznačuje i vyšší tepelnou vodivostí (asi 20krát vyšší) a tepelnou kapacitou. Z toho důvodu tyto povrchy během noci i mnohem pomaleji chladnou.

Výsledkem těchto jevů spolu se sníženým větrným prouděním ve městě (snížení možnosti odvodu tepla) je vznik tzv. tepelného ostrova nad velkými městskými aglomeracemi. Tento tepelný ostrov sahá do výšky několika set metrů nad město

a horizontálně je poměrně rozsáhlý. Tepelný ostrov přitom ovlivňuje i ostatní meteorologické parametry klimatu měst (množství srážek, větrné proudění atd.) (Kolařík a kol., 2003).

Rozdíl v průměrné teplotě mezi městem a jeho bezprostředním okolím činí 0,5 až 2,5 °C, přičemž skutečné rozdíly v teplotách vzduchu mezi hustě zastavěnými částmi města a volnou krajinou se zelení jsou mnohonásobně větší než dlouholeté průměry (Kavka a Šindelářová, 1978).

3.4.3 Relativní vzdušná vlhkost

Během slunečného letního se ve městě pohybuje relativní vzdušná vlhkost mezi 20 až 30 %. To je hodnota dosti nízká a její zvyšování např. kropením silnic má jen velmi krátkodobou působnost (Kolařík a kol., 2003).

Městský vzduch je obecně o 20 až 30 % sušší než vzduch venkovský (Kavka a Šindelářová, 1978).

Kolařík a kol. (2003) dále uvádí, že při transpiraci listů dochází k úniku vodních par do ovzduší. Čím nižší je relativní vzdušná vlhkost prostředí, tím vyšší ztráty vody v listech nastávají. Možnost výparu je podmíněna přísunem vody z kořenové sféry.

Mezi zásadní příčiny dalšího prohlubování negativního vlivu nízké vzdušné vlhkosti patří:

- redukovaný kořenový systém v důsledku zhutnění půdy a překrytí půdního povrchu nepropustnými hmotami (asfalt atd.),
- nedostatečný průsak srážkové vody (vsakuje se asi jen 5 % objemu srážek, zbytek uniká do kanalizace) v důsledku zhutněného a překrytého půdního povrchu,
- silně zvýšené ztráty vody při transpiraci, způsobené pohybem vzduchu projíždějícími automobily (tzv. kaňonový efekt).

3.4.4 Zhutnění půdy spojené s nedostatkem kyslíku

Podle Suchary (2001) je obecně známo, že urbanizací dochází k odstranění nebo narušení původních půdních pokryvů nebo k jejich překrytí či smíšení s nepůvodními půdotvornými substráty. Aktuální městské půdy jsou značně prostorově proměnlivé ve fyzikálně-chemických vlastnostech.

Příjem a utilizace živin z půdního prostředí je u rostlin aerobním procesem, to znamená, že rostliny musí mít možnost přístupu ke kyslíku. Vzduch je běžně obsažen

v celém půdním profilu, a rostliny mohou kyslík přijímat kořeny. Pórovitost půdy bývá obvykle 40 až 60 % půdního objemu a o tyto prostory se dělí vzduch a voda v různém poměru. Obsah kyslíku v půdním vzduchu klesá se vzrůstající hloubkou půdy. Naopak s hloubkou stoupá koncentrace CO₂ produkovaného dýcháním (respirací) půdních mikroorganismů (Holubec a Štolcová, 2002).

Městské půdy obecně charakterizuje malý obsah humusu, vysoký podíl větších částic (hrubý písek, štěrk, stavební odpad), utužení nebo zakrytí půdního povrchu, alkalická reakce, malá schopnost zadržovat vodu a živiny, obvykle zvýšený obsah vápníku, hořčíku a fosforu, znečištění toxickými kovy a cizorodými organickými sloučeninami. Uliční půdy bývají navíc zasolené posypovými solemi, obsahují velké množství olova a kadmia, bývají exponovány únikům zemního plynu atd. (Suchara, 2001).

Kúdela a kol. (2009) uvádí, že půda je tvořena zvětralinami geologického substrátu, vody, vzduchu, živých a mrtvých organismů a jejich rozkladných produktů. Jednotlivé složky jsou v ní zastoupeny v různém poměru. Podle oficiálních údajů Ministerstva zemědělství je v České republice nadměrným zhutněním v ornici a podornici v různém stupni postiženo okolo 45 % zemědělského půdního fondu. Zhutnění půdy je výsledkem procesu stlačování půdních složek do menšího objemu (objemová hmotnost se zvyšuje). Je provázeno narušením půdních agregátů vytvářených smísením půdních částic a tím i změnami pórovitosti (snižuje se zejména objem nekapilárních pórů). Přísun vody, živin a vzduchu ke kořenům rostlin je omezen. Snižuje se propustnost půdy pro vodu v rámci půdního horizontu (srážková voda se do půdy špatně vsakuje). Omezuje se výměna plynů v půdě. Nepříznivě bývá ovlivněn rozvoj, a tím i aktivita edafonu, organismů žijících v půdě, které se podílejí na koloběhu uhlíku a minerálních prvků, což se při nadměrném zhutnění půdy může odrazit v nižší efektivnosti hnojení. Nicméně, zhutnění samo o sobě nevyústí v nevratnou degradaci půdy.

Bláha a kol. (2003) vysvětlují, že nedostatek kyslíku (anoxie), vzniká zavodněním nebo utužením půdy (zejména u jílovitých půd až těžkých půd), způsobuje zpomalení růstu kořenové soustavy a omezení celé řady rostlinných funkcí. Utužená půda a s ní související nedostatek kyslíku jsou častými stresory městské zeleně. Následkem nedostatku kyslíku v utužené půdě, nezřídka ještě kryté dlažbou nebo asfaltem, je špatný zdravotní stav a hynutí stromů v městských ulicích. Stejný účinek může mít i stavební materiál umístěný v těsné blízkosti stromu nebo únik plynu z potrubí do kořenových systémů městské zeleně.

Zvyšující se koncentrace etylénu v buňkách kořenů má za následek spuštění celé řady reakcí, mezi něž patří i tvorba enzymů. Enzymy rozkládají pektinové lamely a vytváří mezibuněčné prostory, přivádějící kyslík z nadzemních částí rostliny (Bláha a kol., 2003).

K vnějším příznakům poškození rostlin zhutnělou půdou patří: zakrnělost, vadnutí a nižší vitalita rostlin; deformity kořene nebo bulvy v podobě mrcasatosti, vidlovitosti nebo jiného neobvyklého tvaru (Kůdela a kol., 2009).

3.4.5 Nedostatek vody

Voda je základní složkou půdy. Jejím působením na rozpustné látky vzniká půdní roztok, z něhož rostlina čerpá živiny. Voda se v půdě vyskytuje v různém množství i v různých formách (Kůdela a Veverka, 2005).

Pojem sucho označuje období chudé srážkami, během něhož se obsah vody v půdě sníží natolik, že rostliny trpí jejím nedostatkem (Larcher, 1988).

Bláha a kol. (2003) tvrdí, že nedostatek vody neboli vodní stres, je nejvíce limitující stresor pro rostliny, který snižuje aktivitu všech enzymů v rostlině a zpomaluje růst rostliny. Příčinou nedostatku vody dostupné pro rostliny jsou nejčastěji klimatické poměry a průběh počasí. Vlastní příjem vody rostlinou je závislý také na obsahu živin a solí v půdě, ale i na půdní reakci. Vodní stres je často ovlivněn i zasolením. Při působení vodního stresu se snižuje především růst a fotosyntéza. Růst začíná zvětšováním objemu buňky sorpcí vody do vakuol a zvětšováním plochy povrchu buněčné stěny. Nedostatkem vody je dlouhivý růst buněk inhibován. Nedostatek vody u vyšších rostlin ovlivňuje průduchy, jejichž uzavíráním zpomaluje výměnu CO₂ a tím dochází k omezení fotosyntézy.

Podle Kůdely a Veverky (2005) se často stává, že rostlina je postižena stresem z nedostatku vody. Nedokáže přijmout tolik vody, kolik jí transpirací ztratila. Vzniká vodní deficit, turgor v buňkách klesá, rostliny zpomalují nebo zastavují svůj růst, jsou zakrnělé, bledě zelené až světle žluté, mají málo menších a předčasně opadávajících listů, kvetou a plodí spoře. Pokračuje-li sucho po delší dobu, rostliny vadnou a odumírají.

3.4.6 Skladba půd a půdní pH

Většina půd ve městech má antropogenní původ. Nevznikla tedy přirozenou genezí, ale jedná se z velké části o navážky, zbytky starých zbořených domů apod. Negativně působí i absence přirozeně se rozkládající humusové vrstvy. Nedostatek živin v půdě je navíc umocněn nedostatkem vody způsobujícím poruchy v jejich transportu. Typické symptomy

nedostatku minerálních živin ovšem bývají často překryty symptomy dalších stresových faktorů. Tento typ půdy se vyznačuje nedostatkem minerálních živin a zvýšenou (alkalickou) reakcí pH. Ta je způsobena používáním stavebních materiálů s vysokým obsahem Ca (stavební suť apod.) a dále dodávkou vápníku sedimentací prachu (pocházející mj. z obrušování omítky budov). Vliv na zvyšování reakce pH má i používání kuchyňské soli (NaCl) pro rozpouštění sněhu v rámci zimní údržby komunikací (Kolařík a kol., 2003).

Podle Kúdely a kol. (2009) se pro většinu produkčních systémů za nejvhodnější považují půdy s pH mezi 6 a 7,5. Na pH půdy závisí dostupnost živin pro rostlinu z půdního roztoku. Při neutrální a alkalické reakci jsou pro rostlinu nejlépe dostupné tyto prvky: N, P, K, S, Ca a Mg. Naproti tomu při kyselé reakci půdy jsou pro rostliny dostupné zejména Fe, Mn, B, Cu, Zn a Al. Jediným z mikroprvků, který je pro rostlinu dostupnější se stoupajícím pH půdy, je Mo. Aby se zabránilo projevům toxicity hliníku a manganu při vysoké kyselosti půdy, je nezbytné takové půdy vápnit.

Při pH nižším než 3 a vyšším než 9 je u většiny rostlin poškozena cytoplazma kořenových buněk. Větší acidita, tj. pH nižší než 3, bývá v přirozených podmínkách vzácná. Nejnižší pH je na rašelinných substrátech a na podzolech. Nejvyšší hodnoty pH jsou na slaných a sodných půdách (až pH 12) (Kúdela a kol., 2009).

Poškození související s kyselou půdou

Kúdela a kol. (2009) uvádí, že anabiózy rostlin následkem změn pH půdy souvisí většinou se změnami dostupnosti živin (makro i mikroprvků) a toxicitou prvků. Mění se i mikrobiální složení půdy. V kyselých půdách se nedaří nitrifikačním a hlízkovým bakteriím (mimo rozpětí pH 6 až 7 přestávají být hlízkové bakterie účinné), snižuje se dostupnost N, S, P, K, Ca, Mg, Mo a B; naopak stoupá koncentrace rozpustných těžkých kovů Fe, Mn, Zn, Cu a Co až nad hranici jejich toxického působení. S poklesem pH pod 5 výrazně stoupá rozpustná forma Al, která je silně toxická pro většinu rostlin. Vznikají fosforečnan hlinitý, $\text{Al}(\text{PO}_4)$, váže z prostředí fosfor.

Podle Bláhy a kol. (2003) půdy s nízkým pH faktorem způsobují redukcii kořenové hmoty, příjmu živin a vody a omezují jejich distribuci do jednotlivých částí rostlin. Kořeny mají v případě nízkého pH v porovnání s rostlinami standardních podmínek změněnou morfologickou strukturu. V tomto případě dochází k omezování délky kořenového systému a tvorby kořenového vlášení. Zmenšení kořenového systému u citlivějších rostlin má za následek snížení suchovzdornosti rostlin v době vegetace. Rostliny při poklesu

pH omezují své základní metabolické procesy. Při nepříznivé půdní reakci se uzavírají průduchy a tím se zákonitě sníží i rychlost fotosyntézy a transpirace. V důsledku omezení fotosyntézy dochází k omezení růstu nadzemní biomasy a tvorby výnosu.

Poškození související se zásaditou půdou

Zásaditá (alkalická) je půda s reakcí nad pH 7,2, tj. půda s převahou hydroxylových iontů nad ionty vodíkovými. K poškození rostlin vysokým pH půdy (alkalické poškození) dochází při nadměrném množství solí sodíku, zejména chloridu sodného, síranu sodného a uhličitanu sodného. Toto poškození se v různých rostlinách liší a může zahrnovat příznaky od chlorózy až po zakrnělost, popáleninu listů, vadnutí a úplné odumření semenáčků a mladých rostlin. V alkalických půdách je nízká dostupnost Fe, Mn, Zn, Cu, Co a rovněž i P a B; projevují se symptomy deficience těchto prvků. Při nízké hodnotě pH se nejen mění rozpustnost živin, ale především jejich příjem kořeny (Kůdela a kol., 2009).

3.4.7 Kontaminace půdy

Ke znečištění (kontaminaci) půdy může dojít v důsledku více vlivů. Nejdůležitějším je z hlediska koncentrace používané látky zimní údržba komunikací (zasolení). Lokálně se ovšem mohou velmi výrazně projevit i další vlivy, jako jsou psí výkaly, úniky plynů z potrubí v půdě či pohonných hmot a olejů z parkujících automobilů, přítomnost těžkých kovů (Cu, Cd, Cr, Pb, Ni, Zn atd.), herbicidů a dalších chemických látek (Kolařík a kol., 2003).

Zasolení půdy

Koyro et al. (2008) uvádí, že přibližně 7 % veškeré zemské půdy je zasaženo solí, stejné je i procento zasažené orné půdy. Když jsou půdy v aridních oblastech zavlažovány, rozpuštěné látky ze zavlažování se mohou nahromadit a posléze dosáhnout stupně, který má nepříznivý účinek na růst rostlin.

Podobně jako při vodním stresu je termín stres ze solí určený jak pro nedostatek tak i nadbytek solí. Převážně se pod tímto termínem rozumí nadbytek označovaný též jako stres ze zasolení. Při tomto stresu jde o vliv zvýšených koncentrací solí, nejčastěji NaCl, méně Na₂SO₄, KNO₃, KCl a NH₄NO₃, které výrazně zvyšují osmotický potenciál aplikovaného roztoku (Levitt, 1980).

Kůdela a kol. (2009) se domnívají, že soli působí na rostliny škodlivě jednak zvýšenou osmotickou vazbou vody, jednak specifickým působením iontů soli na cytoplazmu rostlinné buňky. Vyšší koncentrace solí mohou působit na rostliny i toxicky. Nepříznivé vlivy pH půdy

na rostliny se objevují podél vozovek, které jsou v zimním období posypávány proti námraze solí (chloridem sodným – NaCl).

K zasolení půd činností člověka dochází většinou při nevhodně používaných závlahách nebo lokálně při přehnojení, zasolení ulic apod. (Bláha a kol., 2003).

Zasolení půdy je specifický faktor městských aglomerací a stromořadí kolem silnic. NaCl (chlorid sodný – kuchyňská sůl) se do kontaktu s vegetací dostává jako posypový prostředek při zimní údržbě komunikací.

V půdě NaCl způsobuje:

- zvýšení hladiny pH,
- vyplavování Ca^{2+} , K^+ nebo Mg^{2+} ,
- rozpad půdní struktury,
- zvýšení osmotické hodnoty půdního roztoku.

Změny jsou omezeny obvykle do vzdálenosti dvou až deseti metrů od vozovky (Kolařík a kol., 2003).

Pro představu Matucha (2008) uvádí, že v České republice se na dálnici použije za průměrnou zimní sezónu 1 kg soli kuchyňské (NaCl)/m².

Zasolování půd lemujících komunikace je spojeno s velmi nepříznivou bilancí živin v půdním roztoku. V půdách, které nejsou kontaminovány solemi, je běžný vyšší podíl draslíku než sodíku, a to proto, že sorpce sodíku na půdní koloidy je slabá a sodík je z půdy lehce vymývatelný. V zasolených půdách je poměr sodíku k draslíku obrácený. Kumulují se v nich vysoké koncentrace sodíku a chloridových iontů při velmi nízké koncentraci draslíku. V zasolovaných půdách je rovněž extrémně nízká koncentrace fosforu a vápníku. Předpokládá se, že vápník je vytěšňován ze sorpčního komplexu sodíkem. Půda je tak nadměrným množstvím sodné soli postupně odvápněována a její struktura se mění, stává se kompaktnější, méně vhodnou pro rozvoj půdních organismů. Vápník je vyplavován do spodních vrstev půdy a sorpční komplex (rozpuštěné anionty a kationty vázané na půdní koloidy) je jednostranně přesycen sodnými ionty. Narůstající koncentrace solí v půdě je spojena se zvyšující se hodnotou pH (Kůdela a kol., 2009).

Působení zvýšené koncentrace solí na rostliny

Soli působí na rostliny jednak tím, že jejich roztok osmoticky váže vodu, jednak jejich ionty specificky působí na protoplazmu.

Osmotické účinky solí: Solné roztoky zadržují vodu, která se při vzrůstu koncentrace roztoku stává stále méně přístupnou rostlinám. Roztok obsahující 0,5 % NaCl má osmotický potenciál – 0,42 MPa, 1 % roztok má – 0,83 MPa a 3 % roztok (koncentrace mořské vody) má – 2 MPa. Rostliny mohou získávat vodu ze substrátu obsahující soli jen tehdy, vytvoří-li se v nich osmotický potenciál nižší, než je potenciál solného roztoku. Halofyty tohoto dosahují hromaděním solí v buněčné šťávě.

Specifické iontové účinky a stres vyvolaný solemi: Nadbytek Na^+ a ještě více nadbytek Cl^- zřetelně vedou k bubření protoplazmy; mimo to působí na enzymatickou aktivitu, takže v bazálním i stavebním metabolismu nastávají jak kvalitativní, tak kvantitativní změny. Důsledky změn jsou nedostatečná tvorba energie při fotofosforylaci a respiračních fosforylacích, poruchy asimilace dusíku, změněné zastoupení aminokyselin (vzrůst podílu prolinu) a abnormální jevy v metabolismu bílkovin, které vedou ke tvorbě toxických přechodných a konečných produktů. Při vysokém obsahu NaCl v půdě je omezen příjem minerálních živin (zejména K^+ a Ca^{2+}); klesá produkce sušiny a rychlost růstu, zejména postižen je růst kořenů (Larcher, 1988).

Rubin (1966) uvádí, že škodlivé působení vysoké koncentrace solí v půdě je vyvoláno zvýšením osmotické hodnoty půdního roztoku. S tím souvisí ztížený příjem vody z půdy rostlinou, způsobený právě tímto nadbytkem solí (osmotický vliv zasolení půd). Současně je třeba počítat s bezprostředním toxickým vlivem nadbytečného množství iontů Na^+ i jiných (např. Mg^{2+} a Al^{3+}) na protoplazmu. Toxicita těchto iontů spočívá v tom, že mění fyzikálně chemické vlastnosti biokoloidů.

Stres vyvolaný zasolením se projevuje již na buněčné úrovni, kdy dochází k bubření protoplazmy a k zastavení dělivého i dlouhivého růstu (Bláha a kol., 2003).

Podle Kúdely a kol. (2009) je první reakcí redukce rychlosti růstu listů spojená s redukcí listové plochy použitelné pro fotosyntézu. Nadbytečné hromaděním solí může vést následně k odumření pletiv, orgánů a celých rostlin. Kromě toho zasolování může u rostoucích pletiv kořenů, stonků a listů brzdit jak dělení buněk, tak i jejich zvětšování. Nejčastěji se vyskytujícím stresorem zasolení je NaCl. Existuje jasný rozdíl mezi škodlivými účinky způsobovanými na listech kationtem Na^+ a aniontem Cl^- .

Vlivem solí v půdě jsou kořeny méně vyvinuté, dochází k jejich poškozování za vzniku nekrotických částí, které vedou až k uhynutí dané části kořene. Vedle kořenového systému jsou narušeny i nadzemní orgány rostliny. U většiny rostlin se hromadí soli v listech a jsou

vylučovány sekrecí na povrch těla. Listy žloutnou a usychají již během vegetačního období a nakonec hynou i celé velké části prýtů (Bláha a kol., 2003).

Odolnost rostlin k solím

Podle Larchera (1988) je odolnost k zasolení schopnost rostliny přestát přítomnost nadbytku solí (zejména Na^+ , Cl^- a SO_4^{2-}), aniž by byly vážně narušeny její životní funkce. Odolnost k solím je v zásadě vlastnost protoplazmy, umožňující jí snášet lépe či hůře, podle typu pletiva a vitality buněk, změněné iontové poměry a osmotické účinky zvýšené koncentrace iontů, vyvolávající stres při nadbytku solí. Odolné protoplasty mohou přežít koncentrace 4 až 8 % NaCl, kdežto protoplasty citlivé k solím odumírají v roztocích s koncentrací NaCl 1 až 1,5 %.

Na slaných půdách se mohou úspěšně vyvíjet jen určité druhy rostlin, u nichž se během evoluce vytvořily a upevnily odpovídající vlastnosti. Rostliny, které se těmto podmínkám přizpůsobily, nazýváme halofyty. Jednou ze zvláštností této skupiny rostlin je schopnost získávat vodu z půdního roztoku o vysoké osmotické hodnotě. Je zřejmé, že tato schopnost může být založena jen na vysoké osmotické hodnotě tkání halofytů, která dosahuje mnoha desítek a často i stovek atmosfér (Rubin, 1966).

Larcher (1988) dále píše, že halofyty musí být schopny přijímat a hromadit v sobě soli, aby mohly odnímat půdě osmoticky vázanou vodu; ale kdyby se v nich soli hromadily postupně během celého života, způsobily by nevyhnutelně pokles produkční schopnosti rostlin a nakonec by měly toxické účinky. Ani značná odolnost rostlině nepomůže, je-li stres dlouhodobý a stále sílí. Za takových okolností mají životní důležitost ochranné a vyrovnávací mechanismy, které chrání protoplazmu před účinky stresového faktoru, anebo je alespoň oslabují či oddalují. Halofyty mohou upravovat svoje hospodaření s vodou různými způsoby.

Filtrace solí: Některé mangrovové stromy, např. kořenovník (*Rhizophora* L.), výrazně snižuje salinitu vody ve svých vodových drahách ultrafiltrací přes plazmalemu v buňkách parenchymu.

Přerušení transportu solí: U druhu *Prosopis farcta* (Banks & Soland.) J. F. Macbr. z čeledi *Mimosaceae* R. Brown je zabráněno transportu solí do listů. Solné ionty, zejména Na^+ , jsou přijímány kořeny, ale zůstávají v nich nebo ve kmeni. Podobný regulační princip najdeme u různých kulturních plodin, zejména u luštěnin (z čeledi *Fabaceae* Lindl.).

Vylučování solí: Rostlina se může zbavovat nadbytečných solí různými způsoby: exsudací a rekreací na povrchu prýtu anebo opadem rostlinných částí s velkým obsahem solí. Rekreční žlázy aktivně vylučují soli, jejichž hromadění v listech se tak udržuje v jistých mezích. Takové žlázy se vyskytují u různých mangrovových rostlin, např. u kolíkovníku (*Avicennia* L.), u druhů rodu *Tamarix* L., u sivěnky přímořské (*Glaux maritima* L.), u různých příslušníků čeledi *Plumbaginaceae* Juss. a u slanobytných trav jako jsou *Spartina* Schreb. nebo *Distichlis* Raf. Měchýčkovité chloupky u některých lebed (*Atriplex* L.), rostoucích v aridních oblastech, a u rostlin rodu *Halimione* Aellen střádají chloridy v buněčné šťávě, pak odumírají a jsou nahrazeny novými chloupky. Odsolení se též dosáhne shozem starších listů, v nichž se nahromadilo dosti solí. Mezitím dorostou mladé listy, výkonnější a schopné hromadit v sobě více solí. Toto chování je typické pro slanobytné rostliny s různými přízemními listy, jako jsou *Plantago maritima* L., *Triglochin maritimum* L. a *Aster tripolium* L.

Sukulentní znaky u slanobytných rostlin: Nejvýznamnějším faktorem při působení solí není jejich absolutní množství, ale koncentrace; proto mohou buňky vyrovnávat postupné hromadění solí v průběhu vegetačního období, jestliže stále přijímají vodu, přitom ovšem značně zvětšují svůj objem. Koncentrace solí v buněčné šťávě pak zůstává celkem stálá. Chloridové buňky zodpovídají za vývoj tohoto typu sukulentnosti. Sukulentní znaky jsou mezi halofyty dosti rozšířeny; jsou známy jak u rostlin z mokrého slaného prostředí (*Salicornia* L. a další přímořské rostliny z čeledi *Chenopodiaceae* Vent. a z mangrovových rostlin *Laguncularia* C. F. Gaertn.), tak u xerohalofytů ze suchých oblastí. V tomto případě mají rostliny též sukulentní znaky, jež jsou typické pro sukulenty přizpůsobené suchu (Larcher, 1988).

Rubin (1966) uvádí několik příkladů, jak se halofyty vypořádávají s nadbytkem solí. Některé halofyty hromadí přijaté minerální sole v buněčné šťávě, takže jejich koncentrace zde dosahuje značné výš. Je tedy pro tuto skupinu halofytních rostlin charakteristická odolnost protoplazmy buněk k zasolení. U některých halofytních rostlin se soli přijaté kořeny nehromadí uvnitř buněk, nýbrž jsou vylučovány zvláštními póry, umístěnými v tkáních stonku a listů. U jiné skupiny halofytů je vysoká savá síla vyvolána hromaděním většího množství osmoticky aktivních látek v buněčné šťávě (organické kyseliny, cukry atd.).

Opatření vhodná pro snížení následků posypových solí

Pro snížení následků posypové soli na rostliny je možno uvažovat o těchto opatřeních:

- snížení dávky soli,
- náhrada NaCl méně škodlivými tavícími látkami,
- zabránění přímému zasolení stanoviště (mechanické zábrany, zvýšení stanoviště nad úroveň terénu),
- vhodné přihnojování (potřeba Ca a okyselení pH – např. CaSO₄),
- předjarní prolévání půdy – vyplavení soli. Minimální dávka 100 l/m² (Kolařík a kol., 2003).

Přirozeně slané půdy

Zasolení půd je v přirozených podmínkách poměrně málo se vyskytující stresor. Slané půdy vznikají v důsledku klimatických nebo půdních podmínek a vyskytují se nejen v blízkosti moře, ale i ve vnitrozemských oblastech, kde potenciální výpar vody převažuje nad srážkami. Jedná se především o pouště a polopouště na většině kontinentů. V podmínkách České republiky se můžeme s půdami přirozeně slanými také setkat, nejčastěji v oblastech, kde se nacházejí minerální prameny. V západních Čechách v Podkrušnohoří byla slaniska vázána právě na slané prameny. Dnes již tato slaniska většinou zanikla. Ve vysušném prostředí, kde výpar vody z půdy převyšuje nad srážkami, dochází ke vzlínání roztoků solí a vysrážení výkvětů solí na povrchu půdy. V České republice je to místy na jižní Moravě (Bláha a kol., 2003).

3.5 Extenzivní trvalkové výsadby pro městské prostředí

Mezi nejčastějšími problémy v souvislosti s bylinnými výsadbami se uvádějí zejména nedostatek finančních prostředků (na údržbu), nízká profesní vzdělanost personálu, snaha o ekologický provoz, nedostatek aktuálních informací z oboru a mnoho dalších. Svou roli také hrají některé faktory, jako například mediálně aktuální téma globálních změn klimatu a s nimi souvisejícími problémy – například hodnota vody bude v dalších letech dramaticky vzrůstat a potřeba zavlažování květinových záhonů a trávníků bude velmi nákladným luxusem. Snaha o nalezení cesty řešící tyto požadavky vedla skupinu odborníků z odborných škol, univerzit, vědeckých pracovišť a produkčních firem k vytvoření několika modelů trvalkových výsadeb řešících předchozí problematiku a požadavky (Baroš, 2007b).

Hlůžová (2008) píše, že smíšená trvalková společenstva s extenzivní údržbou se v dnešní době dostávají do popředí zájmu zejména ve veřejných prostorech. Hlavním argumentem pro jejich častější použití je především nízká náročnost na údržbu, vysoká estetická a ekologická hodnota a možnost uplatnění trvalek v místech, kde neměly běžně používané vegetační prvky šanci na přežití.

Baroš (2007b) uvádí, že v roce 1999 byly na několika plochách založeny výsadby Silbersommer (Stříbrné léto). Jedná se o výsadby trvalek v kombinaci s cibulovinami, jež jsou určeny do extrémních podmínek města, a to zejména na stanoviště extrémně suchá, slunná, exponovaná a s půdou chudou na živiny. Snaha byla vytvořit společenství rostlin, které bude atraktivní po celý rok květem, barvou a texturou a přitom bude nenáročné na výsadbu a péči. Jednotlivé plochy byly sledovány a vyhodnocovány, až byl po několika letech vytvořen doporučený seznam rostlin a jejich vzájemných kombinací a jednoduchá metodika pro navrhování a údržbu těchto záhonů. Na tento projekt navazuje v současnosti mnoho dílčích osobitých výsadeb, jako například Perennemix, Sommernachtstraum, Indianer Sommer a mnoho dalších.



Obr. 2 Ukázková plocha výsadby Silbersommer v Dendrologické zahradě Výzkumného ústavu Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví v Průhoncích (Baroš, 2008)

Pokud se podaří zhlédnout extenzivní trvalkové výsadby, většině nezaujaté veřejnosti se zdá, že je to nesourodá směs rostlin, které jsou navíc v ploše náhodně rozmístěny. Pravdou je, že pokud se rostlinám ponechá více volnosti pro růst a vývoj, netvoří se žádné pečlivě vymezené skupiny, rostliny nemají „požadovaný polokruhovitý habitus“. Naopak

se navzájem prolínají, prorůstají do sebe a doplňují se. Extenzivní trvalkové záhony jsou prvky, kde je výhodou určitá „divokost“ výsadeb, a tato vlastnost je vítána zejména v konkurenčním boji s nežádoucími rostlinami – plevele (Baroš, 2007a).

3.5.1 Volba kombinace rostlin

Baroš (2007a) vysvětluje, že jednotlivé rostliny se v záhonu často „přesunují“ a vytvářejí dynamickou soustavu. V tomto systému rostlin je potom každé volné místo využito okolními rostlinami, aniž by celková kompozice utrpěla na své působivosti. A právě v tomto ohledu je náročnost na sestavování kombinací rostlin velmi vysoká. Samozřejmostí je velice dobrá znalost rostlin. Nicméně jejich kombinace jsou velmi často nepředvídatelné a zejména různé růstové strategie a vzájemná konkurenční síla se ukáží až za několik let po výsadbě. Rostliny se totiž mnohdy chovají rozdílně v klasickém záhonu, kde jsou okopávány a udržovány, proti extenzivním výsadbám, kde jsou nuceny čelit konkurenci sousedních rostlin. Z toho vyplývá, že správně zvolené kombinace rostlin pro podmínky konkrétního stanoviště patří mezi klíčové faktory úspěchu celé pozdější výsadby.

3.5.2 Pět funkčních skupin rostlin pro extenzivní výsadby

Baroš (2007a) tvrdí, že extenzivní trvalkové výsadby mohou částečně simulovat přirozená společenstva, ve kterých se dané rostliny přirozeně vyskytují. To se týká zejména růstové (konkurenční) strategie rostlin a jejich sociability. Nutnost správně rozpoznat a využít tyto vlastnosti si uvědomili i odborníci v Německu a podle jejich kombinací vytvořili model pěti funkčních skupin rostlin, které se využívají v extenzivních výsadbách.

- **Solitéry**

Vyšší rostliny (kolem 50 až 120 cm), které jsou dominantní v ploše. Jsou to dlouhověké rostliny a svou texturou a strukturou působí zajímavě po většinu roku. Sázejí se jednotlivě a měly by tvořit maximálně 7 až 10 % z celkového počtu rostlin.

Vhodné taxony: *Achillea filipendulina* ‘Coronation Gold’, *Panicum virgatum* ‘Prairie Sky’, *Echinacea purpurea* ‘Magnus’, *Calamagrostis* × *acutiflora* ‘Carl Foerster’, *Stipa pulcherrima* K. Koch, *Perovskia abrotanoides* Karel. a další.

- **Skupinové rostliny**

Rostliny jsou výrazně nižší než solitérní (minimálně však 30 cm) a vytvářejí menší či větší skupiny. Tyto středně až dlouhověké rostliny by měly tvořit maximálně 30 až 35 % z celkového počtu rostlin.

Vhodné taxony: *Veronica austriaca* ssp. *teucrium* 'Knallblau', *Euphorbia polychroma* A.Kem., *Pseudolysimachion spicatum* (L.) Opiz, *Aster amellus* 'Sternkugel', *Sedum telephium* 'Herbstfreude', *Anaphalis triplinervis* 'Silberregen', *Salvia nemorosa* 'Ostfriesland', *Koeleria glauca* (Schrad.) DC., *Origanum vulgare* 'Compactum' a další.

- **Pokryvné rostliny**

Jsou to rostliny vytvářející nízký zapojený koberec, který může sjednocovat výsadbu. Jejich podíl ve výsadbě by se měl pohybovat do 45 až 50 %.

Vhodné taxony: *Thymus pulegioides* L., *Geranium renardii* Trautv., *Geranium dalmatice* (Beck) Rech., *Calamintha nepeta* ssp. *nepeta*, *Stachys byzantina* 'Silver Carpet', *Nepeta nervosa* L., *Gypsophila repens* 'Rosa Schönheit' a další.

- **Výplňové (vtroušené) rostliny**

Jsou to krátkověké trvalky a dvouletky, případně letničky (schopné se přesévat). Jsou vhodné jako dočasná výplň do prázdných míst. Jde o konkurenčně slabé rostliny, které jsou později vytlačeny dlouhověkými kosterními trvalkami. Mohou se přesévat na vhodná místa a jejich zastoupení ve výsadbě by mělo činit maximálně 5 až 10 % z celkového počtu rostlin.

Vhodné taxony: *Verbascum* sp., *Aquilegia vulgaris* L., *Linum perenne* L. a další.

- **Cibulnaté a hlíznaté rostliny**

Slouží hlavně pro prodloužení jarního efektu kvetení. Pro extenzivní výsadby jsou vhodné zejména botanické druhy a jejich kultivary. Mezi doporučené taxony patří například *Tulipa praestans* 'Füsillier', *Tulipa linifolia* Regel, *Tulipa tarda* Stapf, *Tulipa batalanii* 'Bright Gem', *Crocus tommasinianus* Herbert, *Allium sphaerocephalon* L., *Allium flavum* L., *Muscari armeniacum* 'Christmas Pearl' a další.

Tyto funkční skupiny rostlin jsou vzájemně kombinovatelné v doporučených poměrech. Kombinace by se měly vytvářet se zastoupením 7 až 10 % soliterních, 30 až 35 % skupinových, 45 až 50 % pokryvných a 5 až 10 % vtroušených rostlin. Tento poměr se vypočítá z celkového počtu rostlin ve výsadbě (cibuloviny se počítají zvlášť). Cibulnaté a hlíznaté rostliny se mohou podle velikosti sázet do skupin (hnízd) po pěti až dvaceti kusech. Tyto vzájemné poměry byly vyzkoušeny na mnoha místech v Německu, Švýcarsku a později také na několika plochách v České republice. Zkušenosti ukázaly zejména nutnost minimálně

50% zastoupení pokryvných rostlin a také nezbytnost náhrady některých taxonů za jiné (Baroš, 2007a).

3.5.3 Založení extenzivní trvalkové výsadby

Extenzivní údržba trvalkových výsadeb vyžaduje důkladnou přípravu stanoviště a výběr spolehlivých druhů rostlin. Právě proto byly některé druhy a jejich kombinace dlouhodobě sledovány jak v „laboratorních“ podmínkách výzkumných institucí, tak i v reálných podmínkách veřejné zeleně v Německu a Švýcarsku v rámci projektu Optimalizace trvalkových výsadeb ve veřejné zeleni. Z tohoto výzkumu vzešly téměř dvě desítky směsí, které jsou určeny především na osluněná vysychavá stanoviště, ale najdou se zde i směsi do stínu a polostínu vhodné především do podrostů dřevinných vegetačních prvků (Hlůžová, 2008).



Obr. 3 Trvalková výsadba v Praze na Hořejším nábřeží (Céová, 2009)

Příprava stanoviště

Hlůžová, (2008) uvádí, že ekonomicky nejvýhodnější variantou pro založení extenzivně udržovaného trvalkového záhonu je využití stávajících půdních podmínek.

V tomto případě je ale nutné zajistit dokonalé odplevelení substrátu od vytrvalých plevelů. Také je možné přistoupit k vylepšení fyzikálních vlastností půdy. Pokud je půda příliš těžká, je vhodné ji vylehčit pískem nebo štěrkem. V žádném případě se však nedoporučuje používat organické materiály, které mohou být nositeli nežádoucích diaspor. Úplně opačným postupem k založení trvalkového záhonu je vytvoření nosné vegetační vrstvy z čistě štěrkového substrátu. V případě vhodného výběru rostlin a v podmínkách vlhčího klimatu je možné dosáhnout kompaktního a stabilního bylinného společenstva i na takto živinami chudém a propustném podkladu. Vzhledem k tomu, že je štěrkový substrát prakticky sterilní, je následná péče snížena na minimum.

Mezi výše zmíněnými dvěma způsoby přípravy stanoviště byly vyzkoušeny různé varianty kombinace štěrkových vrstev s vrstvami substrátu. Následně byl zkoumán vývoj společenstva spolu s náročností na údržbu. Výzkumy z německého Weihenstephanu jasně prokazují, že čím více je organického materiálu ve vegetační nosné vrstvě, tím je vývoj a vzhled rostlin lepší a společenstvo se rychleji zapojuje. Náročnost na údržbu tím však stoupá (Hlůžová, 2008).

Způsob výsadby a mulčování

Podle Hlůžové (2008) se rostliny mohou vysazovat podle osazovacího plánu. Od klasického osazovacího plánu se však upouští tam, kde preferujeme spíše přírodní vzhled společenstva. V tomto případě je tedy důležitý pouze seznam použitých rostlin, jejich celkový počet a množství těchto rostlin na určitou plochu. Rostliny se nejčastěji rozdělují na 10 m², což je asi nejjednodušší varianta, se kterou se dobře počítá a snadno se vytyčuje. V případě větších ploch může být základním segmentem 100 m². V seznamu použitých druhů jsou dále rostliny rozděleny do funkčních skupin (viz. kapitola 3.5.2). Při rozdělování rostlin na výsadbovou plochu se postupuje nejprve od rostlin solitérních, kterých je ve směsi obvykle nejméně. Měly by být vysazeny dostatečně daleko od ostatních, neboť většinou dosahují velkého vzrůstu. V odborné literatuře se uvádí vzdálenost 60 cm (může být individuální podle velikosti konkrétního druhu). Následně se rozmístí skupinové trvalky, které se seskupují po třech až deseti kusech. Velice důležitou skupinou jsou půdopokryvné druhy, které se vysazují do volných ploch mezi již rozmístěné druhy. Jejich úkolem je v co nejkratší době pokrýt povrch půdy a zamezit tak uchycování nežádoucích druhů. Nakonec se jednotlivě rozmístí druhy tzv. vtroušené, které jsou většinou krátkověké, nebo mají schopnost se ve společenstvu přesévat. Tyto rostliny jsou přítomny ve výsadbě v prvních letech,

vytrácejí se ve chvíli, kdy se začínají prosazovat konkurenčně silnější druhy, a začíná se zapojovat půdní povrch. Cibule a hlízy se vysazují do hnízd mezi trvalky.

Nejvhodnější dobou pro realizaci je podzim. Po výsadbě je nutné rostliny zalít a v případě dlouhodobého sucha zálivku podle potřeby opakovat. Rostliny se vysazují tak, aby jejich bal vyčníval asi jeden centimetr nad zem. Poté se výsadba namulčuje vrstvou minerálního mulče, která by měla být asi 7 až 10 cm, minimálně však 5 cm silná. Je možné použít drcené kamenivo nebo říční štěrk o frakci 8/16 mm. Důležité je, aby mulčovací materiál neobsahoval nulovou frakci. V některých případech je vhodnější použít k mulčování organický materiál, například u podrostů dřevinných vegetačních prvků. V tomto případě lze použít kompostovanou borku nebo štěpku. Mulč výrazně snižuje potřebu údržby, z tohoto důvodu se bez něj extenzivně udržované společenstvo neobejde (Hlůžová, 2008).

Celoroční údržba

Přestože se jedná o extenzivně udržovaná trvalková společenstva, ani ty se bez pravidelné údržby neobejdou.

- **Zálivka** – není zařazena do činností pravidelné údržby. Směsi trvalek jsou komponovány tak, aby extrémní podmínky městského klimatu zvládly. Výjimkou jsou dlouhotrvající sucha. Jinak se doporučuje zalévat rostliny ihned po výsadbě a během následujícího roku. Četnost pak závisí na vývoji počasí v tom kterém roce.
- **Odplevelení** – v prvních letech po výsadbě je nebezpečí zaplevelení nejvyšší, a to i v případě dokonalého odplevelení substrátu před výsadbou. Plevel se sem dostanou obvykle v kontejnerech s vysazovanými rostlinami nebo nalétnou. Doporučuje se projít plochu čtyřikrát až šestkrát během vegetační sezóny a plevele, pokud možno všechny jejich části, odstranit. Vytrvalé druhy je nutné z porostu odstranit i s kořenovým systémem a jednoleté druhy se musí zničit do doby, než se začnou vysemeňovat. V žádném případě se nesmí k pletí používat nástroje a metody, kterými by se narušil mulčem uzavřený půdní povrch.
- **Zpětný řez** – se u extenzivních výsadeb v rámci ušetření finančních prostředků, individuálně k rostlinám neuplatňuje. Doporučuje se v předjaří (ještě před tím, než začnou rašit první cibuloviny) plochu kompletně posekat a posečenou hmotu odstranit. Některé z doporučených směsí se mohou sekat dvakrát za rok. Jsou sestaveny z rostlin, které seč snášejí. První seč se někdy provádí v první polovině června. Nevýhodou je asi měsíc trvající výpadek v hlavní vegetační sezóně, ale doba

dekorativního působení se tímto zásahem prodlouží déle do podzimu. Druhá seč se provádí opět v předjaří.

- **Hnojení** – se ve většině případů nedoporučuje. Provádí se pouze při použití čistě šterkových substrátů. Aplikace plného hnojiva se provádí v dávce 20 až 50 g/m² na konci března. V tomto směru však ještě nebyl uskutečněn systematický výzkum, proto je tato informace pouze orientační (Hlužová, 2008).

3.6 Výběr vhodných druhů pro městské prostředí

Trvalky pro suchá stanoviště

Některé rostliny dokážou ve srovnání s jinými lépe hospodařit s vodou. Často pocházejí z oblastí s menším množstvím srážek nebo z míst, kde je dostatek vody pouze během části vegetačního období. Jsou proto pro život v těchto podmínkách uzpůsobeny. Některé mají hluboký kořenový systém a díky němu dokážou získat vodu ze značné hloubky, jiné mají ztloustlé kořeny, ve kterých mohou hromadit zásobu vláhy pro nepříznivé období. Dalším rostlinám slouží jako zásobárny listy nebo jiné části. Některé mohou mít přizpůsobený metabolismus tak, aby byly ztráty vody co nejmenší (Šuchmannová, 2005). Přehled suchomilných trvalek podle Šuchmannové je uveden v příloze práce.

Trvalky pro použití ve výsadbách městské zeleně

Výběr vhodného místa pro výsadbu trvalek patří mezi hlavní zásady pro použití trvalek ve městě. Jedná se především o výsadby v ulicích (extrémní podmínky spojené s provozem na komunikacích – výfukové plyny, solení, shrnování sněhu i s provozem pěším – sešlapáváním), v mobilních nádobách (extrémní podmínky, teplo, slunce, sucho), jako doplňk architektury – rostliny se zvláštním růstem (převažuje pěší provoz), výsadby v městských dvorcích, předzahrádkách v sídlištích apod., kde není automobilový provoz a pěší provoz je omezen, v menších parkově upravených plochách jako předsadba nebo doplněk keřových výsadeb, ve větších parkově upravených plochách a v městských parcích (samostatné záhony na slunci i jako podrost stromů) nebo speciální výsadby naučného charakteru u škol či dětských hřišť (užitkovost, jedovatost, případně ukázky plodů, tvaru a barvy listů apod.), střešní zahrady, hřbitovy atd. (Součková, 2006).

Kvalitní projekt pro výsadbu trvalek musí brát v úvahu podmínky dané stanovištěm (ovlivňují výběr rostlin), vývoj i vytrvalost rostlin, uvážit ekonomiku výsadby a údržby trvalkových výsadeb oproti keřovým. Perfektní realizace spočívá v důsledném dodržení zásad

při výsadbě – příprava půdy pro budoucí záhon (rozhodujícím způsobem ovlivní úspěch výsadby, její následnou údržbu i trvání). Podmínky stanoviště jsou kombinací následujících faktorů:

- světlo (ve městě to je většinou slunce až úpal, méně polostín až slunce a jen okrajově stín až polostín),
- vláha (většinou sucho nebo jen mírně vlhko, pokud není zajištěna kapková závlaha),
- půda (téměř vždy se jedná o uměle vytvořený substrát, je možné ho připravit podle nároků rostlin),
- teplota (většinou tepleji, do určité míry je závislá na nadmořské výšce),
- speciální podmínky (v zimě vlhko v důsledku shrnování sněhu, zasolení půdy, sešlapávání, krádeže apod.) (Součková, 2006).

V příloze práce je uveden přehled trvalek, které jsou podle Součkové vhodné pro městské prostředí. Do seznamu byly vybrány především druhy vhodné pro výsadbu v ulicích či mobilních nádobách, kde jsou podmínky pro přežití rostlin nejextrémnější.

4 Materiál a metody

4.1 Výběr vhodných druhů trvalek pro nádobové pokusy

Pro pokus byly vybrány trvalkové druhy vhodné pro suchá a slunná stanoviště. Jejich výběr byl proveden na základě publikace Suchomilné trvalky autorky Ivony Šuchmannové. Dalším kritériem při volbě byla samozřejmě dostupnost těchto druhů na našem trhu a jejich běžné používání v praxi.

Seznam použitých druhů rostlin:

Armeria maritima 'Pink Lusitanica' – trávnička přímořská (*Plumbaginaceae* Juss.)

Dianthus deltoides 'Confetti Karmi' – hvozdík kroupenatý (*Caryophyllaceae* Juss.)

Hyssopus officinalis 'Albus' – yzop lékařský (*Lamiaceae* Lindl.)

Lavandula angustifolia Mill. – levandule lékařská (*Lamiaceae* Lindl.)

Nepeta × *faassenii* – šanta modrá (*Lamiaceae* Lindl.)

Potentilla atrosanguinea 'Rot' – mochna tmavočervená (*Rosaceae* L.)

Stachys lanata Jacq. – čistec vlnatý (*Lamiaceae* Lindl.)

Teucrium scorodonia 'Crispa' – ožanka lesní (*Lamiaceae* Lindl.)

4.2 Charakteristika pokusu

4.2.1 Lokalizace a charakteristika místa pokusu

Pokus byl proveden v městyse Červené Pečky, vzdáleném 5 km od města Kolína v Polabské nížině ve Středočeském kraji. Obec má 1 623 trvalých obyvatel a nachází se v nadmořské výšce 285 m n. m.

Nádoby s rostlinným materiálem byly umístěny v zahradě domu č. p. 390 v Zámecké ulici. Tato zahrada je exponována směrem na jih, což byla, vzhledem k zvoleným rostlinným druhům, vhodná poloha pro uskutečnění pokusu.

4.2.2 Použitý substrát

Pro výsadbu trvalek do pěstebních nádob byla použita směs zahradnického substrátu a kopaného písku v poměru 2:1.

Jako substrát byl použit Profesional Pěstební rašelinový substrát RS II, který je vyroben ze směsi kvalitní bílé a černé rašeliny a jílu, s upravenou reakcí. Je vysoce obohacen všemi základními živinami i stopovými prvky v chelátové formě. Jílová složka stabilizuje hodnotu pH.

Chemické a fyzikální vlastnosti substrátu:

pH	5,5 – 6,5	spalitelné látky min. 40 %
N	250 – 400 mg/l	částice nad 20 mm max. 5 %
P ₂ O ₅	200 – 300 mg/l	molybden (Mo) v mg.kg ⁻¹ vysuš. vzorku 10 až 40
K ₂ O	250 – 400 mg/l	

4.2.3 Rostlinný materiál a pěstební prostředí

Celkem bylo použito 120 kusů předpěstovaných kontejnerových rostlin (8 druhů rostlin po 15 kusech, pěstovaných v kontejnerech K9). Dne 24. dubna 2009 byly tyto rostliny vysazeny do připravených plastových nádob o průměru 26 cm a výšce 26 cm (objem nádoby je 13,8 dm³) po 2 až 3 kusech vždy od stejného druhu. Do dna každé nádoby byly navrtány otvory pro odtok přebytečné vody a pod substrát byla vsypána šterková drenáž o tloušťce cca 7 cm. Nádoby byly rozděleny do tří skupin pro jednotlivé koncentrace a umístěny na dřevěných paletách. V každé skupině se pracovalo vždy s 5 kusy rostlin od každého rostlinného druhu.

Před začátkem pokusu byly rostliny pravidelně zalévány a dle potřeby byly odstraňovány nežádoucí rostliny.

4.3 Vliv zasolení substrátu na vybrané druhy trvalek

Na základě konzultace s panem Ing. Františkem Hniličkou, Ph.D. z Katedry botaniky a fyziologie rostlin České zemědělské univerzity v Praze byly pro pokus zvoleny koncentrace solných roztoků 0,5 %, 1,5 % a samozřejmě 0 % roztok jako kontrolní vzorek.

První záливka solnými roztoky byla provedena v neděli 28. června 2009. Další aplikace roztoků se pravidelně opakovala jedenkrát za dva dny vždy v podvečer, s výjimkou dnů, kdy přišlo a substrát tedy nebylo nutné zalévat. Roztoky byly připravovány vždy den před uskutečněním záливky, aby se kuchyňská sůl (NaCl) mohla ve vodě dokonale rozpustit. Pro každou záливku bylo namícháno 20 litrů roztoku dané koncentrace, kterým byly rostliny rovnoměrně zalévány.

30. července 2009, po 32 dnech, kdy probíhalo zalévání rostlin, byly koncentrace roztoků zdvojnásobeny, neboť po zhruba měsíční aplikaci původních koncentrací nebyly na většině rostlin pozorovány žádné patrnější fyziologické změny. Koncentrace roztoků byly tedy navýšeny z 0,5 % na 1 %, a ze 1,5 % na 3 %. Kontrola zůstala zachována.

V průběhu druhé fáze pokusu se již na rostlinách projevíly znatelné známky poškození. Dne 30. srpna 2009 bylo ukončeno zalévání rostlin všemi roztoky NaCl.

5 Výsledky

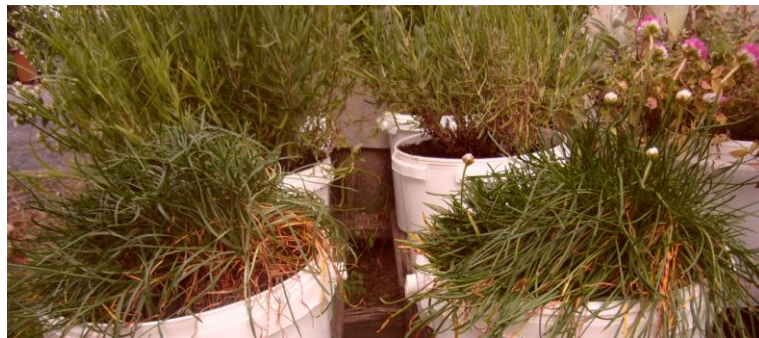
5.1 Zhodnocení odolnosti jednotlivých druhů trvalek vůči zasolení

- *Armeria maritima* 'Pink Lusitanica'

Tato trvalka se ukázala jako nejodolnější k solným roztokům ze všech rostlin, které byly k pokusu vybrány. Žádná z použitých koncentrací na ní nenechala viditelnější následky. Všechny rostliny během pokusu opakovaně kvetly a po jeho ukončení byly schopny dalšího růstu. Tento druh byl jako jediný schopen přežít i 3% koncentraci roztoku NaCl.



Obr. 4 *Armeria maritima* 'Pink Lusitanica' po ukončení zálivky 0,5% roztokem NaCl



Obr. 5 *Armeria maritima* 'Pink Lusitanica' po ukončení zálivky 1,5% roztokem NaCl



Obr. 6 *Armeria maritima* 'Pink Lusitanica' po ukončení zálivky 1 % roztokem NaCl
(konec pokusu)



Obr. 7 *Armeria maritima* 'Pink Lusitanica' po ukončení zálivky 3 % roztokem NaCl
(konec pokusu)



Obr. 8 Kontrolní rostliny *Armeria maritima* 'Pink Lusitanica' po ukončení pokusu

- ***Dianthus deltoides* 'Confetti Karmi'**

Jako relativně odolný se ukázal být i tento druh - hvozdík. Při 0,5% koncentraci roztoku nebyly na rostlinách pozorovány žádné fyziologické změny. Po navýšení koncentrace na 1% roztok NaCl začaly rostlinám usychat některé listy, toto poškození se prvně objevilo asi po 12 dnech aplikace tohoto roztoku (10. srpna 2009). Všechny rostliny v této pokusné skupině však přežily.

U rostlin zalévaných 1,5% roztokem se objevilo zasychání několika málo listů právě před navýšením koncentrace. Tento problém se v průběhu aplikace 3% roztoku NaCl prohluboval a po 19 dnech aplikace (17. srpna 2009) odumřelo všech pět kůsu rostlin vystavených této koncentraci.



Obr. 9 *Dianthus deltooides* 'Confetti Karmi' po ukončení zálivky 0,5% roztokem NaCl



Obr. 10 *Dianthus deltooides* 'Confetti Karmi' po ukončení zálivky 1,5% roztokem NaCl



Obr. 11 *Dianthus deltooides* 'Confetti Karmi' po ukončení zálivky 1,5% roztokem NaCl, detail



Obr. 12 *Dianthus deltoides* 'Confetti Karmi' po ukončení zálivky 1% roztokem NaCl
(konec pokusu)



Obr. 13 *Dianthus deltoides* 'Confetti Karmi' 9. srpna 2009 při zálivce 3% roztokem NaCl



Obr. 14 *Dianthus deltoides* 'Confetti Karmi' 17. srpna 2009 při zálivce 3% roztokem NaCl



Obr. 15 Kontrolní rostliny *Dianthus deltooides* 'Confetti Karmi' po ukončení pokusu

- ***Hyssopus officinalis* 'Albus'**

Ještě před začátkem pokusu z neznámých příčin odumřela u kontrolního vzorku jedna rostlina *Hyssopus officinalis* 'Albus'. Ostatní čtyři rostliny však bez problémů dále rostly a pokus tímto nebyl nijak negativně ovlivněn.

Se snášením 0,5% a 1,5% koncentrace neměly rostliny v první části pokusu žádné potíže, které by se projevíly na jejich vitalitě. Po navýšení koncentrace se u rostlin zalévaných 1% roztokem NaCl začalo objevovat rychlejší zasychání květenstvím směrem seshora, avšak všechny rostliny vystavené této koncentraci pokus přežily. Při 3% koncentraci začaly rostliny opět usychat od květenství, po 19 dnech aplikace (17. srpna 2009) odumřely tři rostliny úplně. Zbylé dvě rostliny postupně dosychaly a na konci pokusu 30. srpna 2009 byly zcela suché.



Obr. 16 *Hyssopus officinalis* 'Albus' po ukončení zálivky 0,5% roztokem NaCl



Obr. 17 *Hyssopus officinalis* 'Albus' po ukončení zálivky 1,5% roztokem NaCl



Obr. 18 *Hyssopus officinalis* 'Albus' po ukončení zálivky 1% roztokem NaCl (konec pokusu)



Obr. 19 *Hyssopus officinalis* 'Albus' po ukončení zálivky 1% roztokem NaCl, detail
(konec pokusu)



Obr. 20 *Hyssopus officinalis* 'Albus' 17. srpna 2009 při zálivce 3% roztokem NaCl



Obr. 21 *Hyssopus officinalis* 'Albus' po ukončení zálivky 3% roztokem NaCl (konec pokusu)



Obr. 22 Kontrolní rostliny *Hyssopus officinalis* 'Albus' po ukončení pokusu

- ***Lavandula angustifolia* Mill.**

Levandule, stejně jako yzop, snášela počáteční 0,5% a 1,5% koncentrace roztoků NaCl velice dobře. Za 32 dnů, kdy byly tyto roztoky aplikovány, se na rostlinách neprojevíly žádné fyziologické změny a bohatě kvetly.

Po navýšení koncentrací však začaly rostliny usychat. První změny se u 1% roztoku začaly objevovat asi po 12 dnech zalévání (10. srpna 2009), kdy začaly usychat spodní listy stonků. Usychání se však nijak výrazně nerozšířilo a všech pět kusů rostlin, vystavených této koncentraci, pokus přežilo. Rostliny zalévané 3% roztokem ovšem usychaly celé. Po 12 dnech aplikace (10. srpna 2009) byly rostliny, zalévané touto koncentrací, zcela odumřelé.



Obr. 23 *Lavandula angustifolia* Mill. po ukončení zálivky 0,5% roztokem NaCl



Obr. 24 *Lavandula angustifolia* Mill. po ukončení zálivky 1,5% roztokem NaCl



Obr. 25 *Lavandula angustifolia* Mill. 17. srpna 2009 při zálivce 1% roztokem NaCl, detail



Obr. 26 *Lavandula angustifolia* Mill. po ukončení zálivky 1% roztokem NaCl (konec pokusu)



Obr. 27 *Lavandula angustifolia* Mill. 9. srpna 2009 při záливce 3% roztokem NaCl



Obr. 28 Kontrolní rostliny *Lavandula angustifolia* Mill. po ukončení pokusu

- ***Nepeta × faassenii***

Šanta se jako druh odolný vůči zasolení příliš neosvědčil. Počáteční 0,5% koncentraci roztoku NaCl přežila celkem obstojně, některé listy byly žluté a od okrajů zasychaly, ale rostliny znovu hojně obrážely. Stejně tak tomu bylo i u kontrolních rostlin. U 1,5% roztoku měly rostliny suchých listů více, ale i tyto znovu obrážely.

Po navýšení koncentrací rostliny zalévané 1% roztokem zdárně rostly ještě zhruba dalších 11 dní, poté začaly rychle usychat a po 17 dnech (15. srpna 2009) byly zcela

odumřelé. U 3% roztoku byly rostliny výrazněji sušší již po 6 dnech zalévání. 9. srpna 2009 (po 11 dnech aplikace roztoku) byly i tyto rostliny úplně suché.



Obr. 29 *Nepeta* × *faassenii* po ukončení zálivky 0,5% roztokem NaCl



Obr. 30 *Nepeta* × *faassenii* po ukončení zálivky 1,5% roztokem NaCl



Obr. 31 Kontrolní rostliny *Nepeta* × *faassenii* při navýšení koncentrací



Obr. 32 *Nepeta* × *faassenii* 15. srpna 2009 při zálivce 1% roztokem NaCl



Obr. 33 *Nepeta* × *faassenii* 9. srpna 2009 při zálivce 3% roztokem NaCl



Obr. 34 Kontrolní rostliny *Nepeta* × *faassenii* po ukončení pokusu

- ***Potentilla atrosanquinea* 'Rot'**

Všechny rostliny, vystavené počáteční 0,5% a 1,5% koncentraci roztoku NaCl, přežily, i když se začalo objevovat zasychání okrajových částí některých listů. U rostlin zalévaných 0,5% roztokem listy začaly schnout po 28 dnech (25. července 2009), u 1,5% o 4 dny dříve (21. července 2009). Rostliny však i nadále hojně obrážely.

Po změně koncentrací se usychání listů začalo zrychlovat. U rostlin zalévaných 1% koncentrací se znatelnější změny začaly objevovat zhruba po 10 dnech, po 22 dnech aplikace (20. srpna 2009) měly tři rostliny všechny velké listy úplně suché, zbylé dvě však až do ukončení pokusu obrážely. Rostliny, které byly vystaveny 3% koncentraci roztoku NaCl, usychaly velice rychle a všech 5 kusů rostlin odumřelo již po 11 dnech zálivky (9. srpna 2009).



Obr. 35 *Potentilla atrosanquinea* 'Rot' po ukončení zálivky 0,5% roztokem NaCl



Obr. 36 *Potentilla atrosanquinea* 'Rot' po ukončení zálivky 1,5% roztokem NaCl



Obr. 37 *Potentilla atrosanquinea* 'Rot' 20. srpna 2009 při zálivce 1% roztokem NaCl



Obr. 38 *Potentilla atrosanquinea* 'Rot' po ukončení zálivky 1% roztokem NaCl, detail
(konec pokusu)



Obr. 39 *Potentilla atrosanquinea* 'Rot' 9. srpna 2009 při zálivce 3% roztokem NaCl



Obr. 40 Kontrolní rostliny *Potentilla atrosanguinea* 'Rot' po ukončení pokusu

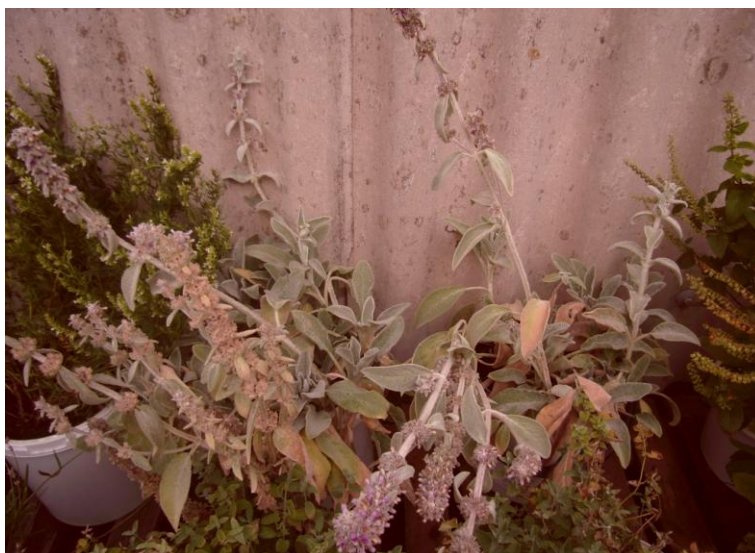
- ***Stachys lanata* Jacq.**

Počáteční 0,5% koncentraci roztoku NaCl snášely rostliny čistce dobře, bohatě kvetly a několik žlutých listů bylo spíše následkem postupujícího léta, neboť se objevily i u kontrolních rostlin. U rostlin vystavených 1,5% roztoku bylo žlutých a zasychajících listů více, u jednoho stonku se objevilo i rychlejší usychání květenství.

Po změně koncentrací docházelo u obou pokusných skupin k viditelněji rychlejšímu odumírání. U rostlin, které byly zalévány 1% koncentrací roztoku, začaly listy a květenství usychat zhruba po 10 až 11 dnech aplikace (8. až 9. srpna 2009). Po dalších 9 dnech zalévání (18. srpna 2009) odumřela jedna rostlina. Na konci pokusu zbylé čtyři rostliny stále žily, avšak velká část listů a všechny stonky s květenstvími byly suché. Rostlinám vystaveným 3% koncentraci roztoku začala výrazně usychat květenství již 6 dnů po začátku aplikace (4. srpna 2009), postupně jim usychaly i listy, a po 16 dnech (14. srpna 2009) byly všechny rostliny v této skupině odumřelé.



Obr. 41 *Stachys lanata* Jacq. po ukončení závlivky 0,5% roztoku NaCl



Obr. 42 *Stachys lanata* Jacq. po ukončení zálivky 1,5% roztoku NaCl



Obr. 43 *Stachys lanata* Jacq. 17. srpna 2009 při zálivce 1% roztokem NaCl



Obr. 44 *Stachys lanata* Jacq. po ukončení zálivky 1% roztokem NaCl (konec pokusu)



Obr. 45 *Stachys lanata* Jacq. 9. srpna 2009 při zálivce 3% roztokem NaCl



Obr. 46 *Stachys lanata* Jacq. 14. srpna 2009 při zálivce 3% roztokem NaCl



Obr. 47 Kontrolní rostliny *Stachys lanata* Jacq. po ukončení pokusu

- ***Teucrium scorodonia* ‘Crispa’**

Ožanka se ukázala být nejméně odolná vůči zasolení NaCl, což se projevilo především po navýšení koncentrací roztoků.

Rostliny při 0,5% a 1,5% koncentraci roztoků byly celkově vitální, ale na několika listech se tvořily rezavě-hnědé suché skvrny. Tyto skvrny byly častější u rostlin zalévaných 1,5% roztokem NaCl.

Po navýšení koncentrací však začaly tyto rostliny poměrně rychle odumírat. U rostlin vystavených 1% koncentraci roztoku se častěji vyskytovaly zasychající listy, které postupně opadávaly. 3 rostliny odumřely po 26 dnech aplikace roztoku (24. srpna 2009), zbylé 2 rostliny byly při ukončení pokusu již také zcela suché. Rostlinám zalévaným 3% roztokem NaCl opadávaly listy, velmi často ještě zelené, již 7. den od navýšení koncentrace (5. srpna 2009). Po 17 dnech aplikace (15. srpna 2009) měly tyto rostliny opadané listy a byly zcela suché.



Obr. 48 *Teucrium scorodonia* ‘Crispa’ po ukončení zálivky 0,5% roztokem NaCl



Obr. 49 *Teucrium scorodonia* ‘Crispa’ po ukončení zálivky 1,5% roztokem NaCl



Obr. 50 *Teucrium scorodonia* 'Crispa' po ukončení zálivky 1,5% roztokem NaCl, detail



Obr. 51 *Teucrium scorodonia* 'Crispa' 17. srpna 2009 při zálivce 1% roztokem NaCl



Obr. 52 *Teucrium scorodonia* 'Crispa' 24. srpna 2009 při zálivce 1% roztokem NaCl



Obr. 53 *Teucrium scorodonia* 'Crispa' po ukončení zálivky 1% roztokem NaCl
(konec pokusu)



Obr. 54 *Teucrium scorodonia* 'Crispa' 9. srpna 2009 při zálivce 3% roztokem NaCl



Obr. 55 *Teucrium scorodonia* 'Crispa' 15. srpna 2009 při zálivce 3% roztokem NaCl



Obr. 56 Kontrolní rostliny *Teucrium scorodonia* 'Crispa' po ukončení pokus

5.2 Výsledky odolnosti trvalek vůči zasolení zpracované v tabulkách a grafech

V následujících dvou tabulkách jsou uvedeny počty jednotlivých druhů rostlin podle toho, kolik kusů daných trvalek přežilo použité koncentrace roztoku NaCl. Tab. 2 ukazuje výsledky po ukončení zálivky rostlin 0,5% a 1,5% koncentrací solného roztoku, tab. 3 ukazuje výsledky po ukončení zálivky rostlin 1% a 3% koncentrací solného roztoku (po ukončení pokusu).

Tab. 2 Přehled počtů rostlin, které přežily původní koncentrace (28. června - 29. července 2009)

rostlinný druh	počet rostlin (ks)		
	kontrola	0,5%	1,5%
<i>Armeria maritima</i> 'Pink Lusitanica'	5	5	5
<i>Dianthus deltoides</i> 'Confetti Karmi'	5	5	5
<i>Hyssopus officinalis</i> 'Albus'	4	5	5
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	5	5	5
<i>Nepeta</i> × <i>faassenii</i>	5	5	5
<i>Potentilla atrosanquinea</i> 'Rot'	5	5	5
<i>Stachys lanata</i> Jacq.	5	5	5
<i>Teucrium scorodonia</i> 'Crispa'	5	5	5

Tab. 3 Přehled počtů rostlin, které přežily navýšené koncentrace (30. července – 30. srpna 2009)

rostlinný druh	počet rostlin (ks)		
	kontrola	1%	3%
<i>Armeria maritima</i> 'Pink Lusitanica'	5	5	5
<i>Dianthus deltoides</i> 'Confetti Karmi'	5	5	0
<i>Hyssopus officinalis</i> 'Albus'	4	5	0
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	5	5	0
<i>Nepeta</i> × <i>faaseni</i>	5	0	0
<i>Potentilla atrosanguinea</i> 'Rot'	5	2	0
<i>Stachys lanata</i> Jacq.	5	4	0
<i>Teucrium scorodonia</i> 'Crispa'	5	0	0

V následujících tabulkách je možné vyčíst přesná data, kdy odumíraly jednotlivé kusy daných trvalek. Tab. 4 a 5 ukazují výsledky v průběhu závlivy rostlin 1% koncentrací solného roztoku.

Tab. 4 U jednotlivých dat jsou uvedeny přesné počty žijících rostlin daných druhů trvalek při závlivce 1% roztokem NaCl

	30.7.	31.7.	1.8.	2.8.	3.8.	4.8.	5.8.	6.8.	7.8.	8.8.	9.8.	10.8.	11.8.	12.8.	13.8.	14.8.
<i>Armeria maritima</i> 'Pink Lusitanica'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Dianthus deltoides</i> 'Confetti Karmi'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Hyssopus officinalis</i> 'Albus'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Nepeta</i> × <i>faaseni</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Potentilla atrosanguinea</i> 'Rot'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Stachys lanata</i> Jacq.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Teucrium scorodonia</i> 'Crispa'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

Tab. 5 U jednotlivých dat jsou uvedeny přesné počty žijících rostlin daných druhů trvalek při záливce 1% roztokem NaCl

	15.8.	16.8.	17.8.	18.8.	19.8.	20.8.	21.8.	22.8.	23.8.	24.8.	25.8.	26.8.	27.8.	28.8.	29.8.	30.8.
<i>Armeria maritima</i> 'Pink Lusitanica'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Dianthus deltoides</i> 'Confetti Karmi'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Hyssopus officinalis</i> 'Albus'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Nepeta</i> × <i>faassenii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potentilla atrosanguinea</i> 'Rot'	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
<i>Stachys lanata</i> Jacq.	5	5	5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
<i>Teucrium scorodonia</i> 'Crispa'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	2	2	2	2	2	2	0

V následujících tabulkách je možné vyčíst přesná data, kdy odumíraly jednotlivé kusy daných trvalek. Tab. 6 a 7 ukazují výsledky v průběhu záливky rostlin 3% koncentrací solného roztoku.

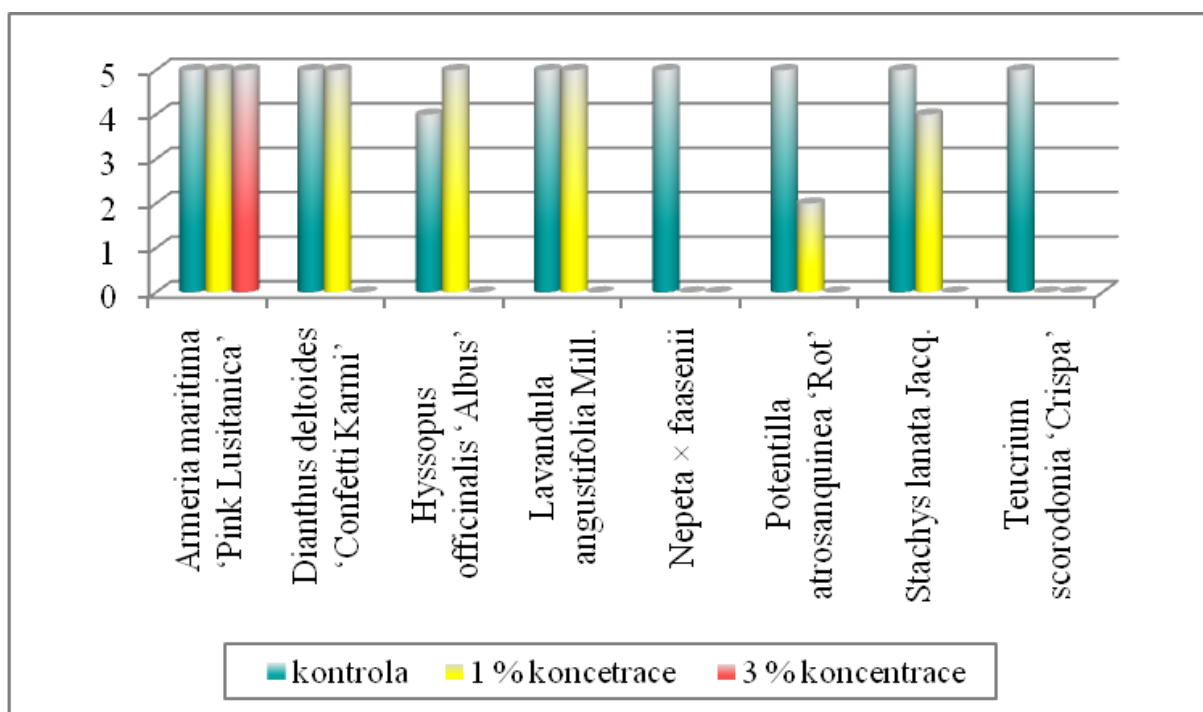
Tab. 6 U jednotlivých dat jsou uvedeny přesné počty žijících rostlin daných druhů trvalek při záливce 3% roztokem NaCl

	30.7.	31.7.	1.8.	2.8.	3.8.	4.8.	5.8.	6.8.	7.8.	8.8.	9.8.	10.8.	11.8.	12.8.	13.8.	14.8.
<i>Armeria maritima</i> 'Pink Lusitanica'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Dianthus deltoides</i> 'Confetti Karmi'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Hyssopus officinalis</i> 'Albus'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0
<i>Nepeta</i> × <i>faassenii</i>	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
<i>Potentilla atrosanguinea</i> 'Rot'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0	0	0	0	0	0
<i>Stachys lanata</i> Jacq.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	0
<i>Teucrium scorodonia</i> 'Crispa'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5

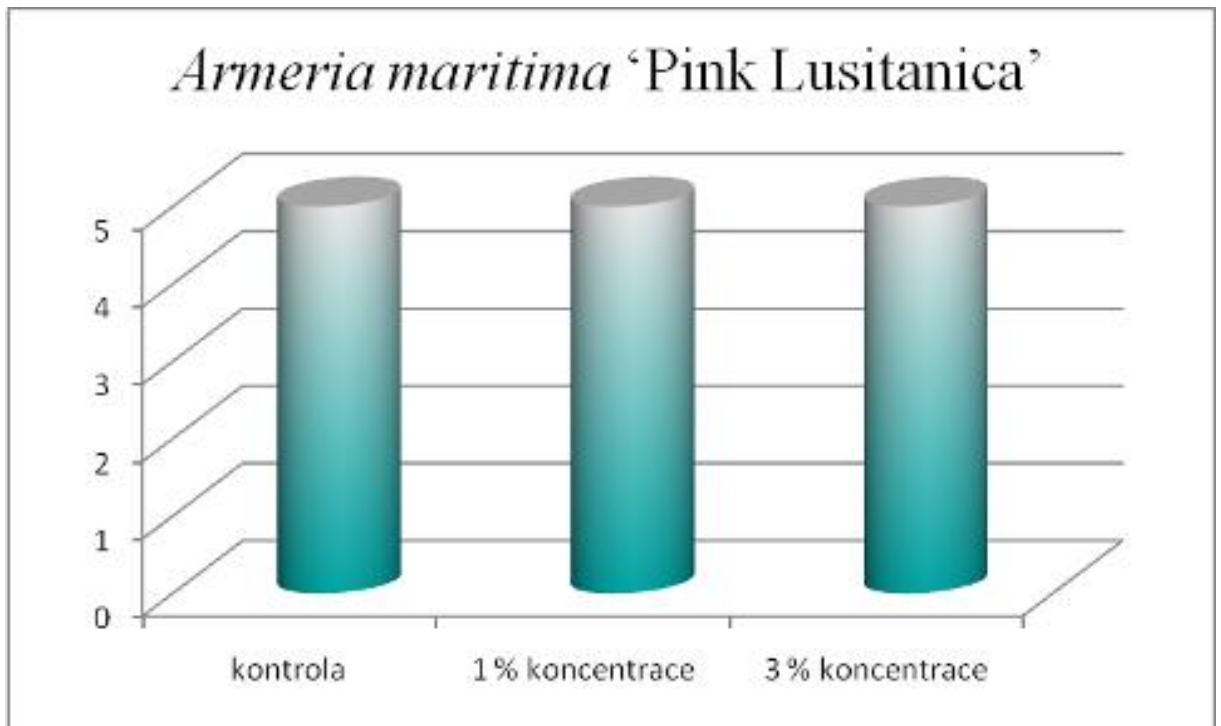
Tab. 7 U jednotlivých dat jsou uvedeny přesné počty žijících rostlin daných druhů trvalek při zálivce 3% roztokem NaCl

	15.8.	16.8.	17.8.	18.8.	19.8.	20.8.	21.8.	22.8.	23.8.	24.8.	25.8.	26.8.	27.8.	28.8.	29.8.	30.8.
<i>Armeria maritima</i> 'Pink Lusitanica'	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<i>Dianthus deltooides</i> 'Confetti Karmi'	5	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hyssopus officinalis</i> 'Albus'	5	5	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0	0	0
<i>Lavandula angustifolia</i> Mill.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Nepeta</i> × <i>faassenii</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Potentilla atrosanquinea</i> 'Rot'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Stachys lanata</i> Jacq.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Teucrium scorodonia</i> 'Crispa'	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

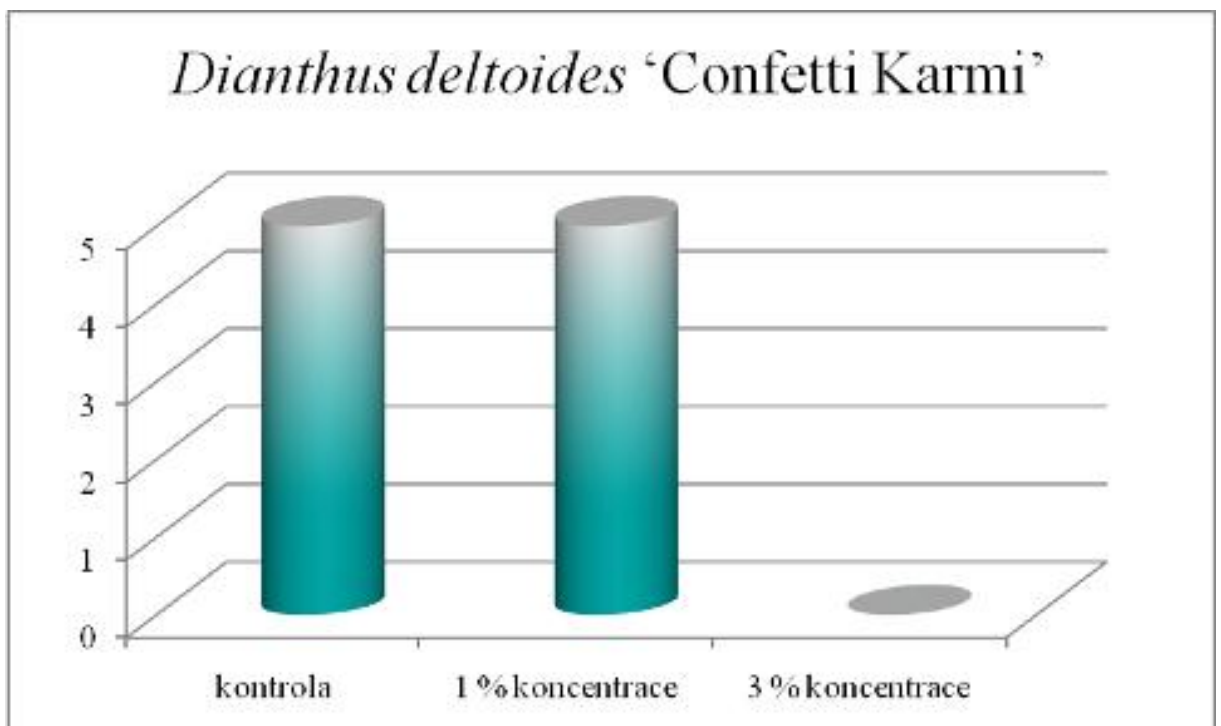
Následující graf (obr. 57) znázorňuje souhrnné výsledky pokusu po ukončení zálivky 1% a 3% koncentrací roztoku NaCl. Další uvedené grafy (obr. 58 až obr. 62) znázorňují výsledky u jednotlivých druhů trvalek.



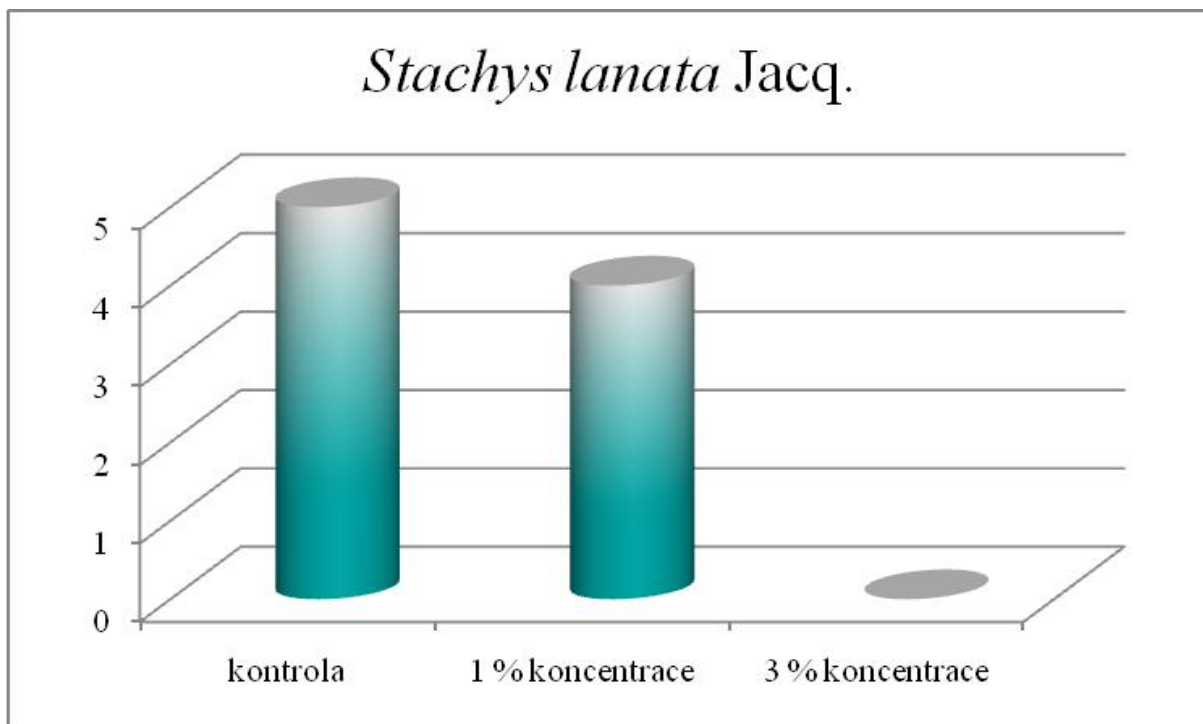
Obr. 57 Přehled počtů rostlin, které přežily až do ukončení pokusu



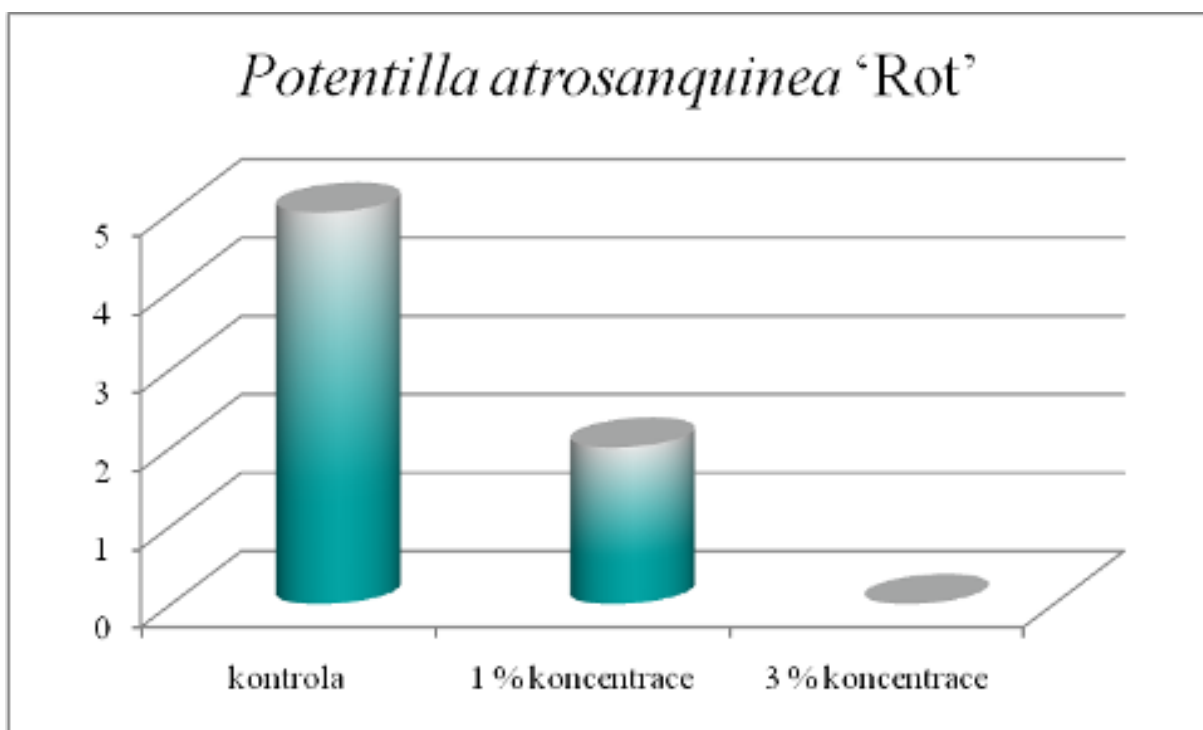
Obr. 58 Přehled počtů rostlin *Armeria maritima* 'Pink Lusitanica', které přežily dané koncentrace



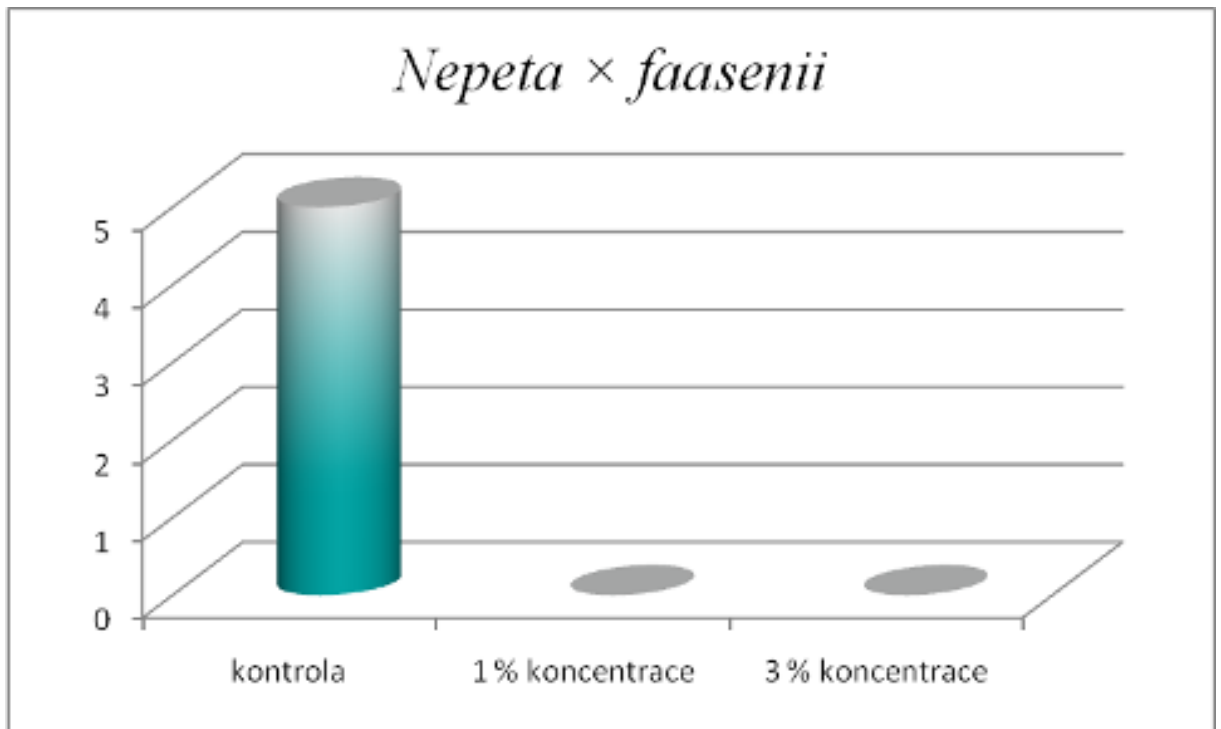
Obr. 59 Přehled počtů rostlin *Dianthus deltoides* 'Confetti Karmi', které přežily dané koncentrace; stejné výsledky byly pozorovány i u *Lavandula angustifolia* Mill.



Obr. 60 Přehled počtů rostlin *Stachys lanata* Jacq., které přežily dané koncentrace



Obr. 61 Přehled počtů rostlin *Potentilla atrosanquinea* 'Rot', které přežily dané koncentrace



Obr. 62 Přehled počtů rostlin *Nepeta × faasenii*, které přežily dané koncentrace; stejné výsledky byly pozorovány i u *Teucrium scorodonia* 'Crispa'

6 Diskuze

Rostliny pro nádobové pokusy byly vybírány z přehledu suchomilných trvalek dle Šuchmannové (2005). Po srovnání těchto zvolených druhů rostlin s přehledem trvalek dle Součkové (2006), která v něm uvádí vhodné druhy pro použití ve výsadbách městské zeleně, bylo zjištěno, že pouze druhy *Hyssopus officinalis* L., *Lavandula angustifolia* Mill. a *Stachys lanata* Jacq. jsou v tomto seznamu uvedeny. Z rodu *Dianthus* L. je v tomto přehledu jmenován druh *Dianthus caesius* Sm., rod *Potentilla* L. je zde zastoupen druhy *Potentilla nepalensis* Hooker, *Potentilla recta* L., *Potentilla thurberii* A. Gray ex Lehm. a *Potentilla* × *cutlorum*, z rodu *Teucrium* L. je to *Teucrium chamaedrys* L. Rody *Armeria* Willd. a *Nepeta* L. v tomto přehledu nejsou zmíněny vůbec. Baroš (2007a) uvádí některé vhodné taxony pro extenzivní trvalkové výsadby. V těchto zmíněných druzích je zahrnut i druh *Stachys lanata* Jacq., rod *Nepeta* L. je v tomto seznamu zastoupen druhem *Nepeta nervosa* L.

Jak píše Larcher (1988), odolné rostlinné protoplasty mohou přežít 4 až 8% koncentrací solného roztoku, naopak protoplasty citlivé k solím odumírají v roztocích s koncentrací NaCl 1 až 1,5 %. Z rostlin, které byly vybrány pro pokus v této práci, lze tedy podle těchto hodnot za odolný druh považovat pouze *Armeria maritima* 'Pink Lusitanica', který jako jediný vydržel bez problémů zálivku 3% koncentrací solného roztoku. Všechny rostliny ostatních druhů trvalek při této koncentraci úplně odumřely. Naopak jako nejvíce nevhodná se pro slané půdy ukázala být *Nepeta* × *faassenii*, která jako jediná nepřežila 1% koncentrací roztoku NaCl.

Pokud se vliv zasolení substrátu na trvalkách projevil, byly to příznaky popisované Kúdelou a kol. (2009). Píší, že první reakcí rostlin na stres ze zasolení je redukce rychlosti růstu listů spojená s redukcí listové plochy použitelné pro fotosyntézu, a že nadbytečné hromadění solí může vést následně k odumření pletiv, orgánů a celých rostlin. U druhu *Teucrium scorodonia* 'Crispa' se na listech nejprve objevovaly rezavě-hnědé suché skvrny, tyto listy dále usychaly a opadávaly. Rostliny vystavené 3% koncentraci solného roztoku však shazovaly i listy, které byly velmi často ještě zelené. U ostatních druhů trvalek docházelo k zasychání listů, které však zůstávaly na stoncích.

7 Závěr

Tato práce se zabývá škodlivými faktory, které se mohou vyskytovat v městském prostředí. Příčiny těchto negativních vlivů byly popsány, stejně tak jako jejich působení na rostliny. Jedná se především o vliv znečištěného ovzduší, vysoké teploty a nízkou relativní vzdušnou vlhkost, dále o nedostatek vody, nevhodnou skladbu půd a kontaminaci půdy.

Jedním z hlavních problémů, které se v městském prostředí vyskytují, je zasolení půdy. Toto je způsobeno především zimní údržbou komunikací a nejvíce jsou solí zasaženy výsadby v bezprostředním okolí silnic. V této práci byla proto zkoušena odolnost vybraných druhů trvalek vůči zasolení.

Jako nejodolnější z vybraných druhů se ukázala být *Armeria maritima* 'Pink Lusitanica', která jako jediná dokázala přežít i 3% koncentraci roztoku NaCl. Dále se jako relativně odolné vůči zasolení substrátu projeví druhy *Dianthus deltoides* 'Confetti Karmi', *Hyssopus officinalis* 'Albus' a *Lavandula angustifolia* Mill., u kterých všechny rostliny, vystavené 1% koncentraci (po navýšení z 0,5% koncentrace) pokus přežily. U druhu *Stachys lanata* Jacq. až do konce pokusu při 1% koncentraci přežily čtyři kusy rostlin, *Potentilla atrosanguinea* 'Rot' v této koncentraci přežily pouze dvě rostliny, které obrážely. Jako nejméně odolné vůči zasolení se ukázaly být druhy *Nepeta × faassenii* a *Teucrium scorodonia* 'Crispa', u kterých ani jedna rostlina nepřežila 1% koncentraci roztoku NaCl.

V dnešní době se problém s uplatněním trvalek v urbanizovaném prostředí řeší pomocí extenzivních trvalkových výsadeb, které jsou upřednostňovány především z toho důvodu, že jejich uplatnění je velice široké a je možné je vytvořit i na místech, kde by běžně používané výsadby nepřežily.

Tato práce přináší poznatky o tom, které druhy trvalek jsou vhodnější pro použití ve výsadbách ovlivněných zasolenou půdou. Je zde poskytnut také návod, jak nejlépe tyto trvalky uplatnit ve výsadbách v městském prostředí pomocí extenzivních trvalkových výsadeb, které odborníci upřednostňují před běžnými výsadbami. V České republice však nejsou zatím tyto extenzivní trvalkové výsadby běžně k vidění, jejich rozšíření je patrné především v západní Evropě.

8 Seznam literatury

- Baroš, A. 2007a. *Extenzivní trvalkové výsadby v praxi*. Zahradnictví, 8/2007, 34 – 35
- Baroš, A. 2007b. *Extenzivní trvalkové výsadby ve veřejných městských prostorech*. Zahradnictví, 7/2007, 28 – 29
- Bláha, L., Bocková, R., Hnilička, F., Hniličková, H., Holubec, V., Möllerová, J., Štolcová, J., Zieglerová, J. 2003. *Rostlina a stres*. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Praha, 156 s.
- Hlůžová, E. 2008. *Trvalková společenstva s extenzivní údržbou*. Zahradnictví, 8/2008, 60 – 62
- Holubec, V., Štolcová J. 2002. *Stres a adaptace rostlin v přírodních ekosystémech*, in Hnilička, F. (ed.), *Vliv abiotických a biotických stresů na vlastnosti rostlin*. Sborník příspěvků, Česká zemědělská univerzita v Praze, 13 – 22
- Jůva, K., Hrabal, A., Tlapák, V. 1977. *Ochrana půdy, vegetace, vod a ovzduší*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 180 s.
- Kavka, B., Šindelářová, J. 1978. *Funkce zeleně v životním prostředí*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha, 235 s.
- Kolařík, J., Hora, D., Pešout, P., Businský, R., Burian, S., Bulíř, P., Žďárský, 2003. *Péče o dřeviny rostoucí mimo les, I. díl*. Český svaz ochránců přírody, Vlašim, 261 s.
- Koyro, H. W., Geißler, N., Hussin, S., Huchzermeyer, B. 2008. *Survival at extreme locations: Life strategies of halophytes – The long way from system ecology, whole plant physiology, cell biochemistry and molecular aspects back to sustainable utilization at field sites*, in Abdelly, Ch., Öztürk, M., Ashraf, M., Grignon, C. (eds.), *Biosaline Agriculture and High Salinity Tolerance*. Birkhäuser Verlag AG, Basel – Boston – Berlin, pp. 1 - 18
- Kůdela, V., Veverka, K. 2005. *Poruchy, poškození a poranění abiotického původu*. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, České Budějovice, 118 s.
- Kůdela, V., Veverka, K., Prášil, I. T. 2009. *Abiotické půdní faktory poškozující rostliny*. Rostlinolékař, 5/2009, 30 – 32
- Larcher, W. 1988. *Fyziologická ekologie rostlin*. Academia, Praha, 368 s.
- Laštůvka, Z., Krejčová, P. 2000. *Ekologie*. Konvoj, Brno, 185 s.

Levitt, J. 1980. *Responses of Plants to Environmental Stresses*. Academic Press, New York, p. 697

Matucha, M. 2008. *Chlor v lesním ekosystému – posypy škodí vegetaci*. *Eko – ekologie a společnost*, 3/2008, 13 – 16

Nilsen, E. T., Orcutt, D. M. 1996. *Physiology of plants under stress*. Virginia Polytechnic Institute and State University, USA, p. 689

Odum, E. P. 1977. *Základy ekologie*. Academia, Praha, 733 s.

Rubin, B. A. 1966. *Fyziologie rostlin*. Academia, Praha, 488 s.

Slavíková, J. 1986. *Ekologie rostlin*. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 368 s.

Součková, M. 2006. *Přehled trvalek pro použití ve výsadbách městské zeleně*. *Acta Pruhoniana* (85), Praha, 115 – 126

Suchara, I. 2001. *Charakteristiky urbanizovaného prostředí, jeho hlavní vlivy na městskou zeleň a současné možnosti péče o dřeviny*, in Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Průhonice, Technické služby města Klatov (eds.), *Životní prostředí a veřejná zeleň ve městech a obcích*. Sborník přednášek, 27. ročník, Nová tiskárna Pelhřimov s.r.o., 18 – 25

Šuchmannová, I. 2005. *Suchomilné trvalky*. Grada Publishing, Praha, 80 s.

Internetové zdroje:

Baroš. A. Smíšené trvalkové záhony s extenzivní péčí – ukázková plocha za Černým rybníkem [online]. Dendrologická zahrada, VÚKOZ, v. v. i., 2008. Dostupné z: <<http://www.dendrologickazahrada.cz/index.php?content=20&sub=48>>

9 Přílohy

Příloha I - přehled suchomilných trvalek dle Ivony Šuchmannové

Acanthus – paznechtík

A. hungaricus

A. mollis

A. spinosus

Achillea – řebříček

A. filipendulina

A. millefolium – řebříček obecný

Agastache

A. foeniculum

A. rugosa

Anaphalis – plesnivka

A. margaritacea

A. triplinervis

Anchusa – pilát

A. azurea

Anthemis – rmen

A. tinctoria – rmen barvířský

A. sancti-johannis

Arctanthemum

A. arcticum

Artemisia – pelyněk

A. schmidtiana

A. ludoviciana

Asclepias – klejicha

A. tuberosa

A. syriaca – klejicha mléčící

Asphodeline – asfodelka

A. lutea

Asphodelus – kopíčko, asfodel

A. albus

Aster – hvězdnice

A. linosyris – hvězdnice zlatovlásek

A. amellus – hvězdnice chlumní

A. ptarmicoides

A. sedifolius – hvězdnice šedá

Baptisia

B. australis

B. tinctoria

Bergenia – bergénie, badan

B. cordifolia

Buphthalmum – volovec, volské oko

B. salicifolium – volovec vrbolistý

Calamintha – marulka

C. grandiflora

C. nepeta

Campanula – zvonek

C. glomerata – zvonek klubkatý

C. persicifolia – z. broskvolistý

C. carpatica – z. karpatský

C. poscharskyana

C. alliariifolia – z. česnáčkolistý

C. rapunculoides – z. výběžkatý

Carlina – pupava

C. acaulis – pupava bezlodyžná

C. acanthifolia

Catananche – poblekla

C. caerulea – poblekla modrá

Centaurea – chrpa

C. dealbata

C. macrocephala

C. montana

C. ruthenica

C. simplicicaulis

Centranthus – mravuň

C. ruber – mravuň červená

Cephalaria – hlavatka

C. alpina

C. gigantea

Chrysanthemum

Chrysogonum

Ch. virginianum

- Chrysopsis* – zlatoočko
Ch. villosa
- Coreopsis* – krásnoočko
C. grandiflora
C. lanceolata
C. verticillata
C. auriculata
C. rosea
- Crambe* – katrán
C. cordifolia
C. maritima – katrán přímořský
C. tatarica – katrán tatarský
- Crucianella* – křížmolistka
C. stylosa
- Dianthus* – hvozdík
D. gratianopolitanus – h. sivý
D. deltoides – hvozdík kropenatý
D. plumarius – hvozdík pérovitý
- Dictamnus* – třemdava
D. albus – třemdava bílá
- Digitalis* – náprstník
D. ferruginea
D. lanata – náprstník vlnatý
- Dracocephalum* – včelník
D. austriacum – včelník rakouský
D. ruyschiana – včelník skalní
- Duchesnea*
D. indica
- Echinacea*
E. angustifolia
E. purpurea
- Echinops* – bělotrn
E. bannaticus
E. ritro – bělotrn modrý
- Eremurus*
E. olgae
E. robustus
E. stenophyllus
- Erigeron* - turan
E. glaucus – turan sivý
E. karwinskianus
- Eriophyllum*
E. lanatum
- Eryngium* – máčka
E. alpinum – máčka alpská
E. amethystinum
E. bourgatii
- Euphorbia* – pryšec
E. amygdaloides – p. mandloňovitý
E. griffithii
E. myrsinites – pryšec myrtovitý
- Filipendulina* – tužebník
F. vulgaris – tužebník obecný
- Gaillardia* – kokarda
G. aristata
- Gaura* – svičkovec
G. lindheimeri
- Geranium* – kakost
G. × cantabrigiense
G. cinereum – kakost sivý
G. dalmaticum – kakost dalmatský
G. himalayense – k. velkokvětý
G. macrorrhizum – k. oddenkatý
G. sanguineum – kakost krvavý
- Gypsophila* – šater
G. paniculata – šater latnatý
G. repens – šater plazivý
- Helianthus* – slunečnice
H. atrorubens
H. rigidus
H. salicifolius
- Hemerocallis* – denivka
- Hesperis* – večernice
H. matronalis – večernice vonná
- Hyssopus* – yzop
H. officinalis – yzop lékařský

- Inula* – oman
I. ensifolia – oman mečolistý
- Iris* – kosatec
I. pumila – kosatec nízký
I. chamaeiris
I. aphylla – kosatec bezlistý
- Jasione* – pavinec
J. laevis – pavinec vytrvalý
- Knautia* – chrastavec
K. macedonica
- Khiphofia*
K. uvaria
- Lamium* – hluchavka
L. galeobdolon – hluchavka žlutá
- Lathyrus* – hrachor
L. latifolius – hrachor širokolistý
- Lavandula* – levandule
L. angustifolia – levandule lékařská
- Lavatera* – slézovec
L. olbia
L. thuringiaca – slézovec duryňský
- Liatris* – šušcarda, shorakvět
L. pycnostachys
L. scariosa
L. spicata
- Limonium* – limonka
L. gmelinii – limonka podunajská
L. latifolium
- Linaria* – lnice
L. genistifolia ssp. *dalmatica*
L. purpurea – lnice nachová
- Linum* – len
L. flavum – len žlutý
L. narbonense – len narbonský
L. perenne – len vytrvalý
- Lupinus* – vlčí bob, lupina
L. polyphyllus
- L.* – hybridy
- Lychnis* – kohoutek
L. chalcidonica – k. chalcedonský
L. × arkwrightii
L. coronaria – kohoutek věncový
L. × haageana
L. flos-jovis – kohoutek Jovišův
L. viscaria – kohoutek smolnička
- Malva* – sléz
M. alcea – sléz velkokvětý
M. moschata – sléz pižmový
- Morina* – morina
M. longifolia – morina dlouholistá
M. persica – morina řecká
- Nepeta* – šanta
N. cataria – šanta kočičí
N. × faassenii – šanta modrá
N. racemosa – šanta Mussiniho
N. nervosa
N. sibirica – šanta sibiřská
- Oenothera* – pupalka
O. fruticosa – pupalka křovitá
O. macrocarpa – p. missourská
O. speciosa – pupalka půvabná
- Origanum* – dobromysl
O. laevigatum
O. vulgare
- Paeonia* – pivoňka
P. officinalis – pivoňka lékařská
P. tenuifolia – pivoňka úzkolistá
- Papaver* – mák
P. orientale – mák východní
P. bracteatum – mák listenatý
P. atlanticum – mák atlantský
- Penstemon* – dračík
P. azureus – dračík modrý
P. barbatus
P. confertus – dračík stěsnaný
P. davidsonii – dračík Davidsonův
P. hirsutus – dračík chlupatý
P. pinifolius – dračík jehlicolistý

- Perovskia* – perovskie
P. atriplicifolia – p. lebedolistá
- Phlomis* – sápa
P. fruticosa
P. viscosa
P. samia
P. tuberosa – sápa hlíznatá
- Phlox* – plamenka
P. subulata – plamenka šídlovitá
P. douglasii – p. Douglasova
- Physalis* – mochně
P. alkekengi – mochně židovská
- Platycodon* – boubelka
P. grandiflorus – b. velkokvětá
- Potentilla* – mochna
P. atrosanguinea – m. tmavočervená
P. crantzii – mochna Crantzova
P. nepalensis – mochna nepálská
- Prunella* – černohlávek
P. grandiflora – č. velkokvětý
P. laciniata – černohlávek dřípený
P. × webbiana
- Pulsatilla* – koniklec
P. vulgarit – koniklec německý
- Rudbeckia* – třapatka, rudbekie
R. × ‘Gloriosa Daisy’
- Ruta* – routa
R. graveolens – routa vonná
- Salvia* – šalvěj
S. nemorosa – šalvěj hajní
S. officinalis – šalvěj lékařská
S. jurisicii – šalvěj Jurisicova
S. pratensis – šalvěj luční
- Santolina* – svatolina
S. chamaecyparissus – s. cypřišovitá
- Saponaria* – mydlice
S. officinalis – mydlice lékařská
S. × lempergii
- Scabiosa* – hlaváč
S. columbaria – hlaváč fialový
- Scutellaria* – šišák
S. baicalensis – šišák bajkalský
- Sedum* – rozchodník
S. spectabile – r. nádherný
S. telephium
- Stachys* – čísteč
S. byzantina (lanata) – čísteč vlnatý
S. monnieri – čísteč Monnierův
- Tanacetum*
T. macrophyllum
- Teucrium* – ožanka
T. chamaedrys – o. kalamandra
T. hyrcanicum
T. scorodonia
- Thymus* – mateřídouška
Thymus × citriodorus
T. serpyllum
- Verbascum* – divizna
V. olympicum
V. phoeniceum
V. nigrum – divizna černá
- Veronica* – rozrazil
V. austriaca – rozrazil rakouský
V. spicata – rozrazil klasnatý
V. teucrium
- Waldsteinia* – mochnička
W. geoides – mochnička kuklíková
- Yucca* – juka
Y. filamentosa – juka vláknitá
- Zauschneria*
Z. californica

Příloha II. - přehled trvalek pro použití ve výsadbách městské zeleně dle Marie Součkové

<i>Acaena</i> – druhy a kultivary	<i>Coreopsis verticillata</i>
<i>Aegopodium podagraria</i> ‘Variegatum’	<i>Cystopteris bulbifera</i> – druhy
<i>Achillea</i> – nízké druhy (<i>tomentosa</i>)	<i>Deschampsia cespitosa</i>
<i>Alchemilla caucasica</i> (syn. <i>erythropoda</i>)	<i>Dianthus caesius</i> – kultivary
<i>Alchemilla mollis</i>	<i>Digitalis purpurea</i> i další druhy
<i>Allium</i> – druhy a kultivary	<i>Doronicum pardalianches</i>
<i>Alyssum</i> – druhy	<i>Duchesnea indica</i>
<i>Anaphalis</i> – druhy i kultivary	<i>Epimedium</i> – druhy a kultivary
<i>Anthemis tinctoria</i> (druhy) – kultivary	<i>Erodium manescavii</i>
<i>Anthericum ramosum</i>	<i>Euphorbia epithymoides</i> (syn. <i>polychroma</i>)
<i>Aquilegia vulgarit</i> – kultivary	<i>Festuca amethystina</i> – druhy (<i>glauca</i>)
<i>Arabis procurens</i> i další druhy	<i>Festuca gautieri</i>
<i>Arrhenatherum elatius</i> subsp. <i>bulbosum</i> ‘Variegatum’	<i>Filipendula vulgaris</i>
<i>Artemisia schmidtiana</i> ‘Nana’ a jiné druhy	<i>Galtonia candicans</i>
<i>Aster alpinus</i> a kultivary	<i>Geranium</i> × <i>cantabrigiense</i>
<i>Aster dumosus</i> – kultivary	<i>Geranium macrorrhizum</i> – kultivary
<i>Aster linosyris</i>	<i>Geranium nodosum</i> – kultivary
<i>Aurinia saxatilis</i> (syn. <i>Alyssum saxatile</i>)	<i>Geranium sanguineum</i> – kultivary
<i>Bergenia</i> – druhy a kultivary	<i>Geum</i> × <i>cultorum</i> – kultivary
<i>Bouteloua gracilit</i> (syn. <i>oligostachya</i>)	<i>Glechoma hederacea</i> – kultivary
<i>Brunnera macrophylla</i>	<i>Helianthemum</i> – druhy a kultivary
<i>Bupthalmum salicifolium</i>	<i>Helichrysum thianshanicum</i>
<i>Calamagrostis</i> × <i>acutiflora</i>	<i>Hemerocallis</i> – druhy i kultivary
<i>Calamintha nepeta</i> subsp. <i>nepeta</i>	<i>Hieracium aurantiaca</i> – další druhy
<i>Carlina</i> – druhy	<i>Hypericum calycinum</i>
<i>Centaurea montana</i>	<i>Hyssopus officinalis</i>
<i>Centranthus ruber</i>	<i>Iberis sempervirens</i> – kultivary
<i>Cerastium</i> – druhy	<i>Inula ensifolia</i>
<i>Ceratostigma plumbaginoides</i>	<i>Lamiastrum galeobdolon</i> – kultivary
	<i>Lamium maculatum</i> – kultivary

Lavandula – druhy i kultivary
Leucanthemum vulgare
Leymus arenarius
Limonium latifolium
Lithospermum purpureocaeruleum
Luzula nivea
Lychnis coronaria (flos-jovis)
Lychnis viscaria (flos-cuculi)
Lysimachia clethroides
 (punctata, vulgaris)
Meconopsis cambrica
Mellisa officinalis
Miscanthus sinensis – kultivary
Oenothera macrocarpa
 (syn. missouriensis)
Origanum vulgare – kultivary
Paeonia lactiflora a další druhy
Papaver nudicaule
Phlox subulata – nízké druhy
Physalis alkekengii – kultivary
Pleioblastus pygmaeus
Potentilla vyšší druhy a kultivary
 (nepalensis, recta,
 thurberii, × cutlorum)
Primula vulgarit
Ruidbeckia fulgida – kultivary
Ruta graveolens
Salvia nemorosa – kultivary
Salvia officinalis – kultivary
Sanguisorba minor

Santolina – druhy
Satureja montana
Sedum kamtschaticum – nízké druhy
Sedum spectabile – vyšší druhy a kultivary
Sesleria autumnalis
Spodiopogon sibiricus
Stachys byzantina – kultivary
Stachys macrantha (syn. grandiflora)
Stipa calamagrostis
Symphytum grandiflorum – kultivary
Tellima grandiflora
Teucrium chamaedrys
Veronica spicata – kultivary a další
 nižší druhy (teucrium, chamaedrys)
Vinca minor (major) – kultivary
Waldsteinia – druhy
Yucca filamentosa – kultivary