

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra botaniky a fyziologie rostlin



**Fakulta agrobiologie,
potravinových a přírodních zdrojů**

Psamofyty a petrofyty: specifická vegetace v rámci České republiky

Bakalářská práce

Autor práce: Tomáš Táborský

Obor studia: Zahradnictví (ABZ)

Vedoucí práce: RNDr. Milan Skalický, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci „Psamofyty a petrofyty: specifická vegetace v rámci České republiky“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 2. května 2021

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval vedoucímu své bakalářské práce panu RNDr. Milanu Skalickému, PhD. za vstřícný přístup, cenné rady a čas, který mi věnoval při konzultacích.

Psamofyty a petrofyty: specifická vegetace v rámci České republiky

Souhrn

Psamofytní a petrofytní flóra tvoří poměrně malé procento druhů rostoucích na území České republiky, svojí schopností čelit nehostinným podmínkám písčiny a skalnatých stanovišť však budí velký zájem nejen mezi botaniky, ale také mezi zahrádkáři. Obě tyto skupiny rostlin jsou charakteristické svou nízkou schopností kompetice, vysokou mírou specializace, adaptace a endemismu, ale také náchylností k ohrožení změnou prostředí, přímým či nepřímým antropogenním vlivem nebo invazí nepůvodních druhů.

Největším nebezpečím pro písčinnou vegetaci je v současnosti ztráta písčiny biotopů způsobená jejich stabilizací a invazí nepůvodních druhů, jako je např. růže svraskalá (*Rosa rugosa*) v pobřežních oblastech severozápadní Evropy nebo kosmatec šavlovitý (*Carpobrotus acinaciformis*) na Apeninském poloostrově. Rostliny rostoucí na skalnatém substrátu nejsou, vzhledem ke své nepřístupnosti, v takovém ohrožení, jako psamofyty. Se stále se zvyšující oblíbeností volnočasových aktivit typu alpinismu, horolezení a turismu se však i tyto dříve izolované druhy dostávají pod nežádoucí antropogenní vliv. Ještě nebezpečnější je pro petrofytní vegetaci těžba horniny, při které dochází ke ztrátě celých biotopů a potenciálním extinkcím této často endemité flóry.

Pro svou schopnost snášet nedostatek vlhkosti, vysokou či naopak velmi nízkou míru sluneční radiace a pro schopnost prosperovat na mělkých a na živiny chudých půdách, jsou psamofytní a petrofytní rostliny vyhledávaným doplňkem zahrad, parků i jiné městské zeleně. Pro jejich využití v zahradě se budují speciální skalky neboli alpina a suché zídky suplující přirozené životní prostředí těchto druhů. Často jsou vysazovány také do žlabů, koryt a květníků, případně do nehostinných míst, kde jiné druhy neprosperují.

Mezi běžně pěstované zástupce v okrasných středoevropských skalkách patří namátkou domácí lomikameny (*Saxifraga* sp.), tařice (*Aurinia* sp., *Alyssum* sp.), mochny (*Potentilla* sp.), mateřídoušky (*Thymus* sp.), koniklece (*Pulsatilla* sp.), zvonky (*Campanula* sp.), hořce (*Gentiana* sp.), rozchodníky (*Sedum* sp.) a netřesky (*Sempervivum* sp.) nebo stínomilné kapradiny jako sleziník červený (*Asplenium trichomanes*), kyvor lékařský (*Ceterach officinarum*) a osladič obecný (*Polypodium vulgare*).

Klíčová slova: skalní výchoz, suť, váté písky, duna, skalka

Psammophytes and Petrophytes: specific vegetation in the Czech republic

Summary

Psammophytic and petrophytic flora makes up a relatively small percentage of species growing in the Czech Republic, but its ability to withstand the inhospitable conditions of sandy and rocky habitats arouses great interest not only among botanists, but also among gardeners. Both of these groups of plants are characterized by their low ability to compete, high degree of specialization, adaptation and endemism, but also their susceptibility to threats from environmental change, direct or indirect anthropogenic influence or invasion of non-native species.

Currently, the greatest danger to psammophytic vegetation is the loss of sandy habitats caused by their stabilization and invasion of non-native species such as *Rosa rugosa* in the coastal areas of northwestern Europe or the *Carpobrotus acinaciformis* on the Apennine Peninsula. Plants growing on a rocky substrate are not, due to their inaccessibility, in such a threat as psammophytes, but with the ever-increasing popularity of leisure activities such as mountaineering, climbing and tourism, even these previously isolated species come under anthropogenic influence. Even more dangerous for petrophyte vegetation is mining, which results in the loss of entire habitats and the potential extinction of this often endemic flora.

For their ability to tolerate lack of humidity, high or very low levels of solar radiation and thrive on nutrient-poor and shallow soils, psammophytic and petrophytic plants are a sought-after addition to gardens, parks and other urban greenery. For their use in the garden, special rock gardens or alpina and dry walls are being built to replace the natural environment of these species. They are often planted in gutters, troughs and flower beds or in inhospitable places where other species do not thrive.

Commonly grown representatives in ornamental Central European rocks include, at random, domestic *Saxifraga* sp., *Aurinia* sp., *Alyssum* sp., *Potentilla* sp., *Thymus* sp., *Pulsatilla* sp., *Campanula* sp., *Gentiana* sp., *Sedum* sp. and *Sempervivum* sp. or shade-loving ferns such as *Asplenium trichomanes*, *Ceterach officinarum* and *Polypodium vulgare*.

Keywords: rocky outcrop, scree slope, blown sands, dune, alpinum

Obsah

1 Úvod	- 7 -
2 Cíl práce	- 8 -
3 Psamofyty.....	- 9 -
3.1 Biotop vátých písků.....	- 9 -
3.1.1 Abiotické podmínky, adaptace	- 11 -
3.1.1.1 Pohyb písku	- 11 -
3.1.1.2 Vlhkost a teplota.....	- 12 -
3.1.1.3 Salinita.....	- 13 -
3.1.2 Vegetace	- 13 -
3.1.2.1 Vegetace třídy <i>Festucetea vaginatae</i>	- 14 -
3.1.2.2 Vegetace třídy <i>Koelerio – Corynephoretea</i>	- 14 -
3.2 Degradace a ochrana	- 17 -
4 Petrofyty.....	- 19 -
4.1 Skalní biotop.....	- 19 -
4.1.1 Abiotické podmínky, adaptace	- 20 -
4.1.1.1 Srážky a vlhkostní poměry	- 20 -
4.1.1.2 Půda.....	- 21 -
4.1.1.3 Světelné a teplotní podmínky	- 21 -
4.1.2 Vegetace	- 22 -
4.1.2.1 Vegetace třídy <i>Asplenieta trichomanis</i>	- 22 -
4.2 Biotop sutí.....	- 25 -
4.2.1 Abiotické podmínky, adaptace	- 26 -
4.2.2 Vegetace	- 28 -
4.2.2.1 Vegetace třídy <i>Thlaspietea rotundifolii</i>	- 29 -
4.3 Degradace a ochrana	- 31 -
5 Druhy vhodné pro okrasné využití.....	- 32 -
6 Diskuze	- 42 -
7 Závěr	- 44 -
8 Literatura.....	- 45 -

1 Úvod

Psamofytní a petrofytní vegetace obývá azonální biotopy vátých písků, skal a sutí. Aby druhy rostoucí na těchto nehostinných stanovištích mohly prosperovat, musely si během evoluce vytvořit četné adaptace, které jim pomáhají snášet často extrémní abiotické podmínky, jako je např. vysoká intenzita slunečního záření, sucho, horko či chlad, nedostatek živin nebo i zásyp substrátem (Hesp 1991; Fitzsimons & Michael 2017).

Jak mezi psamofytní, tak mezi petrofytní vegetací můžeme rozlišit silně specializované druhy, které obývají pouze stanoviště nejméně pohostinná, a druhy s širší ekologickou valencí. Specialisté vátých písků se vyskytují především v prostředí pohyblivých dun, kde jiná vegetace není schopná zvládat periodický zásyp a odkryv substrátem. Druhy úzce specializované na skalní podklad pak obývají skalní škvíry a štěrbiny či přímo povrch horniny. S vysokou mírou specializace však souvisí snížená konkurenční schopnost, a proto jsou tyto rostliny neschopné prosperovat v pro jiné druhy pohostinnějším prostředí.

Psamofyty jsou rostliny adaptované na růst v písčném substrátu vnitrozemních či pobřežních dun a plošných pokryvů (Slavíková 1986). Ve světovém měřítku zabírají tato stanoviště značnou část pevniny, v České republice jsou však zastoupena pouze nepatrným územím, rozděleným do několika hlavních oblastí. Nejvýznamnější biotopy vátých písků se u nás nacházejí na jižní Moravě mezi Hodonínem a Bzencem – národní přírodní památka Váté pisky a v Polabí. Stejně jako podobná kontinentální stanoviště v Evropě i ve světě vznikla i tato vyfoukáním pleistocenních aluviálních usazenin pískového charakteru z oblastí větších řek (Petránek 1993). V oblasti kvadrických pískovců v Polabí je navíc hromadění nového materiálu spojeno i s průběžným zvětráváním těchto masivů.

Petrofyty si vzhledem k nepřístupnosti svých stanovišť a málo proměnlivým, ač často extrémním, abiotickým podmínkám, v průběhu tisíciletí vytvořily stabilní společenstva s neřídkým výskytem reliktních druhů (Chytrý et al. 2009). Skalnatá stanoviště jako tzv. refugia napomáhají k druhové diverzitě a umožňují méně konkurenčně schopným druhům přežít nepříznivá období.

V této práci je důraz kladen především na bylinné spektrum psamofytní a petrofytní vegetace. Jména autorů vědeckých jmen rostlinných druhů a syntaxonů byla pro přehlednost vypuštěna, nomenklatura se řídí Klíčem ke květeně České republiky (Kaplan et al. 2019). U druhů přirozeně nerostoucích na území České republiky se nomenklatura řídí zdrojovými dokumenty.

2 Cíl práce

Hlavním cílem práce je podat ucelený ekologicko-vegetační pohled na skupinu psamofytních a petrofytních rostlin rostoucích v Evropě (s hlavním zaměřením na ČR) a ve světě a na jejich možné využití v okrasných skalkách zahrad, parků a městském prostředí s ohledem na jejich nároky na abiotické prostředí.

3 Psamofyty

Rostliny rostoucí na písčítých substrátech se nazývají psamofyty. Obývají extrémní stanoviště chudá na živiny, tvořená z více než 90 % zrn o velikosti 0,1 – 2 mm a maximálně 10 % jílnatých částic (Slavíková 1986). Píščiny jsou extrémním stanovištěm, na kterém roste jen malé procento druhů adaptovaných na tyto podmínky.

Vegetace písčin trpí nedostatkem vláhy. Vzhledem k úplné či částečné absenci humusu je písek neschopný vázat vodu a rychle vysychá. Rostliny rostoucí v tomto prostředí bývají proto vybaveny hlubokým kořenovým systémem, schopným sbírat podzemní vodu z hlubších vrstev, nebo rozsáhlým systémem pokrývajícím velkou plochu a zachycujícím dešťové srážky (Slavíková 1986). Případně se jedná o rostliny vykazující sukulentní charakter, které jsou na vodu nenáročné.

Teplotní podmínky jsou na povrchu písečných lokalit extrémní. Převážně v letních měsících se jejich povrch výrazně ohřívá a dosahuje vysokých teplot, v noci pak rychle teplo vyzařuje a chladne. Již pár centimetrů pod povrchem je však teplota poměrně stabilní. Vzduch mezi částicemi písku slouží jako výborný izolant a nižší vrstvy si tak udržují stabilní nízkou teplotu (Chytrý et al. 2007).

Vzhledem k absenci organických látek zadržuje písek špatně živiny a rostliny zde rostoucí řadíme mezi oligotrofní. Dalším faktorem, kterému musí zdejší vegetace čelit, je pohyb písku. Dochází zde k pravidelnému zasypávání nadzemních částí rostlin a k obnažování jejich kořenů či oddenků, což má vliv na jejich vysychání.

Vzhledem k těmto nepříznivým podmínkám si rostliny v průběhu evoluce vytvořily různé životní strategie umožňující jim v prostředí písčin přežít. Některé volí strategii jednoleté ontogeneze. Tyto tzv. terofyty se vyvíjejí v jarních měsících, kdy je vlhkost písku vzhledem k letním měsícům vysoká a konkurenční porost ještě není zapojený. I proto si mohou dovolit kořenit mělce a ne příliš bohatě. Během jednoho roku vykvetou, vysemení a odumřou. Rostliny vytrvalé bývají vybaveny bohatým kořenovým systémem, který pomáhá čerpat vodu z hlubších vrstev substrátu a zároveň není tak náchylný na částečné obnažení (Chytrý et al. 2007).

3.1 Biotop váťých písků

Písek je nezpevněný klastický materiál s velikostí zrn 0,06 – 2 mm, který vzniká rozpadem hornin a v průběhu času bývá přemístován, tříděn a opracováván přírodními silami. Tvoří jej nejčastěji křemenná zrna s konkrétními mikroreliefními prvky mapujícími jeho původ. Usazuje se především v říčních, jezerních a mořských oblastech, odkud může být dále přesouván. (Petránek 1993).

Takzvané eolické neboli váťé písky vznikají přemístěním pískové frakce sedimentů větrem a jejich následným ukládáním na místech, kde rychlost větru klesá. Zde pak může vytvářet dva specifické morfologické útvary – plošné pokryvy a duny (Růžičková et al. 2003).

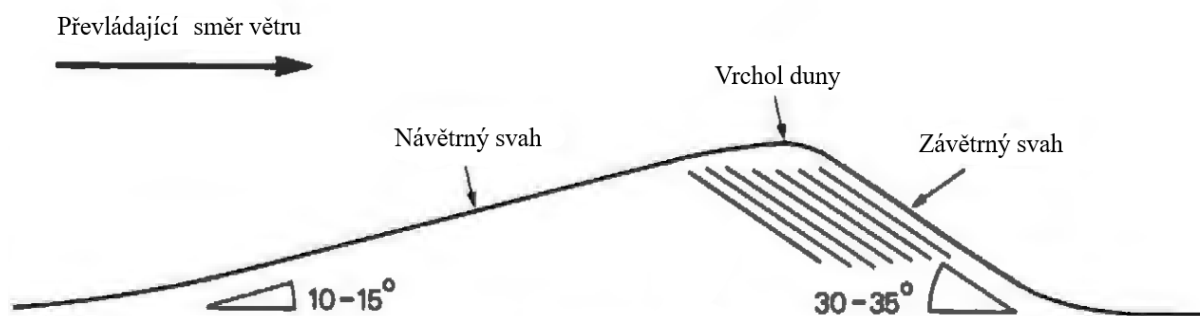
Plošné pokryvy tvoří vertikálně jednotné oblasti bez výraznějších překážek, které by bránily proudění větru a pravidelnému přesypu písku, duny jsou pak typickým prvkem pouštních oblastí, kde mohou dosahovat extrémních výškových i plošných rozměrů, nebo

mořských pobřeží či břehů jiných vodních ploch. V evropských podmínkách se však pouštní oblasti nevyskytují, proto na pouštní vegetaci nebude níže kladen zvláštní důraz.

Ve střední Evropě se nacházejí písky kyselé i bazické povahy. Jejich kyselost je dána především chemismem horniny, ve které pramení řeka, jež písek přináší. Všechny písčiny v České republice jsou kyselé (Chytrý et al. 2007), neboť české řeky pramení v kyselých hercynských pohořích. Mezi hlavní lokality u nás patří písčiny v Polabí a v údolí řeky Moravy. Další kyselé písky se vyskytují v Polsku, Německu, či Maďarsku a na Slovensku. Bazické písčiny se vyskytují především v oblastech na území Maďarska, Rakouska, Německa a Slovenska.

Pobřežní duny se nacházejí téměř ve všech zeměpisných šířkách a vyznačují se vysokou ekologickou rozmanitostí z pohledu heterogenity prostředí, geomorfologických rozměrů a rozdílností složení (Del Vecchio et al. 2017).

Samotná duna (*Obr. 1*) sestává ze strany návětrné, kde vegetace musí čelit silné erozi substrátu, vrcholu duny, kde trpí jak erozí, tak zásypem, a strany závětrné, kde dochází k častému úplnému, či částečnému zásypu psamofytní flóry (Luo & Zhao 2015).



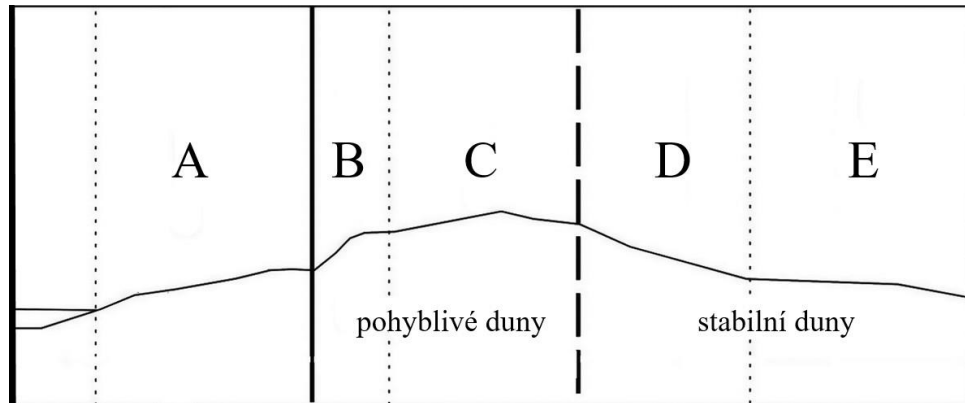
Obr. 1: Základní morfologie transversální duny (upraveno podle Summerfield 2013).

V dnešní době pokrývají pobřežní duny ve střední Evropě zhruba 930 km² - 480 km² v Nizozemsku, 96 km² v Německu a 350 km² v Polsku. (Leuschner & Ellenberg 2017). Podle Marcenó et al. (2018) se prostředí pobřežních dun (podle vzdálenosti od moře) dělí do několika zón: (*Obr. 2*)

- 1) **Pláž** - Pláž je plochá zóna, která je silně ovlivněná příbojem. Vegetace pláží je nitrofilní, což je dáno vysokým obsahem dusíku způsobeným vyplavováním organického materiálu, a halofilní vzhledem k salinitě mořské vody (Leuschner & Ellenberg 2017). Vegetace pláží bývá často ničena rekreační antropogenní činností.
- 2) **Pohyblivé duny** – Pohyblivé duny, nazývány též bílé podle nižšího stádia sukcese, můžeme rozdělit na tzv. embryonální duny, což je část blíže k pobřeží o výšce několika centimetrů, kde útvar vzniká, a na samotné bílé duny, které mohou měřit až několik metrů. Komplex pohyblivých dun je, převážně vzhledem k působení větru, případně deště z mořských bouří, dynamickým systémem (Marcenó et al.

2018). Vegetace zde rostoucí je typicky psamofytní, tedy přizpůsobená pro růst v pohyblivém písku (Leuschner & Ellenberg 2017).

- 3) **Stabilní duny** – Na stabilních dunách, nazývaných též šedé duny podle vyššího procenta humusu a vyšší míry sukcese, nedochází k pohybu písku. Vegetace je zastoupena především nízkými travinami, mechorosty a lišejníky (Leuschner & Ellenberg 2017).



Obr. 2: Zonace pobřežních dun – A: Pláž, B: embryonální duny, C: bílé duny, D: částečně stabilizované duny, E: plně stabilizované duny (upraveno podle Marcenó et al. 2018).

3.1.1 Abiotické podmínky, adaptace

Jak na pobřežních dunách, tak na vátých píscích vnitrozemí musí rostliny čelit nepříznivým abiotickým vlivům. Je to především zasypání pískem, či naopak odkrytí způsobené větrem, zvýšená hladina soli v substrátu i ovzduší, sucho, záplava vlnami, vysoká intenzita světla, vystavení větru a nedostatek živin (Hesp 1991). V reakci na tyto jevy si psamofyty vytvořili četné adaptace, které jim pomáhají snášet pro jiné druhy nehostinné prostředí.

3.1.1.1 Pohyb písku

Větretem způsobené částečné či úplné zakrytí rostliny pískem, nebo naopak odkrytí kořenového systému, patří k běžným situacím, které mají vliv na růst psamofytní vegetace. Hluboké pohřbení rostliny má za následek snížení fotosynteticky aktivní plochy, omezuje vertikální růst a také příjem kyslíku. Naopak jen částečné a krátkodobé zakrytí může mít pozitivní vliv na růst biomasy (Luo & Zhao 2015).

Jednou z nejdůležitějších strategií, díky které rostliny tyto vlivy překonávají, je klonální integrace. Jednotlivé ramety, neboli výhony schopné samostatné existence, jsou pod zemí spojeny pomocí oddenků a v případě zakrytí jedné ramety pískem, či jejím obnažením jsou schopny sesterské rostliny suplovat příjem výživových látek. Díky této interakci může rostlina přežít po tmě a pod tlakem písku. (Luo & Zhao 2015)

Další reakcí na zasypání pískem je také schopnost druhu vyrůst do značné výšky. Martínez & Maun (1999) provedli pokus zasypání mečů přirozeně rostoucích na dunách

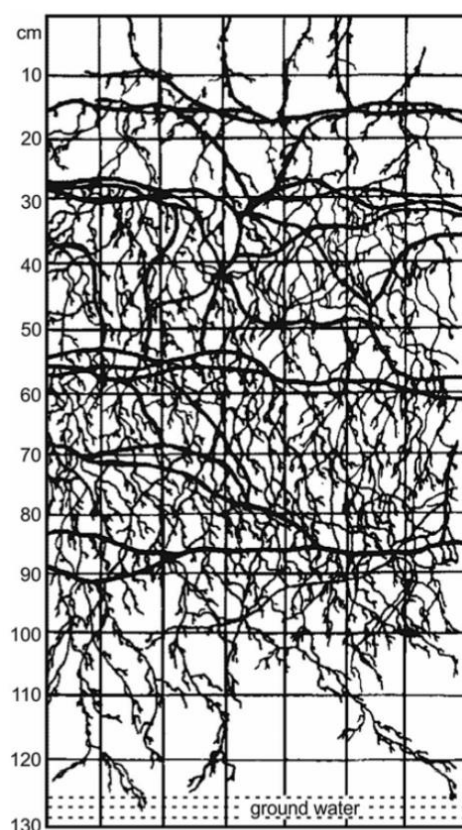
pobřeží Huronského jezera (SV USA) a zjistili, že některé druhy jsou schopné vyrůst až do výšky 35 násobku svého přirozeného vzrůstu. Stejná studie také upozorňuje na zvláštní schopnost některých druhů rychlejšího růstu po zasypání.

3.1.1.2 Vlhkost a teplota

Sucho a vysoké výkyvy teplot jsou dalšími z několika faktorů znepříjemňujících život psamofytních rostlin. Vzhledem k absenci jílovitých částic je písek substrátem s velmi nízkou schopností vázat vodu. Má také dobré izolační vlastnosti a díky tomuto faktu je, navzdory velkým teplotním výkyvům na jeho povrchu, v hlubších vrstvách chladné a vlhké stabilní mikroklima (Leuschner & Ellenberg 2017).

Zásadní roli v získávání vody obstarávají kořeny. Gad et al. (2012) zkoumali vegetaci písčiny v severní části Sinajského poloostrova, mimo jiné se zaměřením na velikost kořenového systému. Podle jejich závěrů je důležitá nejenom rozsáhlost kořenového systému, ale také poměr mezi podzemní a nadzemní částí rostlin. Čím rozsáhlejší je nadzemní část rostliny, tím vyšší je míra transpirace a ztráty vody a tím rozsáhlejší musí být kořenový systém.

Velmi pozoruhodná je také schopnost psamofytních druhů rychle zvýšit objem kořenové masy (Obr. 3) i nadzemních výhonů v nově navátém písku (El-Sheikh et al. 2021).



Obr. 3: Schopnost psamofytních druhů vytvářet husté sítě kořenů / rhizomů v nově navátém písku – v 15 cm, 30 cm, 55 cm a 85 cm je vidět tvorba horizontálních rhizomů, způsobená zasypáváním rostliny (Leuschner & Ellenberg 2017).

Další strategií rostlin v hospodaření s vodou je také sukulence některých druhů, případně sklerotifikace listů omezující výpar vody (Leuschner & Ellenberg 2017).

Povrch písku se za slunečných letních dní může ohřát až na hodnotu 60° C (Slavíková 1986) a v noci, případně při příchodu oblačnosti rychle teplotu ztrácet. Takto vysoké teploty mohou ohrožovat správnou funkci enzymů, vegetace proto vykazuje adaptace na teplotní stres. Důležitou roli v ochraně enzymů hrají tzv. heat shock proteiny, které stabilizují bílkoviny a umožňují jim tak plnit svou funkci i během vysokých denaturačních teplot (Wahid et al. 2007).

3.1.1.3 Salinita

Jednou ze zásadních adaptací pobřežních druhů je tolerance na zvýšenou hladinu soli v okolním prostředí. Sůl ohrožuje rostliny třemi možnými způsoby (podle Leuschner & Ellenberg 2017):

- 1) Dehydratačním stresem způsobeným negativními potenciály půdní vody v kořenové zóně solného roztoku.
- 2) Iontovou toxicitou danou vychytáváním iontů Na⁺ a Cl⁻.
- 3) Nerovnováhou živin v důsledku sníženého příjmu NO³⁻, K⁺ a Ca²⁺.

Těmto stresům čelí vegetace morfologickými i fyziologickými adaptacemi, jako jsou:

Kompartmentace – Schopnost pumpovat sodík Na⁺ / H⁺ antiportním systémem do vakuol, kde je ukládán. Aby rostliny zachovaly osmotickou rovnováhu, mezi cytoplazmou a vakuolou čerpají do cytoplazmy osmoticky aktivní látky, které zvyšují osmotický potenciál na -3 MPa až -5 MPa. Zvýšený osmotický potenciál také zajišťuje příjem vody ze slané půdy a chrání membrány a enzymy před negativními vlivy NaCl. (Deinlein et al. 2014; Leuschner & Ellenberg 2017)

Solná sukulence – Mnohé rostliny si osvojily schopnost zvýšit objem vody v cytoplazmách buněk a v tkáních, aby tak zředily koncentraci NaCl (Wang et al. 2012; Leuschner & Ellenberg 2017). Podle Ma et al. (2019) však k tomuto jevu dochází spíše při středních hodnotách slanosti. Při extrémnějších hodnotách, kdy lze u rostlin předpokládat nejvyšší potřebu ochrany buněk, dochází naopak ke snížení hydratace tkání a účinek ředění iontů příjmem vody je tedy zpochybněn.

Vylučování soli – Rostliny využívají k vyloučení soli různé strategie, jako je např. vylučování pomocí solných žláz umístěných na povrchu listu, odkud jsou pak spláchnuty deštěm, či hromadění soli v trichomech, případně starších listech, které následně odpadávají (Slavíková 1986; Leuschner & Ellenberg 2017).

3.1.2 Vegetace

Typicky psamofytní vegetace se vyskytuje především na lokalitách s pravidelným pohybem písku, jako jsou např. pohyblivé duny, případně na místech, kde dochází k narušování písčitého podkladu, jako je tomu např. v pískových lomech nebo na vojenských cvičištích.

Na písčitém substrátu, který není pravidelně narušován ať už větrnou, nebo jinou erozí, dochází postupem času k ukládání humusu a sukcesi méně specializované vegetace.

V České republice rozlišujeme dvě třídy vegetace rostoucí na písčínách. Jedná se o třídu *Festucetea vaginatae* a třídu *Koelerio – Coryneporetea*.

Popis jednotlivých tříd, svazů a asociací dle Chytrý et al. (2007).

3.1.2.1 Vegetace třídy *Festucetea vaginatae*

Jedná se o vegetaci kontinentálních písčných stepí. Rostliny sem spadající patří jak mezi hemikryptofyty – dvouleté až vytrvalé – s dobře vyvinutým kořenovým systémem tak i mezi jednoleté jarní efeméry, využívající jarního vlhkého období pro vytvoření rozmnožovacích orgánů. Tyto dvě hlavní skupiny doprovází mechy a lišejníky.

Vegetace třídy *Festucetea vaginatae* obývá extrémní stanoviště nezpevněných písčných substrátů kontinentální Evropy. Jejím původem jsou stepi a lesostepi Ukrajiny a jižního Ruska, odkud zasahuje do centrální Evropy a vytváří dva svazy *Koelerion glaucae* a *Festucion vaginatae*. Druhy spadající pod *Koelerion glaucae* se vyskytují převážně na bazických substrátech v Německu a Polsku, v České republice pak pouze výjimečně na vátých písčích Polabí, a proto zde tento svaz nebude samostatně popisován.

Festucion vaginatae

Tento svaz zahrnuje vegetaci panonských písčných stepí s dominancí kostřavy pochvaté (*Festuca vaginata*). Vyskytuje se ve Velké Uherské nížině, Dolních Rakousech, na Slovensku, u nás pak na malém území jižní Moravy na Hodonínsku, kde je zastoupena jednou asociací.

Diantho serotini-Festucetum vaginatae

Vegetace této asociace roste na částečně stabilizovaných vátých písčích křemičité kyselé povahy, které se u nás vyskytují na Hodonínsku a Bzenecku a v přilehlé části Slovenska. Obývá plochy, na kterých dochází k pravidelné disturbanci povrchu, jež zabraňuje sukcesi jiných druhů. Jsou to například protipožární bezlesé pásy podél železniční tratě, či vojenská cvičiště.

Mezi hlavní druhy patří kostřava pochvatá (*Festuca vaginata*), paličkovec šedavý (*Corynephorus canescens*) a na některých místech také kavyl písčný (*Stipa borysthena*).

Asociace *Diantho serotini-Festucetum vaginatae* je významná pro ochranu ohrožených druhů rostlin i živočichů. V současné době ji však ohrožuje sukcese a také nálet borovice a akátu.

3.1.2.2 Vegetace třídy *Koelerio – Coryneporetea*

Do této třídy řadíme vegetaci písčitých a mělkých skalnatých půd. Vzhledem k zaměření na psamofytární flóru, zde budou popsány pouze tři svazy vegetace rostoucí na písčínách. Tato třída je oproti předchozí druhově chudší a je v ní vyšší zastoupení subatlantských a atlantských druhů.

Koelerio – Coryneporetea je skupinou rostlin konkurenčně slabých, které by na stanovištích s méně extrémními podmínkami byly rychle přerosteny jinou vegetací. V průběhu svého vývoje si vytvořily adaptace na stresové prostředí a různé životní strategie.

Řadíme sem terofyty neboli jarní efeméry, které maximum své energie investují do tvorby rozmnožovacích orgánů a naopak vegetativní části u nich bývají nedokonale vyvinuté.

Podobnou strategii volí i vytrvalé efemeroidy, které suché roční období přečkávají ve formě cibulí a jiných vegetativních orgánů. Dalším příkladem jsou sukulentní rostliny s metabolismem typu CAM, jež otevírají své průduchy pouze v noci a neztrácí tak mnoho vody transpirací. Čtvrtou skupinou jsou především akrokarpní mechy a keříčkovité lišejníky.

Rozlišujeme tři svazy rostoucí na písčinech:

- 1) *Corynephorion canescentis* – otevřené trávníky písčin s paličkovcem šedavým
- 2) *Thero - Airion* – jednoletá vegetace písčin
- 3) *Armerion elongatae* – kostravové trávníky písčin

Corynephorion canescentis

Jedná se o otevřenou vegetaci kontinentálních písčinych dun a volných písčinych substrátů. V České republice jsou tato stanoviště kyselého charakteru s nízkými koncentracemi až absencí vápníku a převažují zde proto acidofilní druhy. K prosperitě vegetace tohoto svazu je nutná disturbance povrchu přirozenou, především větrnou, erozí a také často antropogenním zásahem. Tyto zásahy do biotopu zabraňují zazemnění a sukcesi.

Rozlišujeme dvě asociace.

Corniculario aculeatae-Corynephorium canescentis

Tato asociace obývá kyselá a na živiny velmi chudá stanoviště s vysokou mírou disturbance povrchu, jako jsou např. vojenská cvičiště, pískovny či pastviny. Hlavní místa výskytu v České republice jsou v pískovcových oblastech severních Čech, na Hodonínsku a v Polabí.

Dominantním druhem těchto rozvolněných trávníků je paličkovec šedavý (*Corynephorus canescens*), doprovázený jednoletými druhy jako je např. bělolist nejmenší (*Filago minima*), koleneček Morisonův (*Spergula morisonii*) nebo rozrazil Dilleniův (*Veronica dillenii*). Hojně jsou zastoupeny akrokarpní mechy jako rohozub nachový (*Ceratodon purpureus*) nebo ploník chluponosý (*Polytrichum piliferum*) a keříčkovité lišejníky.

Festuco psammophilae-Koelerietum glaucae

Oproti předchozí skupině se v této asociaci vyskytují, kromě acidofilních subatlantských druhů, také druhy sarmatské a sarmatsko – boreální, které jsou mírně bazofilnější. U nás se nacházejí především ve středním Polabí a místy na Hodonínsku.

I zde dominuje paličkovec šedavý (*Corynephorus canescens*) a kromě subatlantských druhů ho doprovází také subkontinentální kozinec písečný (*Astragalus arenarius*), hvozdík písečný (*Dianthus arenarius*) nebo šater svazčitý (*Gypsophila fastigiata*).

Thero – Airion

Svaz *Thero – Airion* zahrnuje otevřenou nízcí rostoucí terofytní vegetaci. Jde o pionýrskou skupinu obývající čerstvě narušené písčiny či štěrkové plochy. Nejběžněji se vyskytuje v subatlantských oblastech severozápadní Evropy, směrem na jihovýchod je čím dál tím vzácnější.

Tento svaz dělíme do dvou asociací.

Airetum praecocis

Tato asociace roste na písčítých půdách s vyšším procentem zahlinění, než je tomu běžné u písčinych dun nebo vátých písků. Vyskytuje se v kolinním a suprakolinním stupni na živiny chudém a kyselém substrátu. Nesnáší dobře výraznější narušování povrchu a extrémní sucho. Vzhledem k vyššímu procentu humusu na těchto stanovištích je půdní vlhkost stabilnější.

V České republice se vyskytuje na Dokesku, v Polabí a na Třeboňsku. Běžná je pak v Německu a Polsku.

Dominantním druhem je ovsíček časný (*Aira praecox*) doprovázený např. kolencem Morisonovým (*Spergula morisonii*) mrvkou myším ocáskem (*Vulpia myuros*) nebo rožcem pětimužným (*Cerastium semidecandrum*).

Vulpietum myuri

Jde o společenstvo rozvolněných travníků rostoucí často na pravidelně narušovaných poloruderálních stanovištích - podél lesních cest, v pískovných či kolejištích. Vyhledává chladnější a vlhčí mikroklima než asociace předešlá.

Obývá území od Irska přes jižní Švédsko, Německo, Polsko až do severního Maďarska. U nás se vyskytuje roztroušeně, místy na jižní Moravě. Dominantním druhem je mrvka myší ocásek (*Vulpia myuros*) v doprovodu dalších jednoletých trav a bylin.

Armerion elongatae

Tento svaz zahrnuje druhově bohaté travníky písčin s dominancí kostřav a psinečků. Často vytváří sukcesní stádium po *Corynephorion canescentis*, osidluje tedy zpevněné duny s větším podílem humusu. Vyskytuje se v nížinách centrální Evropy, hlavně v Německu a Polsku, u nás pak v Polabí, na Hodonínsku, Třeboňsku a Dokesku ve dvou asociacích.

Sileno otitae-Festucetum brevipilae

Jedná se o kostřavové travníky sarmatského původu, kterým dominuje kostřava drsnolistá (*Festuca brevipila*) a kostřava ovčí (*Festuca ovina*). Pro udržení společenstva je důležité pravidelné sečení či spásání. Při vyšší míře disturbance dochází k návratu svazu *Corynephorion canescentis*, naopak při ponechání bez zásahu je zarůstána vyššími travami a křovinami.

V České republice se vyskytuje především v severních Čechách a v Polabí.

Erysimo diffusi-Agrostietum capillaris

Vegetace této asociace je svým složením a biotopem, který obývá, podobná asociaci *Sileno otitae-Festucetum brevipilae*. Dominantním druhem je kostřava ovčí (*Festuca ovina*), obsahuje ale také některé panonské druhy, jako jsou např. trýzel rozvětvený (*Erysimum diffusum*), kostřava pochvatá Dominova (*Festuca vaginata* subsp. *dominii*) či lnice kručinkolistá (*Linaria genistifolia*).

V České republice se vyskytuje pouze na písčinách mezi Hodonínem a Bzencem.

3.2 Degradace a ochrana

Biotop vátých písků pobřežních i vnitrozemských je náchylný k degradaci, ke které dochází po tisíce let jak přirozenou cestou, tak vlivem člověka, který celý proces několikanásobně urychluje. V současné době jsou především pobřežní duny, vzhledem k velkému rozvoji turismu, jedním z nejnamáhanějších a nejohroženějších biotopů na naší planetě (Delgado-Fernandez et al. 2019).

Antropogenní vliv na biotop písčín však nemusí být pouze záporný. Obecně lze říci, že sešlapávání a jiné mechanické narušování člověkem či zvěří může vést ke snížení výskytu vzácných druhů, někdy dokonce i k jejich extinkci. Stejně tak vyšším přísunem organického materiálu a následnou stabilizací dun, či výstavbou měst a šířením nepůvodních druhů člověk napomáhá k zániku těchto stanovišť. Na druhou stranu například pastevectví či fyzické narušování písčín a její vegetace chrání písky před stabilizací a sukcesí nespécifické flóry a udržuje výskyt typických psamofytních druhů.

Vegetace vátých písků, především pobřežních dun je ohrožena sešlapem (Hesp et al. 2010). Nejvíce jsou ohroženy především druhy, které nedokáží rychle regenerovat. Pokud jsou např. jednoleté rostliny poškozeny ještě před vytvořením semen, nejsou schopny regenerovat tak jako druhy vytrvalé. Příkladem může být poslední populace *Anchusa littorea* přežívající na Sardinii, která je sešlapávána turisty využívajícími pláž k rekreačním účelům (Fenu et al 2012). Vzhledem k pouze lokálnímu výskytu tohoto druhu má každý poškozený metr čtverečný zásadní negativní dopad na celou populaci. Pro ochranu takto ohrožených druhů je tedy nutné omezení přístupu veřejnosti do oblastí jejich výskytu.

Zásadním problémem pro vegetaci písčín, a to především pobřežních dun, je také výskyt invazivních a nepůvodních druhů. Odolná semena případně i vegetativní části rostlin se dostávají k pobřeží spolu s mezikontinentální lodní dopravou nebo jsou na pobřeží vyplaveny přímo z moře. Problémem jsou také druhy okrasné, které se šíří ze zahrádek svých pěstitelů a mohou vytlačovat původní flóru nejenom pobřežních dun, ale také vnitrozemských vátých písků.

V centrální Itálii proběhl výzkum mapující výskyt a původ nepůvodních / invazivních druhů a také jejich životní strategii. Acosta et al. (2008) uvádí, že nepůvodní vegetace tvoří 8,5 % celé populace (57 z celkového počtu), z čehož je 10 druhů invazivních a 26 zplanělých, původně pěstovaných pro okrasné účely. Jako hlavní invazivní druh celé střední Itálie zmiňuje výzkum kosmatec šavlovitý (*Carpobrotus acinaciformis*). Ten pochází z jižní Afriky a je také často pěstován jako okrasná rostlina. Vytváří silná společenstva s téměř absolutní dominancí a snadno se šíří jak vegetativně, tak generativně. Dále je to např. turanka kanadská (*Conyza canadensis*) nebo agáve obecná (*Agave americana*). Zplanělé okrasné druhy reprezentuje např. gazánie zářivá (*Gazania rigens*) nebo juka nádherná (*Yucca gloriosa*).

Stejná studie uvádí, že většina nepůvodních druhů pochází z Ameriky, menší procento pak z Afriky nebo Asie. Oproti domácí středozemní vegetaci často vytváří větší počet semen, zároveň jsou schopny množit se vegetativně pomocí rhizomů nebo stolonů a vyznačují se rychlým růstem.

Velmi významným faktorem, který napomáhá osidlování písčín invazivní vegetací, je narušování povrchu antropogenní činností, pohybem zvěře, či přirozenou erozí. Na disturbovaných místech s nižším výskytem domácích druhů se invazivní druhy snadněji uchycují a prospívají. Tento fakt potvrdila studie pobřežních dun v Dánsku (Jørgensen &

Kollmann 2009), která mapovala rozšíření růže svraskalé (*Rosa rugosa*), jež je jedním z nejrozšířenějších nepůvodních druhů písčitého biotopu severozápadní Evropy. Vzhledem ke své toleranci vůči salinitě prostředí a schopnosti snadno se množit jak vegetativně, tak generativně, představuje problém pro původní vegetaci. Nejvyšší výskyt růže svraskalé byl zaznamenán v pobřežní zóně na bílých dunách dobře zásobených živinami a také poblíž pšín vedoucích směrem k pobřeží, podél cest, silnic a v blízkosti domů. Na těchto místech se semena snadno šíří antropogenní cestou a částečná míra narušení povrchu prospívá k jejich růstu.

Dalším nebezpečím pro písčité ekosystémy je stabilizace dun. Dochází k ní přirozeným způsobem hromaděním organické hmoty a nárůstem vegetačního pokryvu. Tento proces trvá mnohdy stovky i tisíce let, se zásahem člověka se však mnohonásobně zrychluje.

Izraelské město Ashdod bylo vybudováno na pobřežních pohyblivých dunách a během několika desítek let tento biotop se svou specifickou vegetací v jeho okolí téměř úplně zanikl. Posledním přirozeným stanovištěm poskytujícím útočiště pro psamofytní flóru i faunu je tzv. Velká duna, která se rozkládá jihozápadně od města a průměrnou rychlostí 1,74 metrů za rok k němu postupuje. Nyní se nachází asi 90 m od plánované nové městské části, ke které by měla dorazit zhruba za padesát let. Tlak veřejnosti na výstavbu nových obytných prostorů koliduje s postojem ochránců přírody snažících se tento biotop zachránit. Možným řešením by mohlo být omezení pohybu veřejnosti na duně a introdukce vysoce pokravné psamofytní flóry. To by mělo za následek částečnou stabilizaci duny a zpomalení jejího postupu až o 50 % a současně udržení ohroženého, i když pozměněného biotopu (Tsoar & Cohen-Zada 2020).

Disturbance písčitého biotopu lidskou činností však nemusí mít pouze negativní dopad. Mnohé druhy naopak potřebují pro svůj růst určitou míru periodického narušování písčitého podkladu. Jde především o pionýrskou vegetaci typicky psamofytní. Během let dochází k přirozenému zameňování písčín a stabilizaci dun způsobenému průběžným ukládáním humusu. To má za následek vytlačování konkurenčně slabé vysoce specializované písčité vegetace jinými skupinami rostlin. Lidský zásah je proto často jedinou možností jak dané biotopy udržet.

Konkrétním příkladem může být opět situace v Izraeli, kde je již od čtyřicátých let minulého století zaznamenávána stabilizace pobřežních dun. K tomuto jevu dochází především od roku 1948, kdy bylo původní beduínské obyvatelstvo, do té doby hospodařící na pobřeží, přesunuto do jiné části země. S odchodem beduíňů skončila také pastva dobytka a spotřeba vegetace pro tvorbu obydlí. Tzv. „mawasi“ hospodaření s půdou, které spočívalo v přesouvání mezidunového písku a odkrývání podzemní vody, jež byla následně použita na zavlažování hospodářských rostlin, zaniklo a vegetace se mohla nerušeně rozrůstat. To mělo za následek zvýšení vegetačního pokryvu území, nárůst druhové diverzity, zvýšení obsahu organického materiálu v půdě a následně stabilizaci pohyblivých dun. I přes větší druhovou bohatost jsou však po stabilizaci ohroženy specializované psamofytní rostlinné i živočišné druhy, které tvoří 40 % všech Izraelských endemitů (Tsoar & Cohen-Zada 2020).

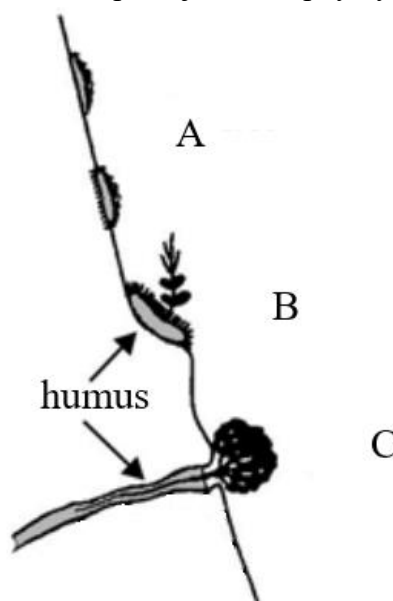
4 Petrofyty

Rostliny rostoucí na skalnatém substrátu se nazývají petrofyty. Patří mezi oligotrofní vegetaci obývající mělké půdní horizonty, a proto jsou silně ovlivňovány chemismem mateřské horniny (Slavíková 1986).

Mezi petrofyty řadíme vegetaci skalních a suťových stanovišť, případně i lidmi vytvořených zdí, která zde však není zvlášť specifikována. Vzhledem k nehostinným podmínkám, panujícím na těchto biotopech, jako je např. strmost skalních stěn a silná expozice živlům, zde dochází k průběžnému odnášení humusu z jejich povrchů a je tak zabraňováno sukcesi. Díky tomuto faktu a také, oproti jiným biotopům, poměrně nízkému ovlivnění člověkem, mohou skály a suť poskytovat útočiště pro endemické a reliktní druhy a vytvářet rostlinná společenstva stabilní po tisícovky let (Chytrý et al. 2009).

Kvůli extrémním vlivům stanoviště a nízké konkurenční schopnosti pokrývají právě petrofyty nízké procento skalního, případně suťového biotopu. Cévnaté rostliny nacházíme především na místech, kde může docházet k zachycení humusu, jako jsou škvíry, pukliny, štěrbiny – tzv. chasmofytní vegetace. Převážně mechorosty a lišejníky pak rostou také přímo na površích – tzv. litofytní vegetace (Slavíková 1986). Viz Obr. 4.

Na členitějších místech skalních výchozů, jako jsou např. terásky a police, nebo na stabilních sutiích přerůstá konkurenčně slabé petrofyty nenáročná vegetace okolního prostředí, schopná růstu na nízkých půdních profílech. Jsou to především trávy, ojedinělé keře a stromy, které však s postupnou erozí skalního biotopu nejsou schopny vytvářet stabilní společenstva.



Obr. 4: Typy rostlin rostoucí na skalách – A litofyty, B specifická + nespecifická petrofytní vegetace, C chasmofyty, (upraveno podle Leuschner & Ellenberg 2017).

4.1 Skalní biotop

Zásadní význam pro ráz skalních útvarů, tím pádem i vegetaci je obývající, má hornina, jež je vytváří. Podle vzniku dělíme horniny na tři druhy (Petránek 1993):

- 1) **Vyvřelé** – Vyvřelé horniny vznikají tuhnutím magmatu v hloubkách zemského pláště (intruzivní), případně na zemském povrchu (extruzivní). Mezi intruzivní horniny řadíme např. žuly a gabra, mezi extruzivní neboli výlevné např. čediče.
- 2) **Sedimentární** – Postupnou sedimentací klastických materiálů – úlomků a zrn – vznikají pískovce, slepence, prachovce a jíly. Biologickou a chemickou cestou pak vznikají vápence, dolomity, sádrovce apod.
- 3) **Metamorfované** – Působením extrémně vysokých teplot a tlaků mohou být předchozí dva typy hornin přeměněny na nové. Mezi tyto metamorfované horniny řadíme např. ruly či amfibolit.

Skalní útvary jsou pak definovány jako geologické prvky, které vyčnívají nad úroveň okolního povrchu. Vyskytují se na všech kontinentech, ve většině klimatických pásích a vegetačních typech. Vytvářejí se tehdy, když měkčí části krajiny po miliony let erodují a zanechávají za sebou tvrdé jádro mateřské horniny (Fitzsimons & Michael 2017). Složení a morfologie mateřské horniny je zásadní pro růst rostlin.

Tyto reliéfní meziformy mohou nabývat mnoha forem. Jen Rubín et al. (1986) jich uvádí bezmála 40 – mj. např. skalní suky, města, mosty, tunely, inselberg, věže, převisy či varhany. Velikostně se tyto krajinné prvky pohybují v rozmezí od několika jednotek po stovky metrů.

Samotné povrchy skal bývají jen výjimečně hladké, většinou jsou pro ně typické četné nerovnosti, jako např. škrapy, pseudoškrapy, voštiny, mísy, prohlubně, fasety, římsy, lišty, nebo inkrustace (Rubín et al. 1986). Právě tyto mikroreliefy poskytují teoretickou možnost pro uchycení humusu a růstu rostlin.

4.1.1 Abiotické podmínky, adaptace

Z hlediska mikroklimatických podmínek tvoří skály extrémní (Chytrý et al. 2009), ale také stabilní biotop, který podporuje vysokou míru endemismu a rozmanitosti druhů (Fitzsimons & Michael 2017).

4.1.1.1 Srážky a vlhkostní poměry

Vertikální srážky dopadající na skalní povrch jsou pro petrofyty těžko přístupné. Voda se na skále špatně zadržuje a rostliny tak často musí čelit suchu. Velký vliv pro jejich prospívání mají srážky horizontální. Pro rostliny rostoucí pod převisy a v ústích jeskyní dokonce vliv rozhodující (Chytrý et al. 2009). Především rosa kondenzovaná na chladnoucích skalních površích, případně mlžný výpar z okolního prostředí zvlhčuje půdu ve šterbinách nebo je zachycován přímo kořeny rostlin.

Vegetace typická pro skalní prostředí mívá často v rámci lepšího hospodaření s vodou sukulentní / polosukulentní charakter.

Mezi další adaptace na nedostatek vláhy patří tzv. poikilohydrie některých rostlin. Z českých druhů například kapradin sleziník routička (*Asplenium ruta-muraria*) a kyvor lékařský (*Ceterach officinarum*) (Chytrý et al. 2009). Poikilohydrické organismy jsou schopny přežít nepříznivé období sucha ve vyschlém stavu, aniž by byly poškozeny (Rakić et al. 2017).

Bývají označovány též jako rostliny vzkříšení, díky schopnosti ztratit prakticky veškerou svou volnou vnitřní vodu bez fatálních následků a poté po dešti rychle rehydratovat (Fitzsimons & Michael 2017).

K příjmu vody v plynném skupenství pak chasmoφυtním kapradinám pomáhají jemné kořeny vytvářející tzv. kořenovou plst', na které je vlhkost zachycována a kondenzována (Chytrý et al. 2009).

4.1.1.2 Půda

Půda, umožňující výskyt cévnatých rostlin, se zde většinou vyskytuje ve velmi nízkých horizontech a to pouze na místech skalních polic, terásěk a ve skalních štěrbinách a puklinách. Vzhledem k tomu, že je skalní povrch výrazně exponován meteorologickým jevům, dochází na něm k významné půdní erozi. Jemnozeme je odnášena větrem a během dešťů vymývána vodou. K erozi půdy přispívají i výrazné teplotní výkyvy denního a ročního charakteru. I v zimních měsících může na osluněných skalních stěnách docházet k periodickému zamrzání a rozmrzání půdy (Chytrý et al. 2009).

Velkou roli v příjmu živin hraje chemismus horniny. „*Na některých podkladech je kvalita půdy ovlivněna nedostatkem živin, např. na silikátových horninách, nebo jednostrannou výživou, jako je v případě vápenců přezásobením vápníkem a blokování příjmu fosforu nebo v případě hadců přezásobením hořčíkem a nedostatek vápníku.*“ (Chytrý et al. 2009).

Leuschner & Ellenberg (2017) uvádějí, že důležitým faktorem pomáhajícím rostlinám subalpínského a alpínského pásu střední Evropy v příjmu látek (např. fosforu) je mykorhiza. Její výskyt se snižuje se stoupající nadmořskou výškou. Mykorhiza je také esenciální např. pro litofytické orchideje (Jiao Qin et al. 2020).

4.1.1.3 Světelné a teplotní podmínky

Rostliny rostoucí na skalních útvarech musí často čelit extrémním teplotním výkyvům a světelným podmínkám. Deficitem slunečního záření trpí nejen severně orientované skalní plochy, ale i stěny roklí, často zakryté okolní vegetací. Příkladem jsou pískovcová skalní města, kde okolní lesní porost zvyšuje jejich zástín a zároveň odebírá světlu jeho červenou složku (Chytrý et al. 2009). Naopak především na osluněných jižních stěnách panuje přes den úpal a v noci teplota poměrně rychle klesá.

Největším teplotním stresům jsou vystaveny petrofyty subalpínského a alpínského pásma. Musí čelit chladným teplotám pod bodem mrazu nejen v zimě, ale i během letních měsíců, kdy jsou fyziologicky plně aktivní. Kromě morfologických adaptací jako je například nízký vzrůst, obsahují ve svém symplastu více osmoticky aktivních látek, než nížinné rostliny. Tyto především cukernaté sloučeniny snižují teplotu zamrzání symplastu a pomáhají jim přežít teploty pod bodem mrazu během vegetační fáze (Leuschner & Ellenberg 2017).

Další ochranu poskytuje alpínským rostlinám, tedy i petrofytům tzv. „supercooling efekt“ (Leuschner & Ellenberg 2017), jenž je založený na interakci speciálních kryoprotektivních proteinů s buněčnými membránami. Během tohoto procesu dochází k vytváření tzv. mrazových bariér, které zamezují tvorbě ledových krystalů v reprodukčních výhonech rostlin a zajišťují jim tak reprodukční schopnost i během letních mrazů.

4.1.2 Vegetace

Skalní biotop si v průběhu tisíciletí zachovává bezlesí a podkladově stabilní charakter, a proto na těchto stanovištích můžeme nacházet rostliny reliktního původu (Chytrý et al. 2009).

Samotné rostliny vyskytující se na skalách, které nazýváme petrofyty, můžeme podle mikrobiotopu, který osidlují rozdělit do tří hlavních podskupin:

- 1) **Litofyty** - Vegetace rostoucí na celistvých skalních plotnách, která je způsobem výživy nezávislá na půdní vrstvě a je zastoupena především mechorosty, řasami a lišejníky.
- 2) **Chasmofyty** - Druhou skupinu tvoří rostliny vázané na skalní pukliny a štěrbiny, které nazýváme chasmofyty. Největší procentuální zastoupení středoevropských chasmofytů tvoří kapradiny (Chytrý et al. 2009, Leuschner & Ellenberg 2017).
- 3) **Nespecifická skalní vegetace** - Třetí skupinu tvoří rostliny rostoucí na skalních policích a teráskách, na kterých se zachycuje humus ve větší míře, než ve skalních štěrbinách a umožňuje tak růst i rostlinám mělkých půd, jejichž výskyt není striktně vázán na skalní prostředí.

Druhá diverzita bylinného patra je zde, vzhledem k extrémním podmínkám, poměrně nízká. Procentuálně bohatší druhové zastoupení mívá často patro mechové (na trvale zastíněných stěnách až 90 %). Mechorosty, lišejníky a řasy nejsou na rozdíl od vyšších rostlin vázány svým růstem na skalní štěrbiny, pukliny a police a obývají i zdánlivě hladké plochy, na kterých se jiná vegetace neuchytí (Chytrý et al. 2009).

Ve střední Evropě jsou skalní stanoviště domovem překvapivě velkého počtu druhů rostlin. Tento fakt je dán především výskytem specifické petrofytní flóry na vysokohorských masivech Alp a Vysokých Tater (Leuschner & Ellenberg 2017). Vzhledem k absenci těchto masivů v České republice je však u nás specifická skalní vegetace zastoupena pouze jednou třídou: *Asplenieta trichomanis*.

Popis jednotlivých tříd, svazů a asociací dle Chytrý et al. (2009).

4.1.2.1 Vegetace třídy *Asplenieta trichomanis*

Vegetaci skalního biotopu, spolu s vegetací stabilizovaných částí sutí a balvanišť a některých zdí řadíme do skupiny *Asplenieta trichomanis*. Jedná se o pionýrskou vegetaci, která osidluje drobné plochy okolo 5 – 10 metrů čtverečných. Na těchto plochách nacházíme většinou do deseti druhů cévnatých rostlin. Mechové patro bývá často druhově i pokryvně bohatší.

Dle chemismu hornin můžeme třídu *Asplenieta trichomanis* rozdělit do čtyř svazů:

- 1) *Cystopteridion* – štěrbinová vegetace bazických skal
- 2) *Asplenion septentrionalis* – štěrbinová vegetace kyselých skal
- 3) *Asplenion cuneifolii* – štěrbinová vegetace hadcových skal
- 4) *Androsacion alpinae* – vegetace silikátových sutí v subalpínském stupni

Cystopteridion

Svaz *Cystopteridion* zahrnuje štěrbínovou vegetaci bazických, převážně vápencových skal a zdí s obsahem karbonátů v pojivu. Skály osídlené touto vegetací jsou v České republice tvořeny převážně vápencem, vápnnitým pískovcem, diabasem a spilitem. Typickými zástupci cévnatých rostlin tohoto svazu jsou především chasmoxytické kapradiny sleziník routnička (*Asplenium ruta – muraria*), sleziník červený (*A. trichomanes*), puchýrník křehký (*Cystopteris fragilis*) nebo bukovník vápencový (*Gymnocarpium robertianum*). V mechovém patře se zde vyskytují vápnomilné mechy např. čepičatka točivá (*Encalypta streptocarpa*), pateřin čtyřdílný (*Preissia quadrata*) a lišejníky rodu krásnice (*Caloplaca*).

Svaz *Cystopteridion* můžeme podle světelných podmínek panujících na stanovišti rozdělit do dvou asociací.

Cystopteridetum fragilis

Jedná se o vegetaci stinných a polostinných bazických podkladů. Vyskytuje se jak na stanovištích přirozených, tak především antropogenních, jako jsou například stinné stěny lomů, starých studní a hradů. Konstantním a diagnostickým druhem je puchýrník křehký (*Cystopteris fragilis*). S vegetací tohoto typu se setkáváme po celé Evropě mimo arktickou a mediteránní oblast. Na přirozených stanovištích v České republice se tato asociace vyskytuje poměrně vzácně. Mezi její hlavní centra patří oblasti Moravského a Českého krasu.

Asplenietum rutae-murariae-trichomanis

Na rozdíl od *Cystopteridetum fragilis* jsou rostliny této skupiny vázány na slunná a suchá stanoviště. Dominantním druhem je sleziník routnička (*Asplenium ruta – muraria*). Výskyt této vegetace na přirozených stanovištích je poměrně vzácný, jeho místo zde většinou přebírají suché trávníky. Větší zastoupení mají rostliny rostoucí na zdech a v lomech. Skupina *Asplenietum rutae-murariae-trichomanis* je zastoupena v celé Evropě, kromě Skandinávie a Středomoří. U nás je přirozený výskyt vázán převážně na krasové a pseudokrasové oblasti.

Asplenion septentrionalis

Svaz *Asplenion septentrionalis* zahrnuje štěrbínovou vegetaci kyselých silikátových skal, u nás především žul, rul a kvádrových pískovců. Typickými zástupci jsou stejně jako u předchozího svazu chasmoxytické kapradiny, v tomto případě především sleziník severní (*Asplenium septentrionalei*), sleziník červený pravý (*A. trichomanes* subsp. *trichomanes*) a osladič obecný (*Polypodium vulgare*). Na antropogenních stanovištích se vyskytuje poměrně zřídka, a to především v lomech a na zdech bez vápenného pojiva.

Tento svaz dělíme do tří asociací.

Woodsio ilvensis-Asplenietum septentrionalis

Toto společenstvo obývá osluněné skály kyselého podkladu, na kterých často sousedí se společenstvy suchých trávníků a mělkých půd, proto je těžké určit jeho přesné hranice. Diagnostickým druhem je sleziník severní (*Asplenium septentrionale*) a vzácná kapradinka skalní (*Woodsia ilvensis*), na přirozených skalních stanovištích pak také reliktní violka trojbarevná skalní (*Viola tricolor* subsp. *saxatilis*). Vegetace této asociace

se vyskytuje v celé střední Evropě, u nás je ale poměrně vzácná. Její hlavní centra leží například na Křivoklátsku nebo ve středním a dolním Povltaví.

Festuco pallentis-Saxifragetum rosaceae

Vegetace rostoucí na slunných až polostinných skalách a stabilizovaných sutích. Dominantními druhy jsou kostřava ovčí (*Festuca ovina*) a reliktní lomikámen trsnatý (*Saxifraga rosacea*). V mechovém patře se vyskytují acidofilní mechy např. dvouhrotec chvostnatý (*Dicranum scoparium*) a rokytník skvělý (*Hylocomium splendens*). Kromě České republiky je výskyt lomikamene trsnatého zaznamenán v Německu a atlantské / subatlantské části Evropy. U nás se tato asociace vyskytuje především v Českém středohoří a na Křivoklátsku.

Asplenio trichomanis-Polypodietum vulgaris

Rostliny této asociace se vyskytují na zastíněných, vlhkých, kyselých skalách, případně zastíněných stabilizovaných sutích a balvaništích. Matečnou horninou bývá nejčastěji pískovec, žula a rula. Na antropogenních stanovištích ji nacházíme vzácně, jelikož nesnáší přítomnost vápenného pojiva ve zdech. Porosty jsou oproti jiným typům skalní a suťové vegetace často velmi rozsáhlé a mohou zaujímat i stovky m² s pokryvností bylinného patra až přes 60 %. Dominantním druhem je osladič obecný (*Polypodium vulgare*), z mechového patra například dvouhrotec chvostnatý (*Dicranum scoparium*). Vyskytuje se v celé Evropě i dále na východ. V České republice ji nacházíme poměrně hojně v pískovcových oblastech České křídové tabule, na Křivoklátsku nebo ve středním Povltaví.

Asplenion cuneifolii

Štěrbínová vegetace hadcových skal *Asplenion cuneifolii* vytváří řídké porosty rostlin, které nejsou konkurenčně příliš zdatné, jsou však adaptované na specifický hadcový substrát. Hadce jsou metamorfované horniny, které obsahují velký podíl hořčíku, dominující nad podílem vápníku, a také těžké kovy, které jsou pro řadu rostlin toxické. Ve vlhkých oblastech mají hadce kyselou reakci, v sušších spíše neutrální, proto zde můžeme najít jak druhy acidofilní, tak bazofilní. V rámci České republiky rozlišujeme dvě asociace.

Asplenietum cuneifolii

Rostliny této asociace rostou na drobných skalní útvarech většinou ve vlhkém suprakolinním a montánním pásmu. Vlivem častých srážek dochází na povrchu k acidické reakci způsobené vymýváním kationtů. Typickým zástupcem chasmofytní flóry je sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*) a sleziník nepravý (*Asplenium Adulterinum*), v mechovém patře nacházíme játrovky kovanec plochý (*Frullania dilatata*) a kovanec tamaryškový (*Frullania tamarisci*) a mechy tvořící drobné polštářky např. klanozoubek obecný (*Schistidium apocarpum*).

Notholaeno marantae-Sempervivetum hirti

Jde o vegetaci kolinného pásu do nadmořské výšky 300 metrů. Nacházíme ji na slunných jižních skalních stěnách, v prostředí s podprůměrnými srážkami, což zapříčiňuje bazickou reakci substrátu. Dominantními druhy jsou sleziník hadcový (*Asplenium cuneifolium*) a podmrvka hadcová (*Notholaena marantae*). Toto společenstvo se vyskytuje na území Rakouska a jižní Moravy.

Androsacion alpinae

Svaz zahrnuje acidofilní vegetaci stabilizovaných sutí na silikátových podkladech s výskytem v horských až alpínských polohách. Do tohoto svazu řadíme asociaci ***Cryptogrammetum crispae***, která vytváří chudé porosty na malých plochách. Dominuje zde kapradina jinořadec kadeřavý (*Cryptogramma crista*). V České republice se nachází v Krkonoších, v Evropě je pak vázána na subalpínský a alpínský pás.

4.2 Biotop sutí

Sutě vznikají erozí hornin různého původu a přesunem erodovaného materiálu po svahu dolů (Rubín et al. 1986). Jsou tvořeny kleistickými materiály – kameny, bloky, balvany. Ty, které vznikají antropogenní cestou, poměrně rychle zarůstají a zanikají, jiné, mnohdy i tisíce let staré, si stále udržují bezvegetační charakter (Sádlo & Kolbek 1994).

Sutě můžeme dělit na pohyblivé a stabilizované. Pohyblivé bývají neustále doplňovány kameny z postupně erodující horniny a dochází na nich k periodickému přesunu materiálu. Stabilizované sutě nejsou oproti tomu doplňovány novým materiálem, nedochází na nich k pohybu a postupem času se zde ukládá humus a následuje sukcese jiných druhů.

Kamenné sutě jsou typické především pro subalpinní a alpinní vegetační pás, kde vytvářejí velmi stabilní biotop a poskytují životní prostor pro překvapivě pestrou skupinu rostlin (Leuschner & Ellenberg 2017). Tento biotop vytváří takzvaná refugia, neboli útočiště pro rostliny neschopné konkurovat vegetaci, která na bohatších substrátech dominuje.

Sutě zasahují i pod hranici lesa. V těchto montánních, kolinních i nížinných oblastech však bývají po staletí zanášeny organickým materiálem a především na těch, které nejsou obohacovány novým kleistickým materiálem, dochází k postupné sukcesi nesespecifické flóry (Leuschner & Ellenberg 2017).

Materiál, který tvoří suťová pole, lze rozlišit na balvany, jež dosahují mocnosti 25 cm a vyšší, na úlomky od 2 do 25 cm a jemný štěrkový materiál mocnosti do 2 cm. Právě velikost, tvar, původ a pohyblivost materiálu má zásadní vliv na uchycení vegetace.

Podle Chytrý et al. (2010) můžeme sutě dle chemismu hornin, ze kterých vznikají, dělit na dvě skupiny.

- 1) Bazické** – Tvořeny vápenci, slínovci, případně horninami s příměsí karbonátů. Vyskytuje se zde vegetace vápnomilných druhů. V České republice se můžeme s bazickými sutěmi setkat v Českém středohoří nebo v Českém a Moravském krasu.
- 2) Kyselé** – Tvořeny kyselými horninami bez obsahu karbonátů. Tyto sutě jsou často druhově chudé a na některých místech se vegetace cévnatých rostlin ani nevyvíjí. Nacházejí se například na Křivoklátsku, Tepelské vrchovině, či středním a dolním Povltaví.

Sádlo & Kolbek (1994) sutě typologicky dělí na:

- 1) Osypy** – Typické pro tento typ sutí je periodické sesouvání kamenů. Jsou málo zazemněné a jednotlivé úlomky nejsou velikostně homogenní. Řadíme sem i sutě antropogenního původu, například v lomech.

- 2) **Droliny** – Často velmi staré sutě vzniklé již v době ledové, které se udržují bez zapojené vegetace. Jednotlivé úlomky jsou stejně veliké a málo pohyblivé.
- 3) **Balvaniště** – Lokality tvořené nepohyblivými balvany a skalními bloky.
- 4) **Zazemněné sutě** – Vznikají z předchozích typů sutí. Jsou zazemněné, kameny se na nich nepohybují a postrádají specifickou suťovou vegetaci.

Dále můžeme sutě dle Sádlo & Kolbek (1994) dělit na několik lokálních mikrobiotopů.

- 1) **Otevřené suťové plochy** – Většinou se vyskytují v centrální části sutě. Jsou málo zazemněné a dochází zde k pohybu jednotlivých kamenů. Vegetace cévnatých rostlin se v těchto částech sutí vyskytuje jen zřídka, často vůbec.
- 2) **Boční a vrchní okraje sutí** – Jsou částečně zazemněny a umožňují lepší sukcesí rostlin než otevřené suťové plochy.
- 3) **Spodní okraje sutí** – Úlomky hornin jsou větší a hromadí se. K jejich přirozenému pohybu většinou nedochází. Je zde mírný zástín a akumulace listového materiálu.
- 4) **Erozní hřbítky** – Místa seshora krytá bariérou např. větším balvanem, skalkou, náhodně uchycenou dřevinou. Hřbítky jsou tvořeny většími méně pohyblivými kameny sutě a ze stran ohraničeny aktivním suťovým proudem. Na příčném průřezu vystupují o pár centimetrů nad povrch sutě.
- 5) **Okolí ventarol** – Vyvěrající podzemní vzduch vytváří klima bez vyšších výkyvů teploty. V létě je zde chladněji a větší vlhko, v zimě tepleji než v okolí.
- 6) **Zazemněné stinné plochy sutí** – Oblasti na kterých dochází k akumulaci humusu a kolonizaci vegetací. Nedochází zde k výrazným teplotním a vlhkostním výkyvům.

4.2.1 Abiotické podmínky, adaptace

I sutě jsou, stejně jako skály, stanovištěm s velmi náročnými růstovými podmínkami a řadíme je mezi extrémní biotopy (Sádlo & Kolbek 1994). Místní mikroklimatické podmínky jsou velmi podobné těm, které panují na skalách, ale vzhledem k nestálosti povrchu bývají často ještě nehostinnější.

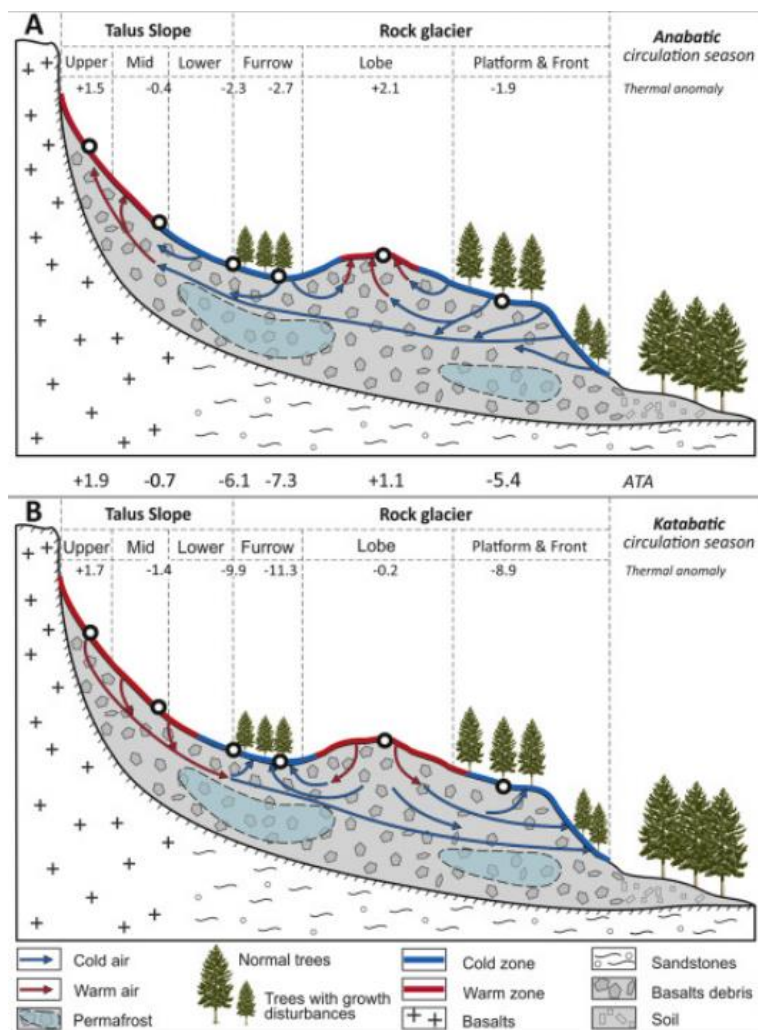
Prstvy humusu se na sutích alpinského a subalpinského pásma vyskytují řídké a v nízkých horizontech, na sutích níže položených, pod hranicí lesa, je výskyt půdního substrátu častější, orientovaný především na okrajové části sutí sousedící s okolní vegetací. (Leuschner & Ellenberg 2017).

Povrch sutí je stejně jako ten skalní vystaven výraznému střídání teplot a vlhkostnímu deficitu, již pár centimetrů pod povrchem se však udržuje vlhkostně a teplotně stabilní prostředí. Díky dobré tepelné izolaci způsobené vzduchovými prostory mezi kameny (Slavíková 1986) si některé sutě ve svém nitru udržují stabilní teplotu pod bodem mrazu, a to i o několik set výškových metrů pod čarou permafrostu (Popescu et al. 2017).

Pod povrchem sutě může docházet k propojení vzduchových prostor a k proudění vzduchu - takzvané komínové cirkulaci (Sádlo & Kolbek 1994; Popescu et al. 2017; Meynier & Brun 2018). Výrony tohoto vzduchu nazýváme ventaroly. V letních měsících dochází k akumulaci chladného těžšího vzduchu pod povrchem sutí, který stéká po svahu dolů a vyvěrá

na úpatí kopce. U těchto exhalací pak může prosperovat vegetace typická pro vyšší nadmořské výšky. Příkladem jsou horské mechy. V zimě je situace obrácená. Oproti okolnímu prostředí teplejší vzduch, akumulovaný pod povrchem sutí během léta, stoupá po svahu nahoru a u jeho ústí můžeme pozorovat výskyt druhů, které by normálně dlouhodobé teploty pod bodem mrazu nepřežily. Příkladem je játrovka borečka vzácná (*Targionia hypophylla*) typická pro mediteránní oblast (Chytrý et al. 2009).

Studie sutí v Rumunských Západních Karpatech (Popescu et al. 2017) prokázala hned několik zajímavostí. Tým vědců se zabýval mimo jiné vlivem výronů chladného vzduchu na růst okolní vegetace a komínovou cirkulací (Obr. 5). V okolí výronů chladného vzduchu rostou smrky sitka (*Picea sitchensis*) zhruba o polovinu nižšího vzrůstu a průměru kmene, než v referenčních oblastech, ale jejich věk je průměrně vyšší. V referenčních oblastech se vyskytuje většina stromů starších 100 let, ne však starší než 160 let. U výronů vzduchu bylo zjištěno pět stromů přesahujících 200 let, nejstarší strom starý 266 let. Pomocí metody zkoumající letorosty bylo také zjištěno, že k větším přírůstkům dochází v chladných letech, kdy je katabatické proudění méně výrazné, naopak během teplých let dochází k silnějšímu proudění chladného vzduchu a přírůstky jsou nižší.



Obr. 5: komínová cirkulace v sutích – A: Stav v zimě, teplý vzduch proudí sutí vzhůru.
B: stav v létě, teplý vzduch se uvnitř sutí ochlazuje a proudí sutí po svahu dolů
(Popescu et al 2017).

Komínovou cirkulaci vzduchu potvrdila stejná studie pomocí kouře. Bylo zjištěno, že k ní dochází na krátké (do 15 m) i dlouhé (více než 70 m) vzdálenosti a to jak na pozvolných, tak na strmých svazích. Čím strmější svah, tím je cirkulace rychlejší, ale je účinná také při sklonech 15° – 20°, což je o 5° – 10° nižší údaj, než který se dříve pokládal za prahový.

4.2.2 Vegetace

Vegetace obývající sutě se vyskytuje především v jejích bazálních částech, které bývají, vzhledem k nižšímu sklonu svahu a přítomností gravitačně vytríděných větších kamenů, stabilnější. Pokud se v okolí vyskytuje vegetace, dochází zde k akumulaci organického materiálu a tím pádem zlepšení podmínek pro růst dalších rostlin. Horní a centrální plochy sutí, trpící posuvem materiálu či pádem erodovaných kusů hornin, jsou proto pro úchyt vegetace méně příznivé.

Větší procentuální výskyt rostlin je zaznamenáván v okolí větších kamenů, které vytvářejí bariéru pro uchycení organického materiálu a také zabraňují sesuvům. Tento fakt potvrdila mimo jiné i Pérezova studie sutí (2012) v kalifornském Lassen Volcanic National Park. Pérez zjistil, že přes 66 % vegetace roste poblíž větší frakce materiálu (43,2 % vegetace roste poblíž balvanů, 23,3 % v okolí kamenů velikosti dlažebních kostek) a jen 33,5 % na štěrkovém podloží.

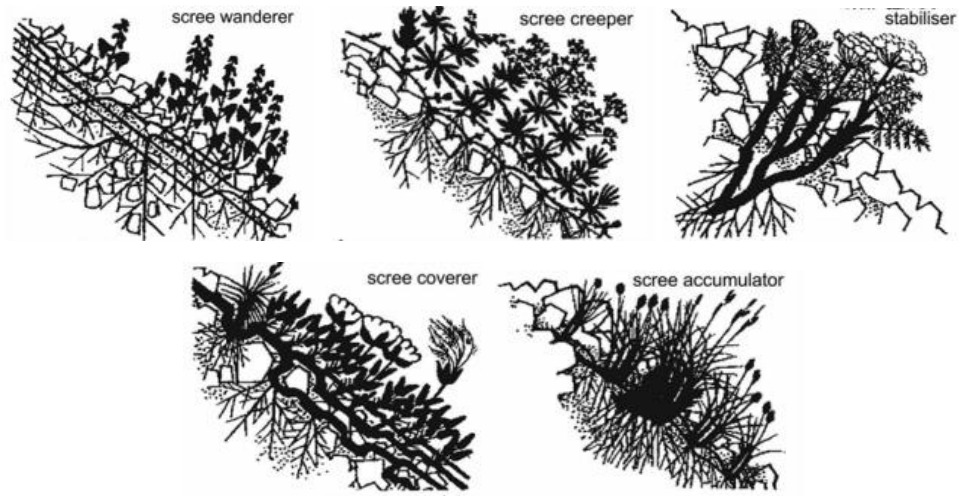
Podle stability materiálu můžeme sutě dělit na pohyblivé a nepohyblivé. Vegetace sutí nepohyblivých je velmi podobná vegetaci skalních štěrbin, řadíme ji proto do stejné třídy *Asplenieta trichomanis*. Vegetaci sutí pohyblivých řadíme do třídy *Thlaspietea rotundifolii*, která se přirozeně vyskytuje v montánním a subalpínském pásmu. V České republice je však vzácná a obsahuje málo druhů vázaných výhradně na prostředí sutí. Početnější zastoupení zde má vegetace ruderální, vegetace suchých trávníků a skal (Chytrý et al 2009).

Stejně jako rostliny skalní, tak i vegetace suťová vykazuje adaptaci na extrémní prostředí, kterému musí čelit. Kromě přizpůsobení se klimatickým podmínkám tohoto biotopu, podobným těm skalním, musí jednotlivé druhy reagovat na pohyb substrátu. Podle Péreze (2012) je velmi důležitou vlastností mnoha suťových druhů např. schopnost vyklíčit z kořenových fragmentů vzniklých roztrháním sutí.

Podle způsobu uchycení rostlin v sutích (*Obr. 6*) rozlišujeme tyto formy (Leuschner & Ellenberg 2017):

- 1) **Scree wanderer (rostliny pasivně unášené sutí)** – Tyto rostliny putují s posouvající se sutí. Nemají silně vyvinutý kořenový systém, vyrůstají z tenkých oddenků.
- 2) **Scree creeper (rostliny plazící se po povrchu sutí)** – Rostliny s plazivými výhonky. Vytvářejí síť, která je schopná zabránit sesuvům drobného materiálu.
- 3) **Stabiliser (rostliny pronikající sutí)** – Rostliny vybaveny křovitým kořenem, který je schopný zastavovat drobný materiál sutí.
- 4) **Scree coverer (rostliny kryjící povrch sutí)** – Rostliny se silnými, často dřevnatými oddenky schopné suť zastavovat.

- 5) **Scree accumulator (rostliny zadržující suť)** – Trsnaté rostliny, které vytváří bariéru, o kterou se úlomky zastavují a hromadí se za ní.



Obr. 6: Způsob uchycení rostlin v sutích, podrobněji viz text výše (Leuschner & Ellenberg 2017).

Životní strategii rostlin rostoucích především na pohyblivých sutích rozlišujeme podle Chytrý et al. (2009) do tří skupin:

- 1) **Suťové geofyty** - Vyrůstají z oddenků uložených pod povrchem. Dobře snáší disturbanci povrchu i zasypání a snadno regenerují a prorůstají kleistickým materiálem.
- 2) **Terofyty** - Rostliny jednoleté. Zasypání snáší špatně, ale díky svému krátkému životnímu cyklu jsou často schopné se mu vyhnout.
- 3) **Náhodní kolonizátoři** - Tato vegetace proniká do sutí z okolního prostředí. Nesnáší vyšší míru disturbance povrchu a je nestálá.

4.2.2.1 Vegetace třídy *Thlaspietea rotundifolii*

Popis třídy, jednotlivých svazů a asociací dle Chytrý et al. 2009.

Jedná se především o vysokohorskou vegetaci pohyblivých sutí různého chemismu od bazických po kyselé. Materiál tvořící tato stanoviště je většinou tvořen kameny o mocnosti 10 – 20 centimetrů, vzácněji šterkového charakteru. Nejčastěji se třída *Thlaspietea rotundifolii* vyskytuje v montánním a subalpínském stupni pohoří Karpat a Alp, kde vytváří po tisíciletí stabilní společenstva. V České republice je její výskyt, vzhledem k absenci těchto stanovišť, zřídka a nestabilní.

Třidu *Thlaspietea rotundifolii* můžeme podle chemismu suťového materiálu rozdělit do dvou svazů:

- 1) *Stipion calamagrostis* – vegetace vápnitých sutí
- 2) *Galeopsion* – acidofilní vegetace sutí

Stipion calamagrostis

Vegetace tohoto svazu roste na bazických až neutrálních sutích, hornina tvořící kleistický materiál bývá karbonátové povahy (vápenec, slínovec) nebo povahy silikátové s určitou mírou bazicity (spilit, algonkické břidlice). *Stipion calamagrostis* se vyskytuje od západní po jihovýchodní Evropu, především pak v Alpách a Karpatech.

Vegetaci svazu dělíme do tří asociací.

Gymnocarpietum robertiani

Jedná se o druhově chudou asociaci s dominantní kapradinou bukovincem vápencovým (*Gymnocarpium robertianum*), doprovázenou tolitou lékařskou (*Vincetoxicum hirundinaria*). Tato vegetace roste na vápencových, slínovcových a spilitových stinných sutích, a to především na jejich okrajových částech. Přírozené rozšíření asociace *Gymnocarpietum robertiani* je ve velké části Evropy, v České republice se vyskytuje především v Moravském krasu, místně pak na Křivoklátsku, Předšumaví a Lounsku.

Galeopsietum angustifoliae

Ráz této asociace určují jednoleté druhy, jako je konopice úzkolistá (*Galeopsis angustifolia*), vrbovka chlumní (*Epilobium collinum*), hledíček menší (*Microrrhinum minus*), locika prutnatá (*Lactuca viminea*) a ožanka hroznatá (*Teucrium botrys*). Vyskytuje se na teplých osluněných sutích střední Evropy, a to především na jejich horních okrajích, kde dochází k pravidelnému narušování podkladu a je tak zamezeno sukcesi vytrvalých druhů. Lze ji nalézt také na antropogenních stanovištích, jako jsou lomy, případně šterková kolejiště. V České republice se vyskytuje na Křivoklátsku, v Českém středohoří a v Českém krasu.

Teucrio botryo - Melicetum ciliatae

Asociace *Teucrio botryo - Melicetum ciliatae* roste severně od Alp na vápencových a dolomitových sutích. Dominantním druhem je trsnatá tráva strdivka brvitá (*Melica ciliata*) doprovázená ožankou hroznatou (*Teucrium botrys*) a teplomilnými druhy suchých trávníků. V České republice byl výskyt této vegetace zaznamenán pouze na vápencové suti na jihozápadní Moravě poblíž vesnice Horní Dunajovice.

Galeopsion

Jedná se o vegetaci kyselých až neutrálních sutí, vždy nevápnitých. Matečná hornina je tvořena převážně břidlicemi, vzácněji čedičem, znělcem, svorem nebo rulou. Vyskytuje se především v submontánním a montánním pásu západní Evropy, významným diagnostickým druhem je zde konopice bledožlutá (*Galeopsis segetum*). V České republice je zastoupena jedinou asociací *Senecioni sylvatici-Galeopsietum ladani*.

Senecioni sylvatici-Galeopsietum ladani

Jedná se o vegetaci silikátových osypů s jednoletými druhy. Tato asociace, ve které dominuje konopice širolistá (*Galeopsis ladanum*) doprovázená starčekem lepkavým (*Senecio viscosus*), se vyskytuje na přírozených sutích, převážně však na antropogenních stanovištích. Příkladem mohou být lomy, okraje cest a silnic, kolejiště nebo navážky šterku. Hlavní druhy bývají doprovázeny druhy acidofilních a suchých

trávníků. Vegetace tohoto typu se podobá asociaci *Galeopsietum angustifoliae*, se kterou může sdílet stanoviště, je však náročnější na množství humusu a vyhledává proto podkladově stabilnější zahliněná místa. Její výskyt byl zjištěn v České republice v povodí Berounky, na Křivoklátsku a Třeboňsku. Na Slovensku v pohoří Tríbeč, pravděpodobně se ale vyskytuje také v sousedících oblastech Německa a Rakouska.

4.3 Degradace a ochrana

Kromě přirozených procesů eroze skalních habitatů trpí tato prostředí, i přes svou nepřístupnost a neúrodnost, degradací člověkem. Hlavními příčinami přímé degradace bývá těžba, stavební činnost, či volnočasové aktivity, jako je například horolezectví a turistika (Chytrý et al. 2010). Mezi nepřímé cesty řadíme například kyselé deště, globální oteplování, či zakládání požárů nebo pastvu dobytka v okolí skalních výchozů (Fitzsimons & Michael 2016).

Těžba, jakožto jeden ze zásadních negativních vlivů působících na skalní biotop, je problémem po celém světě. Konkrétním příkladem devastace tohoto stanoviště, ale i snahy o jeho alespoň částečné zachování, může být situace v Demokratické republice Kongo. Místní hornina, extrémně bohatá na měď a kobalt, poskytuje největší světovou přístupnou zásobárnu těchto prvků a je intenzivně vytěžována už od počátku 20. století (Cailteux et al. 2005). Těžařské společnosti zavedly v posledních letech program ekologické obnovy a v roce 2014 byla část ekosystému – skalní bloky i s nenarušenou vegetací, převezena 3 kilometry severně od místa původu. Cílová lokace disponuje stejnými abiotickými a biotickými podmínkami. Boisson et al. (2019) provedli výzkum hodnotící úspěšnost této translokace z hlediska záchrany a prosperity místního ohroženého druhu *Aeollanthus saxatilis*. Zabývali se také interakcemi tohoto druhu s hmyzími opylovači a došli k závěru, že místo splňuje podmínky pro udržení reprodukční a životaschopné populace *A. saxatilis* a translokace byla v tomto směru prozatím úspěšná.

Podle Fitzsimons & Michael (2017) roste v poslední době také negativní vliv požárů na skalní ekosystémy, a to především v subtropickém a mediteránním pásmu. Požáry zapříčiněné bleskem jsou jevem přirozeným, ale ne příliš častým. Naproti tomu požáry způsobené lidmi přichází s vyšší frekvencí, než je pro dané prostředí přirozené a umožňují tak zvýhodnění ohnivzdorné vegetace před vegetací na požáry náchylnou. Tento fakt může mít za následek vytlačování původní skalní flóry flórou ruderalní. Ochranou před devastujícím ohněm by mohlo být kontrolované zakládání menších požárů, jak tomu bylo běžné například v Austrálii, kde se o řízení ohně starali původní obyvatelé. Takto spravovaný oheň by pak nedosahoval rozměrů zničujících skalní flóru.

Mnoho studií prokázalo také negativní vliv horolezectví na vegetaci skalních stěn (Holzchuh 2016). Vlivem této aktivity dochází k disturbanci povrchu a k lokálním ruderalizacím. Podle výzkumu, který provedli Schmera et al. (2018) na skalních stěnách švýcarského Jurského pohoří, vyplývá, že úseky bez lezeckých tras hostí o 24,3 % více rostlinných druhů, než úseky s nízkou horolezeckou aktivitou a o 28,1 % více rostlinných druhů než úseky s vysokou horolezeckou aktivitou. U druhů s vysokou mírou závislosti na skalní stěny došlo na tomto místě i k lokálním extinkcím. Na základě těchto údajů vyplývá, že na úsecích s výskytem specifické skalní flóry nestačí omezení sportovního lezení, ale je nutné tuto činnost zakázat.

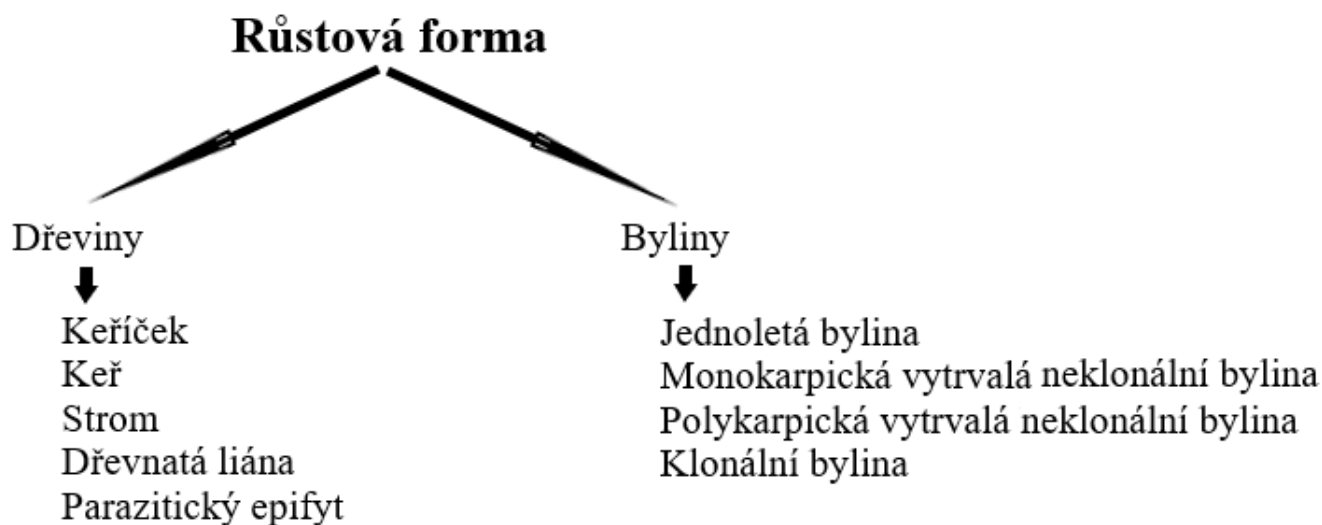
5 Druhy vhodné pro okrasné využití

Petrofytní a psamofytní druhy rostlin jsou díky své schopnosti prosperovat na náročných stanovištích vyhledávanou okrasou jak přírodních či uměle vytvořených zahradních skalek, tak i míst, kde se jiné vegetaci nedaří.

Skalky neboli alpina jsou útvary napodobující svým vzhledem horskou či skalní krajinu. Klasické skalky se budují převážně ve členitém terénu zahrad a parků, ale poslední dobou se stále častěji můžeme setkat se skalkami charakteru horizontálních sut'ovišť či osázených suchých zídek (Hurych 2011).

Na základě studia abiotických faktorů, průzkumu trhu a vlastní zkušenosti autora se skalničkovým sortimentem, byl sestaven seznam 22 druhů rostlin vhodných pro pěstování ve skalkách v České republice. Vzhledem k zaměření práce na středoevropskou psamofytní a petrofytní vegetaci, je v této části kladen důraz na domácí druhy přirozeně vhodné pro pěstování v našich podmínkách. Kromě bylinných zástupců se především do skalek rozlehlejšího typu používají i dřeviny, ty zde však, stejně jako v předešlých kapitolách, nejsou zvlášť popisovány.

Ke každému druhu je podle databáze Pladias (Chytrý et al. 2021) přiřazen popis růstové (Obr. 7) a životní formy, základní morfologie a přirozeného stanoviště, které druh obývá. Dále je zmíněno uplatnění druhu v okrasném pěstování spolu s vybranými kultivary a příbuznými druhy vhodnými pro použití do skalek.



Obr. 7: Růstové formy rostlin, popis bylinných forem viz níže (upraveno podle Chytrý et al. 2021).

Jednoletá bylina – Žije obvykle jednu sezónu, během níž se generativně rozmnoží.

Monokarpická vytrvalá neklonální bylina – Vytrvalá rostlina rozmnožující se generativně jen jednou za život. Nerozmnožuje se vegetativně.

Polykarpická vytrvalá neklonální bylina – Vytrvalá rostlina, rozmnožuje se generativně vícekrát za život. Nerozmnožuje se vegetativně.

Klonální bylina – Vytrvalá rostlina rozmnožující se generativně i vegetativně vícekrát za život.

Životní forma rostlin (podle Chytrý et al. 2021).

Makrofanerofyt – obnovovací pupeny nejméně 2 m nad zemí – dřeviny

Nanofanerofyt – obnovovací pupeny 0,3 – 2 m nad zemí - dřeviny

Chamaefyty – obnovovací pupeny do výše 0,3 m – byliny / nízké dřeviny

Hemikryptofyty – obnovovací pupeny těsně nad povrchem půdy – vytrvalé / dvouleté byliny

Geofyty – obnovovací pupeny pod povrchem půdy – vytrvalé byliny

Hydrofyty – obnovovací pupeny pod vodní hladinou

Terofyty – bez obnovovacích pupenů – jednoleté / ozimé byliny

Přehled druhů

Aurinia saxatilis - tařice skalní - *Brassicaceae*

Růstová forma, habitus, morfologie – Polykarpická vytrvalá neklonální, hemikryptofytická bylina dorůstající výšky 0,1 – 0,4 m. Stálezelené listy vytvářejí přizemní růžici. Kvete v dubnu až květnu žlutými hrozny, plodem je šešulka.

Stanoviště – Rostlina vápnitých i silikátových skal, případně suchých hercynských trávníků skalních výchozů. Náročná na světlo a teplotu, vázaná na suché a chudé půdy.

Využití – Vhodná do skalek, zídek, mezi kameny i do trvalkových záhonů. Velmi nenáročná ale snadno se rozrůstající, proto je dobré ihned po odkvětu odstranit lodyhy. Pěstovaná pro zářivé květy v odstínech žluté, kvetoucí v dubnu až květnu. Mezi nejoblíbenější kultivary patří např. nízký půdopokryvný 'Compactum' či 'Luna', pro tmavší až nahnědlé květy kultivar 'Duddley Neville' nebo kultivar 'Variegatum' s panašovanými listy.

Příbuzné druhy – rod *Alyssum* (tařice, tařinka) má podobné nároky na stanoviště a je také pěstována jako skalnička. Oblíbenými druhy jsou např. tařice stříbrná (*A. argenteum*) či tařice horská (*A. montanum*), vhodné do vápnitých skalek.

Arenaria grandiflora - písečnice velkokvětá - *Caryophyllaceae*

Růstová forma, habitus, morfologie – Polykarpická vytrvalá neklonální, hemikryptofytická bylina dorůstající výšky 0,05 – 0,15 m. Listy jednoduché, vstřícné. Kvete v květnu až červnu bílým vidlanovitým květenstvím. Plodem je tobolka.

Stanoviště – Rostlina silně bazických skalních výchozů, náročná na světlo a teplo. Vyskytuje se na suchých a chudých půdách.

Využití – Oblíbená skalnička do vápenatých skalek vyhledávaná pro své bílé květy na konci jara.

Příbuzné druhy – Častěji se ve skalkách pěstuje písečnice horská (*Arenaria montana*), původem z jihovýchodní Evropy.

Armeria maritima* - trávnička přímořská - *Plumbaginaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Polykarpická vytrvalá neklonální, hemikryptofytická bylina dorůstající výšky 0,1 – 0,2 m. Listy jednoduché v přízemní růžici, kvete v květnu – září bílou, růžovou nebo červenou hlávkou. Plodem je tobolka.

Stanoviště – Přirozeně roste na pobřežních skalách severní a západní Evropy, snáší proto dobře zasolení. Vhodná na výslunná teplá místa.

Využití – Vhodná do skalek, zídek, na písčité a propustné půdy. Nenáročná na péči. Pěstuje se pro huňaté trsy stálezelených listů a květy bílé až červené barvy. Oblíbenými kultivary jsou např. bílé kvetoucí 'Alba', růžově kvetoucí kultivar s červenými listy 'Vesuv' nebo červeně kvetoucí 'Ballerino Red'.

Příbuzné druhy – trávnička trsnatá (*Armeria juniperifolia* pochází původně z Pyrenejského poloostrova. Dorůstá asi jen pěti centimetrů a vytváří kompaktní kobercovité porosty. Mezi pěstované kultivary patří 'Alba', 'Röschen' či 'Brookside'.

Asplenium trichomanes* - sleziník červený - *Aspleniaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, hemikryptofytická bylina dosahující výšky 0,02 – 0,25 m. Listy složené, lichozpeřené, v přízemní růžici. Rozmnožuje se pomocí výtrusů, podzemním orgánem je oddenek.

Stanoviště – Rostliny polostinných míst, výjimečně rostoucí na plném světle. Vyskytuje se od nížinných po horské oblasti na spíše chudých a středně vlhkých půdách skalních výchozů případně suťových lesů. Generalista v ohledu půdní reakce.

Využití – Nízká stálezelená kapradina vhodná do přistíněných skalek, především do škvír, spár v zídkách i do nádob. Nemá speciální nároky, jenom dobře propustný substrát.

Aster alpinus* - hvězdnice alpská - *Asteraceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, hemikryptofytická bylina dorůstající výšky 0,05 – 0,3 m. Listy jsou jednoduché, vytvářejí přízemní růžici. Kvete žlutými / modrými / fialovými úbory od května do června. Plodem je nažka.

Stanoviště – Vyskytuje se na výslunných silikátových skalách a dročinách. Je indikátorem chladu, roste v subalpínském stupni. Půdu preferuje chudší a sušší, slabě kyselou až bazickou.

Využití – Vhodná do skalek a trvalkových záhonů i do vyšších nadmořských výšek. Pěstují se kultivary bílé 'Albus', růžové plnokvěté 'Sabine', tmavofialové 'Dunkle Schöne' či zvláště kompaktní 'Typ Pirin'.

Příbuzné druhy – Na skalkách se také pěstují druhy kvetoucí na podzim, jako jsou např. nízké kultivary hvězdnice chlumní (*Aster amellus*) nebo kultivar druhu hvězdnice vřesovcové (*Aster ericoides*) 'Snowflury', který vykvétá až v říjnu bílými květy.

Campanula persicifolia* - zvonek broskvolistý - *Campanulaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, hemikryptofytická bylina dorůstající výšky 0,5 – 0,8 m. Listy jsou jednoduché, vytvářejí přízemní růžici. Kvete od června do srpna modrými květy uspořádanými v hroznu. Plodem je tobolka.

Stanoviště – Rostlina polostinných míst, jen vzácně rostoucí na plném světle. Vyžaduje mírně kyselou až bazickou půdní reakci, neroste na výrazně kyselých půdách. Středně náročná na živiny a vlhkost. Roste hlavně v lesních lemech a na lesních světlinách, také na skalních výchozech.

Využití – Vhodná pro trvalkové výsadby i jako skalnička. Dobře vypadá ve výsadbě s lomikameny, hvozdíky a nízkými plamenky. Kromě klasických fialovomodrých kultivarů se pěstují i bílé, např. 'Alba' nebo 'Chettle Charm' nebo 'Blue Bloomers' pro své dvojité fialové květy.

Příbuzné druhy – Zvonků vhodných do skalek je více, jde především o nízké druhy. Do suchých skalek se hodí především různé kultivary zvonku karpatského (*C. carpatica*), zvonku lžičnikolistého (*C. cochlearifolia*) nebo zvonku klubkatého (*C. glomerata*).

Ceterach officinarum* - kyvor lékařský - *Aspleniaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, hemikryptofytická bylina dorůstající výšky 0,05 – 0,15 m. Listy kožovité, peřenosečné až peřeně složené. Výtrusy dozrávají od května do srpna, zásobní orgán – oddenek.

Stanoviště – Rostlina polostinných až světlejších míst. Vyskytuje se na chudých a sušších půdách skalních výchozů, především jako chasmodium ve šterbinách. Vyžaduje slabě kyselou až bazickou půdní reakci, neroste na silně kyselých půdách.

Využití – Kyvor lékařský se hodí do teplých a světlých skalek či zedních spár, ne však na plné slunce. Vyhovuje mu spíše vápenatý podklad. Je dekorativní svými kožovitými listy, které při suchu svinuje lícem dovnitř a rezavým rubem ven.

Dianthus gratianopolitanus* - hvozdík sivý - *Caryophyllaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Polykarpická vytrvalá neklonální, hemikryptofytická bylina dorůstající výšky 0,08 – 0,25 m. Listy jednoduché, vstřícné, stálezelené. Kvete růžovými květy od května do června, plodem je tobolka.

Stanoviště – Vyskytuje se na výslunných a teplých silikátových skalách a drovinách, vyžaduje neutrální až slabě kyselou půdní reakci. Roste převážně na chudých a suchých půdách.

Využití – Pěstuje se nejenom pro krásné svítivé růžové až červené květy, ale také pro stříbrné až namodralé listy, které vytváří husté polštáře. Ideální druh do nevápenných skalek či zahradních zídek. Pěstuje se mnoho kultivarů od bílé barvy květu jako např. 'Alba' přes typickou růžovou např. 'Brno', 'Eydangeri', 'La Bourbille', po červené kultivary jako např. 'Badenia' nebo 'Emmen'.

Příbuzné druhy – Hvozdíků se pěstuje celá řada, do skalek se dále hodí např. hvozdík kropenatý (*D. deltoides*) nebo hvozdík alpský (*D. alpinus*).

Gentiana verna* - hořec jarní - *Gentianaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, hemikryptofytická bylina dorůstající výšky 0,05 – 0,13 m. Listy jednoduché v přízemní růžici. Kvete od dubna do července modrými květy, plodem je tobolka.

Stanoviště – Rostlina světlých a chladných míst, vyskytuje se v subalpínském stupni. Roste na spíše chudých a sušších půdách, mírně kyselých až bazických. Typickým stanovištěm výskytu jsou silikátové skály a droliny.

Využití – Vhodná skalnička i do výše položených míst. Nápadná pro své jarní svítivě modré trubkovité květy. Pěstuje se často varieta *angulosa*, která je méně náročná.

Příbuzné druhy – Dalšími vhodnými hořci pro použití ve skalkách jsou např. hořec bezlodyžný (*G. acaulis*) nebo hořec úzkolistý (*G. angustifolia*).

Geranium robertianum* - kakost smrdutý - *Geraniaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Jednoletá až ozimá bylina dorůstající výšky 0,1 – 0,5 m. Listy jednak uspořádány do přízemní růžice, lodyžní vstřícné. Kvete od května do září růžovými až růzovofialovými květy ve vidlanovitém květenství, plod je suchý, zobanitý.

Stanoviště – Rostlina polostinných míst, výjimečně rostoucí na plném slunci. Vyskytuje se od nížinného po horský stupeň. Běžná také na vápenitých skalních výchozech a sutích. Generalista ve vztahu k vlhkosti a půdní reakci.

Využití – Vyhledávaný pro dlouhou dobu kvetení, vhodný do polostinných částí skalky nebo zdí s dobrou drenáží, případně i mimo skalky do podrostu dřevin. Pro své léčebné účinky využitelný v domácím lékařství.

Příbuzné druhy – Pro použití do skalek se pěstuje také kakost sivý (*G. cinereum*) např. v růžovém kultivaru 'Giuseppii' nebo růžovém žilkovaném kultivaru s tmavým okem 'Ballerina'. Dalším druhem pak může být kakost dalmátský (*G. dalmaticum*) s kultivary 'Bressingham Pink' nebo bíle kvetoucím 'Alba'.

Gypsophila muralis* – šater zední - *Caryophyllaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Jednoletá, terofytická bylina dorůstající výšky 0,03 – 0,2 m. Listy jednoduché, vstřícné, kvete od června do října bílými až růžovými květy ve vidlanovitých květenstvích. Plodem je tobolka.

Stanoviště – Rostlina světlých míst, rostoucí na půdách vlhčích. Indikátor kyselé půdní reakce, jen výjimečně rostoucí na neutrálním substrátu.

Využití - Oblíbená letnička pro tvorbu kompaktních polštářků s drobnými květy. Vhodná rostlina do skalek nevápenných, s dostatečným osvětlením a propustnou půdou. Vytváří polštáře jemných květů vhodné např. do středomořských kompozic. Oblíbeným kultivarem je např. růžově kvetoucí 'Gypsy Pink' nebo 'Gypsy Deep Rose'.

Příbuzné druhy – Jako převislá plazivá trvalka vhodná pro vápencové skalky se pěstuje šater plazivý (*G. repens*) nebo jen asi 3 cm vysoký kultivar *G. Aretioides* mechovitěho vzhledu 'Caucasica'.

***Hieracium tomentosum* - jestřábník chlupatý – Asteraceae**

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, hemikryptofytická bylina dorůstající výšky 0,15 – 0,25 m. Listy jednoduché v přízemní růžici. Kvete od července do srpna žlutým úborem, plodem je nažka. Zásobním orgánem oddenek.

Stanoviště – Rostlina plně osvětlených míst chladnějších oblastí. Vyhledává chudší půdy s průměrnou vlhkostí. Indikátor bazí, vždy rostoucí v podmínkách bohatých vápníkem. Druh typický pro vápenaté skalní výchozy a terásky.

Využití – Pěstován pro sivě zelené chlupaté listy a žlutooranžové úbory. Ideální skalnička na osluněná a dobře drenážovaná místa. Snadno se rozrůstá a může vytvářet větší plochy. Fixovaný na bazickou půdní reakci, proto se mu daří zejména na vápencových a dolomitových skalkách.

Příbuzné druhy – Ve skalkách se uplatní další druhy jestřábníků, jako je např. jestřábník pomíchaný (*H. mixtum*) nebo jestřábník chlupáček (*H. pilosella*).

***Leontopodium alpinum* - plesnivec alpský - Asteraceae**

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, hemikryptofytická bylina dorůstající výšky 0,05 – 0,3 m. Listy jednoduché, v přízemní růžici. Kvete od června do září bílými až žlutobílými květy – chocholíky úborů. Plodem je nažka. Zásobním orgánem je oddenek.

Stanoviště – Rostlina plně osvětlených míst původně horských oblastí. Roste na sušších, chudých a na báze bohatých půdách.

Využití – Vhodná do skalek, zídek i nádob. Ozdobná bílými listeny kolem úborů i plstnatými růžicemi listů.

Příbuzné druhy – V zahrádkách se pěstují i asijské druhy, jako je např. plesnivec himalájský (*L. himalayana*) nebo plesnivec soulieův (*L. souliei*).

***Polypodium vulgare* - osladič obecný - Polypodiaceae**

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, hemikryptofytická bylina dorůstající výšky 0,1 – 0,3 m. Listy jednoduché, peřeně členěné, spory dozrávají v červenci až srpnu. Zásobním orgánem je oddenek.

Stanoviště – Rostlina polostinných míst, snáší však dobře i slunce. Vyskytuje se na chudých půdách mírně kyselé reakce silikátových skal a drolin. Vyhovuje jí středně vlhká až sušší půda.

Využití – Osladič obecný se hodí do přistíněných částí skalky nebo zdí, snese ale dobře i dostatečně vlhké slunečné stanoviště. Dobře vypadá jako podrost stromů a keřů a vzhledem ke své nenáročnosti může růst i na místech, kde jiné druhy neprosívají.

Nevyhovuje mu vápenatý podklad. Možné je také jeho využití v lidovém léčitelství, oddenek se dříve používal pro léčbu trávicího traktu.

Potentilla aurea* - mochna zlatá - *Rosaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, hemikryptofytická bylina dorůstající výšky 0,03 – 0,3 m. Listy složené, troj až pětičetné. Kvete od května do srpna žlutými květy v kruželovitém květeství, plodem je souplodí nažek. Podzemním orgánem je oddenek.

Stanoviště - Rostlina slunných míst, rostoucí přirozeně v subalpínském stupni. Vyskytuje se na průměrně vlhkých, chudých, kyselých, výjimečně neutrálních půdách.

Využití – Vytváří ploché trsnaté polštáře. Vhodná trvalka do skalek z kyselých hornin, i jako pokryv svahů či obruba cest. Nenáročná, vyžadující spíše kyselé půdy dobře propustné a vlhké. Vzhledem ke svému přirozenému rozšíření vhodná také do vysokohorských podmínek.

Příbuzné druhy – Na vápenatých skalkách se pěstuje růžově kvetoucí mochna lesklá / triglavská (*P. nitida*), dalším oblíbeným druhem je mochna Crantzova *P. crantzii*, zvláště pak kultivar 'Goldrausch' nebo oranžově kvetoucí kultivar mochny jarní (*P. neumanniana*) 'Orange Form'.

Primula auricula* - prvosenka lysá - *Primulaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, hemikryptofytická bylina dosahující výšky 0,05 – 0,2 m. Listy jednoduché, dužnaté vyrůstající v přízemní růžici. Kvete od dubna do června žlutými květy uspořádanými v jednostranném okolíku. Plodem je tobolka.

Stanoviště – Roste na osluněných horských loukách či skalních výchozech vápencového podkladu. Vyhovuje jí chudší, lehká, propustná půda.

Využití – Trvalka vhodná i do výše položených skalek a suťovišť. Zajímavá zářivě žlutými květy na jaře a v brzkém létě a sukulentními listy světlezelené barvy. Pěstuje se i v červených kultivarech, např. karmínový 'Forest Fire'.

Příbuzné druhy – Ve skalkách se pěstuje také růžově kvetoucí prvosenka zoubkatá (*P. denticulata*) nebo prvosenka pomoučněná (*P. farinosa*).

Pulsatilla vulgaris* - koniklec německý - *Ranunculaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Polykarpická vytrvalá neklonální, hemikryptofytická bylina dosahující výšky 0,05 – 0,4 m. Listy přízemní, peřeně členěné. Kvete od března do května fialovými květy, plodem je souplodí nažek.

Stanoviště – Rostlina světlých suchých míst. Indikátor chudých, slabě kyselých až bazických půd.

Využití – Pěstovaná pro fialové květy kvetoucí brzy na jaře. V dobrých podmínkách se vysemení a rozrůstá. Vhodná na plně osluněná místa s dobrou drenáží. Kromě

klasických fialově kvetoucích kultivarů se pěstuje i bílý 'Alba', tmavě fialový 'Blaue Glocke' nebo svítivě červený 'Rote Glocke'.

Příbuzné druhy – Do kyselých skalek se hodí obtížněji pěstovatelný bíle kvetoucí koniklec alpský (*P. alpina*), na vápencích se pak pěstuje koniklec Hallerův (*P. halleri*).

***Saxifraga paniculata* – lomikámen vždyživý – Saxifragaceae**

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, hemikryptofytická bylina dosahující výšky 0,15 – 0,3 m. Listy jednoduché v přízemní růžici. Kvete od června do července bílými květy uspořádanými do kruželovitého květenství. Plodem je tobolka.

Stanoviště – Rostlina světlých míst, většinou rostoucí na plném světle. Vyhledává sušší, chudé, na vápník bohaté půdy.

Využití – Ideální skalnička do vápenitých skalek, ale také do nádob a květináčů. Roste dobře na osluněných a dobře propustných stanovištích, ne však na přímém slunci.

Příbuzné druhy – Lomikameny pěstované ve skalkách můžeme dělit do tří sekcí.

Sekce *Ligulatae* - Vápnomilné druhy rostoucí na světlých stanovištích a dobře snášející sucho. Mezi pěstované evropské zástupce patří kromě *S. paniculata* také lomikámen nádherný (*S. cotyledon*) a jejich kultivary.

Sekce *Dactyloides* - Tzv. mechovité lomikameny rostoucí na dobře osvětlených stanovištích, ne však na přímém slunci jižních expozic. Snadno se rozrůstají a na pěstování jsou poměrně nenáročné. Typickými pěstovanými zástupci jsou kultivary *S. × arendsii*, což jsou křížence druhů lomikámen trsnatý (*S. rosacea*) a lomikámen zrnatý (*S. granulata*).

Sekce *Porphyron* - Původně vysokohorské druhy pohoří střední a východní Asie a jižní Evropy vytvářející drobné listové růžice. Vzhledem ke svému vysokohorskému původu jsou náročné na světlo, ale nesvědčí jim vysoké teploty. Proto je jejich pěstování v našich podmínkách často obtížné a vyžaduje zkušenosti.

***Sedum acre* - rozchodník ostrý - Crassulaceae**

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, chamaefytická bylina dorůstající výšky 0,05 – 0,15 m. Listy sukulentní, stálezelené, jednoduché. Kvete od května do června žlutými květy uspořádanými do vijanů. Plodem je souplodí měchýřků.

Stanoviště – Rostlina suchých trávníků skalních výchozů a písčín. Roste na chudých a suchých půdách teplých a slunečných stanovištích. Generalista v ohledu půdní reakce.

Využití – Houževnatá trsnatá trvalka ideální do osluněných zídek, drobných skalek či zelených střech. Dekorativní svými sukulentními listy a žlutými květy. Naprosto nenáročná na půdu i závlahu. Snadno se rozrůstá, proto ji je potřeba jednou za čas omezit. Pěstují se i bíle kvetoucí kultivary jako např. 'Oktoberfest' či kultivar 'Yellow Queen' se zlatými listy.

Příbuzné druhy – Na skalkách se pěstuje také bíle kvetoucí rozchodník bílý (*S. album*) např. jeho kultivar 'Coral Carpet' s listy v průběhu roku přecházejícími od zelené po červenohnědou barvu nebo četné kultivary rozchodníku zvrhlého (*S. hybridum*) a severoamerického rozchodníku *S. ternatum*.

Sempervivum tectorum* - netřesk střešní - *Crassulaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, chamaefytická bylina dorůstající výšky 0,15 – 0,3 m. Stálezelené sukulentní listy v přízemní růžici. Kvete od června do července růžovými až červenofialovými květy uspořádanými do vijanů. Plodem je souplodí měchýřků.

Stanoviště – Na živiny a půdní reakci nenáročný druh. Vyskytuje se na plně osvětlených suchých stanovištích od nížin po horský stupeň.

Využití – Nenáročná, nízká, sukulentní trvalka snadno rostoucí i na místech téměř bez půdy. Vhodná do kamenných zídek, zelených střech i nádob. Nesnáší přemokření.

Příbuzné druhy – Netřesky jsou silně prošlechtěny a pěstuje se mnoho dalších druhů a kultivarů. Mezi nejběžnější patří netřesk pavučinatý (*S. arachnoideum*) tvořící na vrcholech listů vlnaté chmýří s řadou kultivarů mj. např. 'Rubín' a 'Coral Red' s červenými listy nebo netřesk horský (*S. montanum*) a netřesk velkokvětý (*S. grandiflorum*).

Thymus praecox* - mateřídouška časná - *Lamiaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Keříčkovitá plazivá rostlina dosahující výšky 0,03 – 0,1 m. Listy stálezelené, střídavé. Kvete od května do června růžovými květy v lichoklasech přeslenů. Plodem je tvrdka.

Stanoviště – Rostlina světlých, suchých a na živiny chudých míst. Indikátor mírně kyselých až bazických podmínek. Roste na vápnatých sutích, skalních výchozech i písčínách.

Využití – Nízká trvalka tvořící husté trsy s bohatými květy, vhodná do zídek, skalek, na písčité partie zahrad i mezi dlažbu, jelikož dobře snáší sešlap. Pěstují se mnohé kultivary s bílými až červenými květy, mezi české patří např. 'Jiskra' nebo 'Davídek', ze zahraničních např. 'Purple Beauty' nebo 'Red Carpet'.

Příbuzné druhy – Oblíbená je také mateřídouška úzkolistá (*T. serpyllum*) nebo po citrónu vonící kříženec *T. × citriodorus*.

Veronica prostrata* - rozrazil rozprostřený - *Plantaginaceae

Růstová forma, habitus, morfologie – Klonální, hemikryptofytická bylina dorůstající výšky 0,05 – 0,15 m. Listy stálezelené, vstřícné, jednoduché. Kvete od dubna do června růžovými až modrými květy uspořádanými do hroznu, plodem je tobolka.

Stanoviště – Rostlina světlých teplých míst, roste na chudých suchých půdách bohatých vápníkem, např. na vápencových skalních výchozech nebo na písčínách.

Využití – Vhodná trvalka do skalek zídek, nebo do dobře propustných písčitých půd. Pěstuje se na osluněných místech, zvládá ale i polostín. Vyniká postupně rozkvétajícími modrými květy v hroznovitém květenství. Pěstuje se také v růžových a bílých kultivarech.

Příbuzné druhy – Na skalkách se uplatní také rozrazil bezlistý (*V. aphylla*) s jemnými listy nahloučenými do zdánlivě přízemní růžice.

6 Diskuze

Vzhledem k nezanedbatelnému vlivu globálního oteplování je otázkou, zda se ve střední Evropě v průběhu let začne zvyšovat procento pěstovaných teplomilných skalničků, v tuto chvíli neschopných přežít naši zimu. Tyto prozatím letničky původem subtropického až tropického pásu, jako je např. gazánie zářivá (*Gazania rigens*), tařicovka přímořská (*Lobularia maritima*), vitálka položená (*Sanvitalia procumbens*) nebo kosmatec sedmikráskovitý (*Dorothenthus belidiformis*), by v budoucnu mohly nastoupit na místo vysokohorských druhů trvalek (hvězdnice alpská - *Aster alpinus*, plesnivec alpský - *Leontopodium alpinum*), které jsou doposud schopné snášet teplé léto nížinných oblastí, ale jejichž areál výskytu v zahradách se bude zřejmě přesouvat zpět do vyšších poloh.

Jak bylo potvrzeno literární rešerší, případný příliv nových druhů a jejich zplaňování by mohl znamenat nebezpečí pro domácí flóru. Zvláště pak pro konkurenčně slabé psamofyty, u nás rostoucí na malých plochách a v malých počtech, by mohla být tato invaze fatální. Velmi důležitý pro přežití těchto vysoce specializovaných rostlin bude tedy v budoucnu antropogenní zásah, který by měl nejen zamezit šíření těchto druhů, ale také přispívat k udržení písčín jejich pravidelnou disturbancí.

Se zvyšující se průměrnou roční teplotou, klesajícím množstvím srážek a rostoucí oblibou tzv. „bezúdržbových výsadeb“ bude pravděpodobně růst i poptávka po nenáročných rostlinných druzích. Velké oblíbenosti se již v současnosti těší tzv. zelené střechy, které vnášejí do šedi velkoměsta nejen estetický prvek zelené plochy, ale také pomáhají regulovat prašnost a hladinu oxidu uhličitého v ovzduší. Fungují také jako regulátory teploty uvnitř domů i v okolním prostředí. Tyto silně exponované plochy s nízkým půdním horizontem poskytují skalním a písčomilným rostlinám často ideální stanoviště podobné tomu přirozenému.

Vrstva půdy zelených střech je závislá především na statice domu. V hlubších půdních profilech mohou prosperovat vyšší byliny i odolné dřeviny, v případě nízké nosnosti střechy či terasy může majitel zvolit předpěstované živé koberce skládající se především z rozchodníků (*Sedum* sp.) či netřesků (*Sempervivum* sp.). Tyto lehké a snadno instalovatelné pokrývky splní svou funkci i s minimálním zatížením objektu.

Kromě velkého množství domácích i mimoevropských pěstovaných bylin bývají, především do skalek větších rozměrů, vysazovány také dřeviny v přírodě přirozeně rostoucí na skalnatých a písčných podkladech. I když jsou nedílnou součástí naší flóry, nebyl jim zde, vzhledem k zaměření práce na bylinné druhy, vyhrazen speciální prostor. Tyto rostliny dodávají alpinům vertikální rozměr a v případě neopadavých jehličnanů také celoroční zelený efekt. Především u stromů je vhodné vybírat zakrslé kultivary typické pomalým růstem a malou výškou v dospělosti.

V České republice roste řada druhů dřevin na skalnatých či písčitéch půdách, které jsou vhodné pro okrasné použití. Suché, živinami chudé písčité či skalnaté substráty vyhovují výskytu borových lesů s převážným zastoupením borovice lesní (*Pinus silvestris*) v doprovodu dubu zimního (*Quercus petraea*) či jeřábu ptačího (*Sorbus aucuparia*). V nižších patrech se na kyselých podložích vyskytují keříčkovité vřesovcovité druhy jako brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*), brusnice brusinka (*Vaccinium vitis-idaea*), vřes obecný (*Calluna vulgaris*) nebo vřesovec pleťový (*Erica carnea*). Na skalních výchozech a sutích se kromě

borovice lesní vyskytuje také tis červený (*Taxus baccata*), z listnáčů pak bříza bělokorá (*Betula pendula*), rybíz alpský (*Ribes alpinum*), skalník celokrajný (*Cotoneaster integerrimus*), lýkovec jedovatý (*Daphne mezereum*) nebo dřívák obecný (*Berberis vulgaris*).

7 Závěr

Prostřednictvím literární rešerše byla shrnuta problematika psamofytní a petrofytní flóry střední Evropy se zaměřením na Českou republiku, doplněná o poznatky z vědeckých výzkumů z celého světa. Ze studia biotopů, ve kterých se tyto skupiny rostlin přirozeně vyskytují, vyplynulo, že jak psamofytní, tak petrofytní vegetace dokáže čelit nevlídným abiotickým podmínkám pomocí četných adaptací, které jsou často předmětem vědeckých studií a jejichž fyziologické základy nebyly v některých případech dosud plně objasněny.

Druhové složení petrofytní flóry je závislé především na kyselosti substrátu a intenzitě slunečního svitu. Tato vegetace zahrnuje specialisty na kyselé či bazické podklady, ale i generalisty z hlediska půdní reakce. Obecně lze říci, že bazické skály a sutě se v České republice vyskytují méně často, především v krasových oblastech, a i vegetace na nich rostoucí je tedy vzácnější. Naopak kyselé spektrum těchto biotopů a tedy i vegetace na nich rostoucí zaujímá větší procentuální podíl. Specifická stanoviště tvoří hadcové horniny, které mohou vykazovat kyselý i bazický charakter a postrádají vápenaté ionty, které jsou pro mnohé acidofilní druhy překážkou k růstu.

Pro rozdělení psamofytní flóry na našem území není stěžejní půdní reakce (ta je v České republice kyselá), ale spíše míra zazemnění. Pravidelně disturbované plochy obývá druhově nejchudší a nejvíce specializovaná vegetace, s postupnou mírou stabilizace podkladu se druhová diverzita zvyšuje, míra specializace však klesá.

Jak skalní výchozy a sutě, tak váté písky jsou vystaveny negativnímu antropogennímu vlivu. Podle studovaných materiálů je z globálního hlediska největším nebezpečím pro skalní vegetaci těžba hornin, změna podnebí a volnočasové aktivity typu turismu nebo horolezení. Psamofytní flóra trpí především stabilizací vátých písků způsobenou hromaděním organického materiálu a patří v současnosti k nejvíce ohroženým biotopům na světě. Na našem území je navíc zastoupena jen nepočtenými roztroušenými populacemi a její přežití tak závisí na pravidelném managementu ze strany člověka.

Díky své odolnosti a jisté exotičnosti, způsobené nedostupností či nízkou mírou výskytu v naší krajině, je petrofytní a psamofytní flóra vyhledávaným doplňkem zahrad a městské zeleně. Vzhledem k současnému trendu xerotermizace krajiny je navíc pravděpodobné, že její oblíba a procentuální zastoupení ve výsadbách neustále poroste.

8 Literatura

- Acosta A, Carranza M, Martino L, Frattaroli AR, Izzy CF, Stanisci A. 2008. Patterns of native and alien plant species occurrence on coastal dunes in Central Italy. Pages 235-248 in Tokarska-Guzik B, Brock JH, Brundu G, Child L, Daehler CC, Pyšek P, editors. *Plant Invasions: Human perception, ecological impacts and management*. Backhuys Publishers, Leiden.
- Boisson S, Labonté A, Mahy G, Monty A. 2020. The success of rock translocation for populations of the chasmophytic *Aeollanthus saxatilis* (Lamiaceae). *Journal for Nature Conservation* **53**: Article 125777.
- Cailteux JLH, Kampunzu AB, Lerouge C, Kaputo AK, Milesi JP. 2005. Genesis of sediment-hosted stratiform copper–cobalt deposits, central African Copperbelt. *Journal of African Earth Sciences* **42**: 134-158.
- Deinlain U, Stephan AB, Horie T, Luo W, Xu G, Schroeder JI. 2014. Plant salt-tolerance mechanisms. *Trends in Plant Science* **19**: 371-379.
- Del Vecchio S, Fantinato E, Janssen JAM., Bioret F, Acosta A, Prisco I, Tzonev R, Marcenò C, Rodwell J, Buffa G. 2017. Biogeographic variability of coastal perennial grasslands at the European scale. *Applied Vegetation Science* **21**: 312-321.
- Delgado-Fernandez I, O'Keeffe N, Davidson-Arnott RGD. 2019. Natural and human controls on dune vegetation cover and disturbance. *Science of The Total Environment* **672**: 643-656.
- El-Sheikh MA, Thomas J, Arif IA, El-Sheikh HM. 2021. Ecology of inland sand dunes “nafuds” as a hyper-arid habitat, Saudi Arabia: Floristic and plant associations diversity. *Saudi Journal of Biological Sciences* **28**: 1503-1513.
- Fenu G, Cogoni D, Ulian T, Bacchetta G. 2013. The impact of human trampling on a threatened coastal Mediterranean plant: The case of *Anchusa littorea* Moris (Boraginaceae). *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. **208**: 104-110.
- Fitzsimons JA, Michael DR. 2017. Rocky outcrops: A hard road in the conservation of critical habitats. *Biological Conservation* **211**: 36-44.
- Gad MRM, El-Hadidy MEA, El-Nabarawy AAA. 2012. Comparative study on the adaptation of some natural plants grown under macronutrients limitation at North Sinai sand dunes (Egypt). *Annals of Agricultural Sciences* **57**: 81-90.
- Hesp PA. 1991. Ecological processes and plant adaptations on coastal dunes. *Journal of Arid Environments* **21**: 165-191.
- Hesp P, Schmutz P, Martinez ML, Driskell L, Orgera R, Renken K, Revelo NAR, Orocio OAJ. 2010. The effect on coastal vegetation of trampling on a parabolic dune. *Aeolian Research* **2**: 105-111.
- Holzschuh A. 2016. Does rock climbing threaten cliff biodiversity? - A critical review. *Biological Conservation* **204**: 153-162.

Hurych V, Svoboda S, Michalková R, Stejskalová J. 2011. *Tvorba zeleně, Sadovnictví-Krajinářství*. Vyšší odborná škola zahradnická a Střední zahradnická škola ve spolupráci s Grada Publishing, Mělník.

Chytrý M et al. 2007. *Vegetace České republiky, 1. Travinná a keříčková vegetace*. Academia, Praha.

Chytrý M et al. 2009. *Vegetace České republiky, 2. Ruderální, plevelová, skalní a suťová vegetace*. Academia, Praha.

Chytrý M et al. 2021. Pladias – databáze české flóry a vegetace. Available from www.pladias.cz (accessed April 2021).

Chytrý M, Kučera T, Kočí M, Grulich V, Lustyk P editors. 2010. *Katalog biotopů České republiky*. Ed. 2. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

Jørgensen RH, Kollmann J. 2009. Invasion of coastal dunes by the alien shrub *Rosa rugosa* is associated with roads, tracks and houses. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants* **204**: 289-297.

Kaplan Z, Danihelka J, Chrtek J jun, Kirschner J, Kubát K, Štech M, Štěpánek J. 2019 *Klíč ke květeně České republiky*. Academia, Praha.

Leuschner Ch, Ellenberg H. 2017. *Ecology of Central European Non-Forest Vegetation: Coastal to Alpine, Natural to Man-Made Habitats, Vegetation Ecology of Central Europe, Volume II*. Springer, Switzerland.

Luo W, Zhao W. 2015. Effects of wind erosion and sand burial on growth and reproduction of a clonal shrub. *Flora - Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plant* **217**: 164-169.

Ma F, Barrett-Lennard EG, Tian ChY. 2019. Changes in cell size and tissue hydration ('succulence') cause curvilinear growth responses to salinity and watering treatments in euhalophytes. *Environmental and Experimental Botany* **159**: 87-94.

Marcenò C et al. 2018. Classification of European and Mediterranean coastal dune vegetation. *Applied Vegetation Science* **21**: 533– 559.

Martínez ML, Maun MA. 1999. Responses of dune mosses to experimental burial by sand under natural and greenhouse conditions. *Plant ecology* **145**: 209-219.

Meynier S, Brun J-J. 2018. Humus forms pathways in low-elevation cold scree slopes: Tangel or Mor? *Applied Soil Ecology* **123**: 572-580.

Pérez FL. 2012. Biogeomorphological influence of slope processes and sedimentology on vascular talus vegetation in the southern Cascades, California. *Geomorphology* **138**: 29-48.

Petránek J. 1993. *Malá encyklopedie geologie*. Jih, České Budějovice.

- Popescu R, Vespremeanu-Stroe A, Onaca A, Vasile M, Cruceru N, Pop O. 2017. Low-altitude permafrost research in an overcooled talus slope–rock glacier system in the Romanian Carpathians (Detunata Goală, Apuseni Mountains). *Geomorphology* **295**: 840-854.
- Qin J, Zhang W, Zhang S-B, Wang J-H. 2020. Similar mycorrhizal fungal communities associated with epiphytic and lithophytic orchids of *Coelogyne corymbosa*. *Plant diversity* **42**: 362-369.
- Rakić T, Jansen S, Rančić D. 2017. Anatomical specificities of two paleoendemic flowering desiccation tolerant species of the genus *Ramonda* (Gesneriaceae). *Flora* **233**: 186-193.
- Rubín J, Balatka B, Ložek V, Malkovský M, Pilous V, Vitek J. 1986. Atlas skalních, zemních a půdních tvarů. Academia, Praha.
- Růžicková E, Růžicka M, Zeman A, Kadlec J. 2003. Kvartérní klastické sedimenty České republiky. Struktury a textury hlavních genetických typů. Česká geologická služba, Praha.
- Sádlo J, Kolbek J. 1994. Náčrt nelesní vegetace sutí kolinního až montánního stupně České republiky. *Preslia* **66**: 217-236.
- Schmera D, Rusterholz H-P, Baur A, Baur B. 2018. Intensity-dependent impact of sport climbing on vascular plants and land snails on limestone cliffs. *Biological Conservation* **224**: 63-70.
- Slavíková J. 1986. Ekologie rostlin. SPN – Státní Pedagogické Nakladatelství, Praha.
- Summerfield MA. 2013. *Global Geomorphology*. Routledge, New York.
- Tsoar H, Cohen-Zada AL. 2020. The conflict between urban planning and the preservation of sand dunes – The case of the Big Dune in the city of Ashdod, Israel. *City and Environment Interactions* **5**.
- Wahid A, Gelani S, Ashraf M, Foolad MR. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany* **61**: 199-223.
- Wang D, Wang H, Han B, Wang B, Guo A, Zheng D, Liu Ch, Chang L, Peng M, Wang X. 2012. Sodium instead of potassium and chloride is an important macronutrient to improve leaf succulence and shoot development for halophyte *Sesuvium portulacastrum*. *Plant Physiology and Biochemistry* **51**: 53-62.