

2001

**ZÁKLADY
PEDOLOGIE
PRO ARBORISTY**

Skriptum

SCHOLA ARBORICULTURA S. R. O.

**SCHOLA
ARBORICULTURA S. R. O.**

Na Štěpnicí 945
665 01 ROSICE

Tel./Fax: 0502 / 412 394
Ei. adresaz: schola@arboristika.cz
www.arboristika.cz/schola

2001

**DOC. ING. K. REJŠEK, CSC.
DR. ING. D. VAVŘÍČEK
MGR. A. BAJER**

Celý text byl koncipován jako základní, orientační učební pomůcka a proto neobsahuje citace literatury. To však samozřejmě nemá žádnou vazbu na jednoznačnou skutečnost, že vlastní text představuje výsledek obecně rostoucího stupně poznání celé světové pedologické odborné společnosti.

Veškeré texty uvedené v těchto skriptech jsou chráněny autorským zákonem a byly sepsány výhradně pro použití v rámci školení společností **SCHOLA ARBORICULTURA s.r.o.** Prosíme vás o respektování zákazu kopírování nebo jiného množení textů či jejich částí.

V Brně, 23.1.2001

Doc. Ing. Klement Rejšek, CSc.

Půdní fond České republiky je rozčleněn do pěti kategorií:

- lesní půda,
- zemědělská půda (se sedmi subkategoriemi: orná půda, chmelnice, vinice, zahrady, ovocné sady, louky a pastviny),

- vodní plochy,
- zastavěné plochy,
- ostatní plochy.

Na půdu můžeme nahlížet z různých stran. Může se nám jevit jako plocha na zemi, na níž roste vegetace stejně tak jako polyfunkční, otevřený, polyfázový, strukturovaný systém na povrchu litostýry, spojený výměnou látek s ostatními sférami.

Základem tvorby půdy je akumulace minerální a organické hmoty na zemském povrchu. Co se týká minerální hmoty, ta je z tohoto pohledu charakteristická termodynamickou nestabilitou plynouc z výrazně odlišných podmínek vzniku ve srovnání s podmínkami stávajícími: primární horninotvorné minerály se vytvářely při tlacích a teplotách nesrovnatelně vyšších než v jakých posléze zvětrávaly na zemském povrchu. Co se týká organické hmoty, jejím kvantitativně nejdůležitějším zdrojem jsou terestrická rostlinná společenstva, podmiňující vznik fosilních i recentních půd.

Příklad: V souvislosti s definicí půdy je vhodné uvést některé příklady prostředí, kde se půda nevyskytuje:

- sněžná pole, ledovcové a jeskynní ekosystémy, pouštní duny;
- synantropní prostředí (např. budovy, parkoviště, akvária, silážní jámy, atd.), hydroponické kultury, vytěžené pískovny a povrchové doly;
- telmy (tj. periodicky vysychající malé vodní nádržky, např. malá množství vody v skalní dutině, prázdné konzervy, paždí listu, puklinovém škrapu či pís-kovcové voštině), kůra stromů;
- vyschlá dna sulfátových a chloridových jezer, oblastí aktivní vulkanické činnosti, termální prameny, apod.

Půda podléhá nepřetržitým změnám. Fyzikální, chemické i biologické zvětrávání nepřetržitě uvolňuje minerální částice, přičemž souběžně probíhá rozklad mrtvých organických těl a jejich částí. Produkty rozkladných procesů včetně autolyzátů spolu s exkrementy půdních organismů vstupují do biosyntetických reakcí a mění na makromolekuly humusových polymerů, který zpětně vytváří komplexy s produkty zvětrávání minerálních půdotvorných substrátů.

Půdní profil je tak mezi vrstvou rostlinného opadu a povrchem nevztrálé matečné horniny tvořen jednotlivými horizonty, jejichž stratigrafie je charakteristické pro jednotlivé půdní jednotky a odráží vliv komplexního působení půdotvorných faktorů.

Půdní horizonty vytváří pedon.

Pedon je definován jako půdní těleso takových rozměrů, že v něm již nalézáme plně vyvinuté diagnostické horizonty a to v stratigrafiích, charakteristických pro

dané půdní typy. Primárními procesy tvorby pedonu jsou procesy rozkladu zvětratel-ných minerálů a odumřelých organických látek a procesy syntézy sloučenin sekundár-ních, procesy nárůstu hmoty v pedonu jako celku. Na tyto procesy navazují translokace (přemísťování látek v pedonu) a komplex procesů transformačních (přeměny látek v pedonu). Dochází též k procesům ztráty půdní hmoty erozními jevy různého druhu a různé intenzity.

V průběhu geologického vývoje území dnešní ČR došlo na většině plochy k opakovaným záplavovým cyklům, lokálním zdvihům, svahovým pohybům, rozsáhlé denudaci i plošné erozi. Působením exogenních a endogenních geologických sil do-cházelo pravidelně k transportům a akumulacím jevům, vedoucím k promíchání zvě-tralin různých matečných hornin. Celá situace byla navíc komplikována přítomností jak fosilních půd, tak pohřbených horizontů s vysokým podílem humusových látek.

Recentní (současné) pedogeneze půd v městském prostředí i mimo něj je tak výsledkem mnoha - často i protichůdných - procesů. Výslednicí těchto procesů je vznik půdy, která je charakteristická zejména následujícími dvěma parametry:

- vytvoření obrovské kapacity pro příjem a uchování látek
- tlumení fyzikálních a chemických vlivů. Ve srovnání s atmosférou či hydrostérou v půdě vzniká výrazně stabilnější prostředí bez sezón-ních a denních teplotních extrémů, s nízkými vstupy záření a s poma-lymi, difúzními procesy výměn látek.

Takto vnímaná komplexita pedogeneze ústí do poznání, že půda je velmi pozvolna měnícím se produktem nikdy nekončícího vývoje, nikdy nekončícího kom-plexního působení půdotvorných faktorů daného městského stanoviště:

- očekáváme-li proto konkrétní diagnostikovatelnou odezvu na aktu-álně probíhající změnu prostředí přímo v morfologii vlastního půd-ního profilu, je za normálních okolností nutno počítat s časovým odstupem minimálně 10 let;
- rychleji reagují terestrické organogenní horizonty (nadložní hu-mus), v jejichž stratigrafii se změna projeví nejpozději do 5 let;
- nejrychlejší odezvu nalezneme v chemismu půdního roztoku - ana-lýzy lyzimetrických vod jasně hovoří o tom, že zpoždění odezvy je měřitelné v dnech či týdnech, přičemž někdy je reakce na změnu zcela okamžitá.

Z hlediska půdních jednotek městské zástavby je možno zdůraznit jejich dvo-jí členění:

- z hlediska jejich morfogenetického členění.
- z hlediska zonality výskytu.

Morfogenetické členění půd ČR vyšlo ze závěrů jednání VI. Československé půdoznalecké konference v Nitrě v červnu 1985 a následně publikovaný Morfogene-tický klasifikační systém půd (MKSP) byl definován jako jediný domácí oficiální refe-rencí klasifikační systém půd. po rozdělení federace pokračovala aktualizace tohoto

systému pouze na Slovensku. V České republice vzniká v současné době nový klasifikační systém, jehož základní verze byla schválena v říjnu 2000 na jednání České pedologické společnosti v Kostelci nad Černými lesy. Vzhledem k tomu, že jeho základní odlišnost vůči MKSP spočívá v opuštění principu jednoznačné preference morfologických znaků vůči znakům zjišťovaným uznanými analytickými laboratorními metodami, je jasné, že jsme v současné době svědky vzniku pro ČR opravdu nového systému, nekompatibilního s MKSP.

Členění půd ČR z hlediska zonality výskytu vychází z dělení do tří základních skupin:

- půdy zonální - půdní typy nejběžnější, vytvářející se v podmínkách propustných podloží, kde především působení klimatických faktorů a vegetačního krytu v závislosti na dlouhodobém vývoji a konkrétním reliéfu stanoviště vede k vzniku půdních jednotek zákonitých vlastností.
- půdy intrazonální - půdní typy vznikající ostrůvkovitě uvnitř zón výskytu půd zonálních. Hlavní příčinou vzniku intrazonálních půd je buď zásadní ovlivnění vodou a nebo zásadní ovlivnění výskytem karbonátové horniny.

Příklad: Na půdním fondu ČR se vyskytují tři geneticky odlišné skupiny intrazonálních půd:

1. solončáky (halisoly, zasolené půdy) - vznik solných výkvětů v obdobích převládající evaporace v semiaridních a aridních oblastech, kdy jsou povrchové horizonty obohacovány ve vodě rozpustnými solemi draslíku, sodíku, hořčíku či vápníku a to především kapilárním zdvihem;
2. výrazné gleje (glejsoly) a organozemě (rašelinné půdy) - půdy v oblastech s vysokou hladinou podzemní vody, vytvářející redukční podmínky po celý rok, ústících jednak do vzniku zrnitostně těžkých, glejových redukčních horizontů a jednak do výrazného hromadění organických látek na půdním povrchu (glej pseudoglejový GLp, charakterizovaný obecně vyšší sorpční kapacitou, humusovou formou mull až morový moder na mírných svazích s laterálně migrující okysličenou vodou, tak již nemá charakter intrazonální půdy). Organozemě jsou pak půdní jednotky vznikající ulmifikací organických zbytků v podmínkách trvale zhoršeného přístupu kyslíku;
3. rendziny - půdní typy vázané na místní anomálie půdotvorného substrátu: na zvětraliny pevných a zpevněných karbonátových hornin. Vzhledem k tomu, že výskyt vápenců, mramorů a dolomitů má v ČR v podstatě ostrůvkovitý charakter, jsou v rozsáhlých zónách okolních půd rendziny velmi kontrastně vylišeny.
- azonální půdy - iniciační půdy se vznikajícím, dosud nevyvinutým profilem, tj. půdní jednotky, pro které je charakteristický krátké časové období jejich vzniku. Jsou to tedy půdy geologicky tak mladé (a to ať primárně nebo sekundárně), že se zde nejmarkantněji projevuje především jejich zrnitostní poměry a intenzita dekompozice organické hmoty.

Příklad: Azonální půdy vznikají v závislosti na:

1. charakteru stanoviště, ústíciím buď do vysoké skeletnatosti (litozem, ranker) nebo v případě těžkých substrátů do tvorby jen slabě vyvinutého Ao-horizontu (regozem);
2. provedených melioračních či dekadačních zásahů (antrozem, kultizem);
3. na stanovištích recentních aluviálních sedimentů typických výskytem periodických záplav a výrazným kolísáním hladiny podzemní vody (fluvizem).

Mimo území ČR se jedná o půdy vznikající v oblastech působení mořské abraze, na recentních tufech a tufitech, v polopouštních oblastech na vátých pískových dunách, apod.

Pedogenezi většiny městských stanovišť ČR lze chápat v přímé souvislosti se vznikem heterogenního půdotvorného substrátu. Z tohoto důvodu tedy nelze převádět závěry stran složení mateční horniny dané lokality na složení minerálního podílu dané půdy. Tuto situaci je nutno zohlednit především v těch případech, kdy se jedná o tzv. dvojsubstrát, tj. minimálně 20 cm mocnou vrstvu mladších sedimentů na jiné hornině a také když se jedná o tzv. smíšený substrát, tj. zvětralina jedné horniny smíchaná většinou s geologicky mladším sedimentem.

Půdní profily měst ČR tak není možno obecně chápat jako profily primárně geologicky určené *in situ*. Nejedná se zde ani tak o to, že v našich městských půdách nelze nacházet doklady pro univerzální platnost zákona superpozice, hovořícím o tom, že vrstvy spodní jsou vrstvy starší než vrstvy svrchní (přičemž tento zákon nepatří univerzálně ani pro vlastní sedimenty České republiky, neboť celá řada území byla vystavena tektonickému porušení souslednosti hornin), jako spíše o to, že půdotvorný substrát má charakter substrátu smíšeného.

Vznik takto vymezeného zdroje pevné půdní frakce je podmíněn periodickým zaledněním velké části Evropy ve starších čtvrtohorách.

Periglaciální zóny, lemující kontinentální ledovce byly v té době svědkem rozsáhlých sesuvů, skalního řícení, epizodické soliflukce a pohybů rozbedřelých zvětraliny nových mas z pramenitých mls. Souběžně s periglaciálními jevy docházelo i na územích značně vzdálených od kontinentálních ledovců k rozsáhlým plošným splachům při souběžně působící eolické činnosti. Svahové pohyby, podmíněné srážkovou vodou, spolu s deflací a nanášením materiálu větrem pak na pozadí rozsáhlé epizodické soliflukce, nevázané na arktické podmínky, ústily do vzniku smíšených svahovin, které jsou skutečným půdotvorným substrátem většiny městských půd ČR. Půdní profily na smíšených svahovinách je nutno posuzovat odlišně od profilů vzniklých diferenciálními půdními procesy *in situ*.

Základní etapy zjišťování půdních vlastností pro potřeby praktické arboristiky

Odpovědný průzkum městské lokality je nemyslitelný bez důkladného pedologického šetření. V souvislosti s tím je však nutné objektivně konstatovat, že řada pedologických šetření se provádí bez širšího začlenění, jako průzkum půdních poměrů dané oblasti, jako průzkum vyvolaný pedologicky specifickým zadáním.

Cílem pedologického průzkumu je získání řádně vyhodnocených a správně interpretovaných údajů jak z terénu, tak i z pedologické laboratoře.

Pro získání výsledků laboratorních analýz je nutné nejprve odebrat půdní vzorky z půdních vzorkovacích sond.

Rozvržení sítě sond a jejich výkopu předchází přípravné práce, určené k shromáždění veškerých potřebných údajů o zájmovém území,

Při respektování cílů zadání komplexního pedologického průzkumu jsou základní etapy zjišťování půdních vlastností následující:

- přípravné práce;
- vlastní terénní práce;
- terénní šetření a odběr půdních vzorků;
- laboratorní analýzy;
- vyhodnocení výsledků

Přípravné práce

Přípravné práce spočívají v získání co nejširšího teoretického poznání studované lokality, tj. co největšího množství teoretických informací o daném území - a to ještě před tím, než v daném zájmovém území začnou vlastní terénní práce.

Důležitou součástí přípravných prací je též seznámení se s odbornou pedologickou literaturou a to především stran budoucího vyhodnocování získaných výsledků terénního šetření a laboratorních analýz.

Klíčovou důležitostí zde hraje zadaný cíl pedologického šetření.

Vlastní terénní práce

Po důkladné teoretické přípravě následují vlastní terénní práce. Ty sestávají ze třech postupných kroků:

- rekognoskace terénu (obhlídka, průzkum terénu pochůzkou)
- rozvržení sítě vzorkovacích sond
- výkop vzorkovacích sond.

Výsledkem terénních prací je po zohlednění jednak přípravných prací a jednak vlastního zadání pedologického šetření návrh priorit pro výběr míst výkopu jednotlivých vzorkovacích sond a poté provedení vlastního výkopu, tj. odkrytí půdního profilu.

V případě komplexního pedologického průzkumu nebude analyzována pouze sonda jako taková, ale i její přímé okolí.

Vzorkovací sonda, sloužící pro popis půdních poměrů a pro odběr vzorků, se umísťuje do středu studijní plochy.

V odůvodněných případech není nutný popis okolí otevřeného půdního profilu,

ale postačuje pouhý výkop půdní vzorkovací sondy a následný popis půdního profilu a odběr vzorků.

Návrh priorit pro výběr míst výkopu jednotlivých vzorkovacích sond vychází z definování kritérií rozhodovací analýzy

I zde platí, že klíčovou důležitostí hraje zadaný cíl pedologického šetření: proto je nutné vybrat z množiny řešení ta, která jsou pro zvolený cíl optimální.

Rekognoskace terénu

Rekognoskace terénu, tj. průzkum pochůzkou, slouží ke zpřesnění a aktualizaci teoreticky získaných znalostí o zájmovém území.

Cílem pochůzky je přímé seznámení se zájmovým územím a ověření, zda výběr prioritních kritérií rozhodovací analýzy pro volbu studijních ploch (či v případě jednoduššího zadání jen podmínek výběru místa výkopu sond) je v souladu se skutečnou situací.

Při pochůzce si všímáme nejen přírodních poměrů dané lokality, ale též umělých odkrytí (pískoven a cihlen, výstavby cestní sítě, úvozů, výkopů, apod.)

Při rekognoskaci zájmového území se pozornost zaměřuje na celkový charakter a lokální specifika následujících parametrů:

- poměry geomorfologické
- poměry petrografické
- poměry pedologické

Příklad: typ reliéfu, sklon svahů a jejich expozice. Míra členitosti reliéfu.

Příklad: druh půdotvorného substrátu a jeho chemismus a zvětvávání. Minerální složení.

Příklad: hloubka půdního profilu, humusové formy a subformy. Vznik profilu na zvětralině matečnické horniny oblasti *in situ* vs. vznik profilu v polygenetické hlině, vzniklé soliflukci a akumulací kvartérních eolických sedimentů).

- poměry vegetační

Příklad: přítomnost významných fytoindikátorů, typizace vegetace podle přirozenosti - ekosystém umělý, přírodě cizí, přírodě vzdálený, přírodě blízký, přirozený a ekosystém přírodní.

- poměry typologické

Příklad: stanovení - podle přílohy č. 2 k vyhlášce č. 83/1996 - jedné ze šesti ekologických (stanovištních) řad a v jejich rámci jedné ze 24 edafických (půdních) kategorií.

- poměry stanovištní z hlediska historického vývoje

Příklad: zalesněné nelesní půdy, lesní půdy v historické době degradované velkoplošnými antropogenními zásahy, tj. např. pastvou, intenzivním hrabáním steliva či vypalováním lesního porostu (tzv. "žďařením").

Pro vlastní záznamy terénní situace jsou vhodné mapy obvysové s barevně provedeným výškopisem zadaného území; do nich také zakresluje lokalizaci jed-

notlivých vzorkovacích sond i zákopků a to včetně zakresu směru pochůzky.

Rozvržení sítě sond

Rozvržení sítě sond vychází jednak ze specifického zadání daného pedologického šetření a jednak ze specifických stanovištních podmínek studované oblasti.

Rozeznáváme dva typy půdních sond:

- sondy vzorkovací, tj. sondy sloužící k terénnímu šetření a k odběru půdních vzorků. Jedná se o výkopy s minimální hloubkou 90 cm (samozřejmě v případě, že pevná hornina nepostížená zvětváváním - tzv. rostlá hornina - takovýto výkop umožňuje) a optimální hloubkou 110 - 120 cm;
- sondy mapovací, tj. zákopky sloužící jednak k základní pedologické orientaci na stanovišti a jednak k určení hranic půdních jednotek při pedologickém mapování. Jedná se o mělké, rychle provedené výkopy s hloubkou do 50 cm.

V případě pedologického šetření na rozsáhlém území je vhodné volit jednotlivé studijní plochy ve výškovém gradientu (dle nadmořské výšky v m n.m.), v teplotním gradientu (dle průměrné roční teploty vzduchu měřené ve 2 m výšky v °C) a v srážkovém gradientu (dle ročního srážkového úhrnu v mm, kdy 1 mm srážek znamená 1 l vody na 1 m², tj. 1000 m³ vody na 1 km²).

Příklad: Na rozsáhlém území městské aglomerace se půdní vzorkovací sondy navrhuji na stanoviště

- s různými klimatickými údaji (různou průměrnou roční teplotou a různým ročním úhrnem srážek)
- s různými půdovými substráty
- s různými hloubkami půdy
- s různými trvalými produkčními podmínkami
- s různými humusovými formami, resp. subformami
- s různými vlhkostními poměry
- s různými morfologickými parametry (typ reliéfu, sklon reliéfu a expozicí reliéfu),
- s různými dřevinnými skladbami
- s různými taxáčně dendrometrickými údaji (věk, hospodářský tvar a zakmenění)
- s různými stupni antropogenního ovlivnění stanoviště a jeho cenóz.

Klíčem k navržení sítě sond je opět cíl pedologického šetření - buď se sítí sond navrhne tak, aby zachycovala typické půdní profily a nebo tak, aby byly odkryty specificky požadované profily.

Velmi důležité kritérium místa výkopu vzorkovacích sond je vzdálenost od jednotlivých stromů: půdní profily je možno otvírat buď v blízkosti kmenů dřevin a nebo na volné ploše. Důležitostí tohoto kritéria vychází ze značné prosťorové heterogenity (variability, rozdílnosti) půdních vlastností mezi rhizosférou a volnou půdou.

Důležitá je taktéž volba počátku rozvržené sítě sond: zde platí zásada, že sondová sít' začíná na stanoviště, které je neporušené, nezasazené erozí ani povrchovou akumulací, s nejnižším sklonem v dané oblasti a kde je možno očekávat jednoduchý profil odpovídající hlavnímu půdotvornému procesu v dané oblasti.

Z tohoto hlediska je pak lokalizace počátku plánovitěho sondování jasná: nezačínáme ani na úpatí svahové vyvýšeniny, ani na jejím úbočí, ale na neerodované partii její vrcholové části. Sít' sond je poté rozvržena tak, aby další sondy zachycovaly situaci ve svahu.

Sít' sond je tedy zakończena na úpatí dané terénní vyvýšeniny.

V členitěm území je nutné rozvrhnout hustou sít' sond. Otázkou zde samozřejmě může zůstat, kolik konkrétních vzorkovacích sond je nutno vykopat na jednotku plochy.

Základem vymezení konkrétního počtu vzorkovacích sond je vždy cíl daného pedologického šetření: podle konkrétního cíle je nutno stanovit pro každé jednotlivé šetření optimální počet sond. Počty vykopaných sond se tak musí nutně lišit, neboť přímo odpovídají lišícím se cílům různých pedologických šetření.

Při vymezení míst výkopu budoucích sond je možné využít zákopků. Jejich počet pak závisí na charakteru lokality: v případě rovinnatého terénu postačuje zákopek jeden, v případě terénu tvořeného vyvýšeninami a sníženinami je vhodné umístit jeden zákopek do vrcholové části konvexního (vypouklého) terénního tvaru, jeden do úbočí tohoto tvaru, jeden na jeho úpatí, jeden do střední sníženiny a opět po třech na další vyvýšeninu.

Při rozvrhování sítě sond v městské aglomeraci je velice užitečné soustředit zvýšenou pozornost alespoň na následující dva parametry:

- půdovný substrát daných stanovišť;
- reliéf terénu daných stanovišť.

Půdovný substrát

Má-li na mateční hornině vzniknout půda, musí být tato nejprve zvětvána.

Zvětralinový pokryv poté prochází řadou pedogenetických procesů, které závisí jednak na vnitřních (endogenních) fyzikálních a chemických vlastnostech vlastní mateční horniny a jednak na vnějších (exogenních) biotických a abiotických faktorech prostředí.

Půdy vznikají v zásadě dvojím způsobem:

- in situ, kdy je půdní minerální podíl produktem zvětvávání pevné, zpevněné či nepevněné mateční horniny starohorního až třetihorního stáří. Další způsob vzniku půdy in situ je plynulá přeměna reliktní půdy, tj. půdy vzniklé sice za odlišných podmínek v geologické minulosti, ale nyní vytvářející rhizosféru dřevin a podléhající komplexnímu působení recentních pedogenetických faktorů;

na přemístění usazenin, která byla na dané stanoviště transportována vodou, ledovcem, větrem a působením gravitace ve čtvrtorách. I tyto sedimenty vznikly denudací primárních pevných, zpevněných či nepevněných hornin, které jsou však *in situ* na stanovišti jiném, zpravidla výše položeném. Platí zde, že pomístně přeneseny horninový materiál vede ke vzniku svahovin, zatímco na velké vzdálenosti transportovaný materiál vede ke vzniku specifických púd fluvialitních, eolic-
kých či glaciálních púdovorných substrátů.

Při velkém zjednodušení je možno konstatovat, že pudy vznikají buď na zvě-
ralinovém eluviu (případ 1.) nebo na zvětralinovém deluviu (případ 2.).

Z hlediska rozvržení sítě sond je nutné dbát na následující skutečnosti:

1. stejný púdovorný substrát jedné oblasti může podléhat různým diferenciačním púd-
ním procesům.

Příklad: V hlavním souvrství svahovin dvojslídých muskoviticko-biotitických žul Jihlavských
vrchů byl otevřen púdový profil. Lokalita měla charakter vrásového typu reliéfu, profil byl otevřen
ve vrcholové části kupy pod protáhlým, zaobleným hrbetem. Pedogeneze daného pedonu byla
determinována chladným humidním mezoklimatem a tvorbou humusové formy mor. Ve svrchní
části profilu docházelo ke vzniku nenasyčených fulvikyselin a prostých produktů dekompozice
opaďu, což podmiňovalo vznik podzolačního procesu, ústícího do tvorby podzolu.

Na zcela identické mateční hornině ve vzdálenosti 100 m pod vrcholovou částí dané
terénní vyvýšeniny došlo ke kombinaci jiných pedogenetických procesů. V nevýrazném svaho-
vém prohýbu schodovitého svahu s plochými terénními vlnami byl otevřen druhý púdový profil,
charakterizovaný nikoliv procesy translokačními, ale procesy transformačními. V pedonu domi-
novalo uvolňování ionů železa z jeho primárních minerálů, jeho následná oxidace a hydratace,
doprovázená tvorbou jílových minerálů především ze skupiny illitu - a to vše při dostatečné biolo-
gické aktivitě svrchní části púdového profilu, znemožňující jak hromadění volných organických
kyselin způsobujících podzolaizaci, tak mobilizaci minerálních koloidů způsobujících ilimerizaci.
Diferenciačním púdovým procesem byl proces brunifikace, ústící do tvorby kambize.

2. stejně geomorfologické a klimatické podmínky jedné oblasti mohou vést ke vzniku
různých púdových jednotek jako odrazu různého původu púdovorného
substrátu.

Příklad: V jihovýchodní pahorkatinné části Českého středohoří byly ve vzdálenosti 10 m otevře-
ny dva profily. Jednalo se o úpatí svahu středního sklonu; místo výkopu púdových sond bylo navr-
ženo pod příkrym svahovým zářezem.

Jeden z profilů vznikl na terciárním čediči a byl popsán jako ranker kambický, nasycený,
mullový.

Druhý z profilů vznikl na sprašovém materiálu navátém do tohoto primárně sopečného
typu reliéfu a byl popsán jako hnědozem typická, akumulovaná. Důvod vzniku zcela rozdílných
púdových jednotek zde spočívá pouze v púdovorném substrátu - zde konkrétně v přítomnosti
kvartérní sprašové návěje a její následné mírné ilimerizaci.

3. stejně geomorfologické a klimatické podmínky jedné oblasti mohou vést ke vzniku
různých púdových jednotek jako odrazu různého chemismu púdovorného
substrátu.

Příklad: Pedogeneze v podmínkách púd střední Evropy je při stejném místním klimatu zásadním
způsobem ovlivňována výskytem hornin bazických a ultrabazických.

Bazické horniny mohou být buď karbonátové a nebo silikátové. Význam karbonátů pro
vznik a tvorbu púd je všeobecně známý: např. v podmínkách karbonátových hornin, kde humifi-
kace probíhající na městských púdách s vyšším obsahem CaCO_3 vápník jednak dlouhodobě
neutralizuje vstup kyselých kationů jakožto disociačních produktů rozkladu organických látek a
jednak přímo podmiňuje vznik krupnaté púdové struktury s kyprou formou púdové koheze.

Význam silikátových bazických hornin je však také zcela zásadní: púdový profil na
nich vznikající se v prvé řadě vyznačuje velmi vysokými zásobami minerálních živin (a to nejen
makroelementů, ale i mikroelementů včetně těžkých kovů a vysokými podíly nejjemnějších zni-
toštin frakci).

U púd vznikajících na obou těchto skupinách matečních hornin jsou púdové procesy
natolik specifické, že je jím v rámci vlastních terénních prací nutno věnovat zcela mimořádnou
pozornost: kompletní pedologický průzkum v oblastech jejich výskytu se pak většinou ubírá tě-
mito horninami jednoznačně podmiňným směrem.

Dalším důvodem k zdůraznění významu chemismu púdovorného substrátu
pro rozvržení sítě sond je srovnatelnost jeho minerální síly:

- v oblastech s výskytem bazických a ultrabazických hornin je nutné
očekávat setkání s púdovými profily zcela rozdílné produkční schop-
nosti;
- u púdových profilů zmitostně lehčího rázu bez vyššího podílu karboná-
tů vzniklých v oblastech tvořených kyselými intruzivními ruzného stupně
mylonitizace či kyselými metamorfity lze daleko častěji nalézat měst-
ská stanoviště s vyrovnanějšími produkčními poměry.

Zásadní důležitost pro rozvržení sítě sond z hlediska púdovorného substrátu
má regionální geologické hledisko.

Je nutné respektovat skutečnost, že území LPF ČR leží ve čtyřech evrop-
ských, vzájemně odlišných geologických celcích:

- na Opavsku v oblasti polonské (Středopolské nížiny),
- východně od linie Ostrava-Brno-Znojmo v oblasti karpatské
(Karpaty - Vněkarpatské sníženiny a Vnější Západní Karpaty),
- v jihomoravském luhu v oblasti panonské (Dolnomoravský úval),
- ve zbylé oblasti centrální pak v oblasti hercynské (Český masiv).

Každá z těchto oblastí má odlišný geologický vývoj, což se zákonitě přenáší do
specifického vývoje městských stanovišť.

Důležitým specifickým faktorem vázaným na púdovorný substrát je hloubka
pudy.

Na výrazně skalnatých či výrazně kamenitých stanovištích vznikají pudy mělké
či velmi mělké - dané městské stanoviště bude z pedologického hlediska vykazovat
výrazně vyšší heterogenitu všech svých charakteristik než je tomu v případě stanovišť
na púdách hlubokých.

Reliéf terénu

Při rozvrhování sítě sond je zohlednění reliéfu (morfologie, konfigurace, tvářnosti, topografie) terénu klíčové důležité, neboť vzhledem k tomu, že vertikální teplotní a srážkový gradient je ve volné atmosféře čí průměrně 0,6°C a 50 mm na 100 m výškového převýšení, je to právě reliéf terénu, který ve vazbě na nadmořskou výšku, klimatickou oblast a převládající směr větrů spolurozhoduje o následujících základních parametrech prostředí:

- o rozdělení tepla a vody v krajině;
- o přítomnost konkrétního vegetačního společenstva (typu rostlinné asociace);
- o poměru mezi pedogenezí na straně jedné, sedimentací na straně druhé a denudací na straně třetí.

Příklad: Uvažme rozdíly v charakteru pedonů tří morfolocky protichůdných typů reliéfu:

- v oblastech s nevýraznými vertikálními výškovými rozdíly bez dominantních akumulčních procesů bude patrně vývoj inklinovat k intenzivní pedogenezi a to i při zachování reliktních půd;
- v oblastech s nevýraznými vertikálními výškovými rozdíly s dominantními akumulčními procesy dochází k překrytí vznikajících profilů novým půdotvorným substrátem, což vede buď ke vzniku půd na dvojsubstrátech či smíšených substrátech nebo k fosilizaci půd a vzniku pohřbených horizontů;
- v oblastech s výraznými vertikálními výškovými rozdíly budou hrát klíčovou roli faktor času, který bude významně spoulovlivněn jednak střídáním matečních homín a jednak mikroklimatickými podmínkami.

I přes existenci těchto rozdílu, musíme být na mnohých stanovištích ČR připraveni na výrazné lokální anomálie. Příkladem mohou být např. salinické půdy Hustopečské sníženiny, tvořící se v oblasti s vysokým výparem na neogenních sedimentech s vysokým obsahem rozpustných sulfátů Ca, Mg, Na a K.

Z hlediska městské aglomerace je nejdůležitější vědět, že konfigurace reliéfu studijní plochy podmiňuje:

- hloubku půdy (fyziologickou i genetickou),
- místní distribuci kvartérních pokryvů,
- místní distribuci vody v půdním profilu.

Místní distribuce kvartérních (čtvrtohorních) pokryvů spočívá v gravitačních posunech zvětralinových pokryvů, ve vodní erozi a deflaci vs. akumulaci činnosti vody a větru.

Zde je vhodné upozornit na přehlíženou problematiku svahového ronů. Svahový ron spočívá jednak plošném odnosu zvětralin smyvem a jednak v jejich následném hromadění ve formě lokálních deluví a je dán právě reliéfem terénu. Ke smývání a postupnému pohybu pevných půdních částic po svahu dochází vlivem srážkové vody a vody z tajícího sněhu a to za spolupůsobení gravitace, vegetačního krytu a místních

fyzikálních vlastností dané půdy.

Místní distribuce vody v půdním profilu je z hlediska konfigurace terénu podmíněna následujícím způsobem:

- reliéf terénu podmiňuje mezoklima a to především množstvím, intenzitou a formou srážek, směr a intenzitu atmosférického proudění a také míru insolace půdního povrchu (vznik různých povrchových teplot);
- reliéf terénu podmiňuje míru průsaku srážkové vody a odtokové poměry a to tak, že v přímé vazbě na mezoklima rozhoduje o převládajícím směru pohybu vody (srážky > evapotranspirace, srážky < evapotranspirace, srážky = evapotranspirace);
- reliéf terénu ovlivňuje výšku hladiny podzemní vody a její stagnaci v určitých typech reliéfu (zvl. terénních depresích).

Z hlediska rozvržení sítě sond je mimořádně důležitá problematika terénních depresí, charakteristických kombinací vyšší hladiny podzemní vody při nižším výparu a vyšší akumulaci organické hmoty na půdním povrchu. V terénních depresích tak dochází k obdobné pedogenezi jako na lokalitách s obecně vyšším ročním srážkovým úhнем.

Reliéf terénu je stran rozvržení sítě sond nutné hodnotit odděleně ze tří hledisek:

- z hlediska geomorfologického typu reliéfu,
- z hlediska sklonu reliéfu,
- z hlediska expozice reliéfu.

Co se týče geomorfologického typu reliéfu, při rozmístování sítě sond je nutné vycházet z toho, že jinak bude pedogeneze probíhat v reliéfu vrásavém či zlomovém vs. reliéfu sopečném, jinak v reliéfech eolickém, fluvialním, krasovém, glaciálním či svážném.

Nutné je též respektovat specifické komplexní působení pedogenetických faktorů v nížinách vs. pahorkatinách či vrchovinách, resp. pahorkatinách vs. hornatinách.

Co se týče sklonových poměrů (inklinace, svažítost terénu) dané oblasti, ty jsou rozhodujícím faktorem pro projevení vlivu gravitace na daném stanovišti.

Sklon terénu dále spolupůsobí na následující základní vlastnosti městského stanoviště:

- svažítost terénu výrazně podmiňuje typ rostlinné asociace. Svah terénu a vegetační kryt pak spolu s charakterem matečné horniny rozhodují o poměru mezi povrchovým odtokem a infiltrací srážkové vody do pedonu,
- svažítost reliéfu zásadně ovlivňuje laterální podpovrchový tok srážkové vody.

- svazitost reliéfu zásadně ovlivňuje výšku hladiny podzemní vody: ve srovnání s vrcholovými částmi terénních vyvýšenin je hladina podzemní vody městských stanovišť na úbočích vyvýšenin podstatně blíže půdnímu povrchu.

Co se týče expozice (polohy vůči světovým stranám), její vliv na rozvržení sítě sond se v první řadě projevuje:

- rozdílností intenzity slunečního záření,
- rozdílností teplot vzduchu,
- rozdílností intenzity výparu,
- rozdílností míry srážek a jejich sezónního rozložení.

Při výrazném spoluspůsobení nadmořské výšky místa nám vliv expozice svahu v daném zájmovém území umožní zachytit jak stanoviště s výraznou pedogenezi, tak i stanoviště pouze s iniciálním vývojem profilu půdy:

- nápadnou a charakteristickou pedogenezi vykazují stanoviště jižních a jihozápadních expozic, což je podmíněné jednak největšími rozdíly mezi maximálními a minimálními teplotami a jednak nejvyšším výparem a to často i při dostatečných srážkách. Nepřekvapí tedy, že na většině území ČR jsou nejušší stanoviště exponovaná na vůči jihovýchodu.
- Svahy východních expozic jsou díky převládajícímu směru oceánického atmosférického proudění vystaveny jednak srážkovému sítnu a jednak v zimním období mrazivým kontinentálním větrům; pedogeneze zde obecně vykazuje obdobné rysy jako na svazích jižních.
- v případě lokalit severní expozice je i při stejném ročním srážkovém úhnu obecně nižší průměrná roční teplota a menší výkvy mezi teplotními maximy a minimy. Velice výrazný vliv zde uplatňují vegetační společenstva, což stimuluje chemické a biologické zvětvávání a snižuje evaporaci, přičemž zde dochází ke vzniku organických a minerálních kolidů a ke vzniku hlubších půdních profilů. Na severních expozicích je také díky chladným a vlhkým severozápadním větrům obecně vyšší humidita prostředí, což akceleruje eluviální a zvětrávací pochody.
- svahy západní expozice se pak především díky vyššímu ročnímu srážkovému úhnu podmíněnému převládajícímu severozápadnímu atmosférickému proudění blíží svým charakterem svahům severním. Svahy západní a severní tak mají charakter svahů návětrných, svahy jižní a východní svahů závětrných.

V případě, kdy neuvažujeme sedimentaci sprašového materiálu, převládá na jižních a východních expozicích fyzikální zvětvávání, při kterém na vznikajících suto-vých polích dochází k pedogenezi charakteristické rychlým vyplavováním jemných

frakci.

Přímým opakem jsou svahy se severozápadní expozicí, kde se na půdách ČR setkáváme s nejintenzivnějšími projevy diferenciálních půdních procesů.

Výkop půdních sond

Výkopem půdních sond rozumíme výkop sond vzorkovacích, tj. sond s optimální hloubkou 110 - 120 cm. Minimální hloubka vzorkovací sondy musí v jejím čele činit 90 cm.

Hloubka půdní sondy je v mnoha případech primárně vymezena hloubkou výskytu kompaktní (roslé) horniny.

Cílem výkopu vzorkovacích sond je odkrytí půdního profilu.

Půdní profil je definován jako svislý řez pedonem, tj. zákonitě vzniklou sekvencí půdních horizontů v rámci celé genetické hloubky. Půdní profil by měl být tedy odkryt až do zvětralinového pláště mateční horniny (do půdotvorného substrátu). To častokrát nelze provést, neboť některé půdy dosahují značných mocností. V tom případě je vhodné zvážit, zda časové možnosti terénního šetření umožňují výkop sondy i do větší hloubky než je 120 cm. Zde je však nutné vědět, že od této hranice je každých 10 hloubkových centimetrů na svahu středního sklonu doprovázeno zvětšením délky sondy o přibližně 50 cm. Prodloužení délky půdní sondy je přímo závislé na sklonu svahu: v případě srázných či velmi srázných svahů tak zvětšení hloubky nečiní žádné výrazné potíže, v případě roviny je hloubka 120 cm do jisté míry limitní. I zde však záleží v první řadě na časových možnostech terénního šetření.

Půdní profil je popisován na čele sondy. Čelo sondy je čelní stěna výkopu. Čelo sondy se v rovině orientuje vůči severu, ve svahu proti jeho sklonu, tj. kolmo na vrstevnici. Konkrétně to znamená, že čelní stěna výkopu směřuje nahoru do svahu a podélná osa, vymezující délku sondy, je kolmá na vrstevnici.

Při minimální hloubce sondy při patě jejího čela 90 cm je vhodné udat i její další standardní rozměry:

- optimální šířka čela půdního profilu jak pro popis profilu, tak pro odběr vzorků pro fyzikální a nefyzikální analýzy je 80 cm,
- optimální délka výkopu je zcela závislá na sklonu svahu. Je však možné uvést, že ve většině případů není možno při výkopu sondy hlubší než 90 cm počítat s délkou kratší než 120 cm.

V případě sond v rovině se standardně upravuje přístup k čelu sondy pomocí vykopaných schůdků, směřujících od zadní části sondy k jejímu čelu.

Po výkopu sondy se čelo důkladně očistí, přiloží se na něj skládací metr a je možno začít s terénním šetřením a odběrem vzorků.

Terénní šetření a odběr vzorků

Terénní šetření spočívá ve dvou krocích:

- popis vnějších stanovištních poměrů, tj. charakteristika daného městského prostředí
- popis půdních poměrů, tj. charakteristika půdního profilu a formulace závěrečného, shrnujícího terénního posudku. Na popis půdního profilu navazuje odběr půdních vzorků.

Základem terénního šetření je stratigrafické a morfologické studium půdního profilu přímo v otevřené půdní sondě.

Výsledky terénního šetření se uvádí buď předtiskového protokolu (formuláře) a nebo do terénního zápisníku, odkud jsou ve fázi vyhodnocení výsledků přepsány do zprávy o daném šetření.

Popis půdního profilu

Vlastnosti městských půd vznikají a vyvíjí se v závislosti na druhu a intenzitě působení pedogenetických faktorů na daném stanovišti v daném čase. Konkrétní půdní vlastnosti se pak promítají do daného půdního tělesa (pedonu), kde je lze nejlépe studovat a hodnotit na jeho otevřeném průřezu přímo v terénu.

Kolmý řez půdním tělesem nazýváme půdní profil. Každá půda je charakteristická určitou stavbou svého profilu, tj. je charakteristická jeho celkovým vzhledem, podmíněným střídáním půdních horizontů v určitém sledu od půdního povrchu až po rostlou matečnou hlininu (kompaktní, dosud nezvětralý geologický podklad lokality).

Jednotlivé horizonty se přímo v terénu odlišují celou řadou znaků:

- genetická a fyziologická hloubka půdy a intenzita prokořenění
- mocnost a charakter hranic
- barva
- zrnitost za sucha a za vlhka a obsahem skeletu
- konzistence za sucha a za vlhka
- struktura
- vlhkost a výška hladiny podzemní vody
- pórovitost, humóznost a biologická aktivita
- přítomnost uhlíkatů vápníku
- přítomnost novotvarů, cizorodých příměsí a mramorovanosti (barevné kontrastní skvrny a linie)

V půdním profilu můžeme sledovat projevy jednotlivých pedogenetických fakto-

rů, v prvé řadě se projevujících ve změně morfologických vlastností a v proměnlivém uspořádání jednotlivých horizontů.

Zákonitá stratigrafie jednotlivých diagnostických horizontů v půdním profilu pak určuje půdní typ stanoviště: půdní horizonty - resp. jejich uspořádání - jsou pro každý půdní typ typické, neboť odrážejí místní zákonitý projev komplexně působících pedogenetických faktorů.

Půdní horizonty nejsou vrstvami v geologickém slova smyslu: vytváří se v důsledku rozdílného charakteru a rozdílné intenzity zvětvávání, různého pohybu látek (procesy nárůstu \leftrightarrow translokace \leftrightarrow transformace pevné půdní frakce, ev. úbytku matrice pedonu erozními jevy), měnících se fyzikálních a chemických procesů a vlivem různé intenzity biologické činnosti - a to vše v různých hloubkách půdy. Taktéž hranice půdních horizontů mají jiný charakter než hranice geologických vrstev: půdní horizonty do sebe vzájemně přecházejí, nevznikají jednotným sedimentačním pochodem, nemají stejné petrografické složení a jejich nepravidelné, zvlněné hranice nenavazují na mezivrstevní spáry.

V půdním profilu se plně projevují speciální pedogenetické procesy jeho zevními morfologickými znaky.

Morfologické znaky přitom vykazují klíčovou důležitost pro vlastní pedologické šetření:

- svědčí o charakteru zvětvávání na daném místě a o následném procesu tvorby půdy
- indikují charakter půdního chemismu
- indikují charakter organominerálního komplexu
- indikují charakter fyzikálních, biologických a biochemických dějů.

Znaky půdního profilu jsou tak základními prvky půdní diagnostiky a systematiky.

Přímo ve vzorkovacích sondách přitom postupujeme následujícím způsobem:

- očistíme čelo sondy. V případě, že využíváme profilu, který byl exponován vůči exogenním faktorům po dlouhou dobu, je vhodné srazit přibližně 25 cm čela sondy;
- pomocí zahradnických nůžek odstříháme veškeré kořeny, vyčnávající z čela sondy;
- zapíšeme hloubku sondy;
- určíme půdní typ, subtyp a formu; odhadneme půdní variету;
- určíme humusovou formu a subformu;
- podrobně zachytíme stratigrafii a základní vlastnosti jednotlivých horizontů;

- formulujeme závěrečný terénní posudek;
- odebereme půdní vzorky pro chemické a biologické analýzy a fyzikální válečky pro fyzikální analýzy.

Zásadou je, že výkop půdních sond, popis půdního profilu a odběr půdních vzorků provádíme v jeden den - vyhneme se tím nejen oxidaci matrice a jejímu vyschnutí, ale též zaplavení dna půdní sondy jak srážkovou vodou, tak podzemní vodou. laterálně migrující vodou a prosakující vodou podzemní.

Laboratorní práce

Pedologické laboratorní analýzy navazují na terénní šetření a odběr vzorků.

Půdní vzorky jednotlivých horizontů je nutno:

- řádně odebrat;
- řádně skladovat;
- řádně zpracovat
- před vlastní analýzou
- při vlastní analýze.

V současné době je analytická technika pedologických laboratoří tak dokonalá, že nejvýznamnějším zdrojem chyb je v prvé řadě špatná práce v terénu při odběru vzorků. Po této chybě se variabilita výsledků zvyšuje ještě při nestandardním skladování, přičemž chyba vlastní fyzikální, chemické či biochemické analýzy je při dnešní úrovni laboratorní techniky již v pravém slova smyslu **zanedbatelná**.

Z hlediska potřeb pedologie pro arboristy je vhodné při zadávání laboratorních analýz vzorků městských půd v případě komplexního pedologického průzkumu vyžadovat stanovení následujících hodnot:

- procentický obsah zrnitostních frakcí,
- měrnou a objemovou hmotnost spolu s hydrofyzikálními vlastnostmi,
- procentický obsah humusových látek, ev. kvalitativní parametry HL,
- kvantitativní popis sorpčního komplexu,
- obsah přístupných forem dusíku, fosforu, vápníku, hořčíku a draslíku, celkový obsah oxidovatelného uhlíku, obsah celkového dusíku a jeho základních forem a
- hodnoty půdní reakce aktivní a potenciální výměnné.

Důležité je přitom

- žádat tyto hodnoty pro každý diagnostický horizont a
- žádat uvedení metodik zjišťování daných hodnot (zvláště pak v případě stanovení obsahu přístupných forem makro- a ev. mikro-bioelementů).

Přestože z hlediska produkční schopnosti půd městských stanovišť by bylo vhodné věnovat největší pozornost humusovým povrchovým horizontům, není v žádném případě možné soustředit se pouze na ně: městskou půdu je zapotřebí charakterizovat v rámci celého profilu.

Udávání výsledků

Odběr vzorků a laboratorní analýzy je možno provést buď detailně a nebo rámcově. V případě rámcového přístupu (který může být často podmíněn finančními možnostmi) bude z každého horizontu odebrán jeden vzorek a ten analyzován po jednom opakování.

V případě detailního přístupu se z každého horizontu připraví tři směšné vzorky a každý z nich bude analyzován ve třech opakováních. Z těchto tří hodnot vznikne aritmetický průměr pro daný směšný vzorek. Tak dostaneme tři hodnoty tří směšných vzorků pro jeden půdní horizont daného městského stanoviště.

Příklad: Přestože se zdá, že jsou tyto požadavky přehnané, ve skutečnosti jsou to naopak požadavky do jisté míry až minimální.

Na straně druhé je jasné, že v některých případech vymezených cílem pedologického šetření bude počet vzorků daného horizontu i počet opakování jednotlivých laboratorních analýz roven jedné - čemuž ostatně nelze zabránit ani z hlediska vysoké finanční náročnosti pedologických analýz.

Velmi důležitá je problematika zahrnutí všech tří dílčích hodnot do vypočtení aritmetického průměru dané vlastnosti daného směšného vzorku. Logická úvaha by vedla k vynechání výrazně odlišné hodnoty, která by mohla být interpretována jako hodnota, která se odchýlíla ("uletla") buď z důvodu analytické chyby a nebo z důvodu **nevýznamné** lokální anomálie v matici daného horizontu.

Skutečnost je ale právě opačná: v současné době se v pedologii přijímá koncept existence ohnisek biochemické aktivity půdy, tzv. hot spots (koncept horkých, žhavých míst). Podle tohoto přístupu probíhá celá řada půdních reakcí v půdních mikroprosředích, která disponují specifickou kombinací biologicky generovaných podmínek. Tyto pouze mikrolokálně situované podmínky vedou k supraoptimálnímu průběhu daných reakcí.

Koncept hot spots říká, že průběh mnohých půdních reakcí není generován maticí půdních horizontů jako celkem, ale pouze jejími lokálními velmi omezenými částmi. Přitom však daný horizont vykazuje danou reakční aktivitu právě díky těmto centřům aktivity, které mohou zodpovídat za dříve vysoký podíl biochemické (a možná že nejen biochemické) aktivity celého horizontu.

V případě, kdy by tedy jedna z navržených tří hodnot nebyla zahrnuta do výpočtu průměrné hodnoty dané vlastnosti daného směšného vzorku, dochází k ignoraci

skutečné aktivity daného horizontu, neboť ta není dána matricí jako celkem, ale právě existencí mikroprostředí se supraoptimalizovanými podmínkami pro průběh dané reakce.

Příklad: V případě, kdy jako rizosféru považujeme tu část matrice pedonu, která bezprostředně obklopuje povrch kořenů, je možno kvalifikovaně odhadnout, že rizosféra tvoří 5 objemových procent pedonu. Celá rozsáhlá literatura o biologii půdy však poskytuje jasné důkazy k tvrzení, že v rizosféře bude žít přibližně polovina veškeré půdní bioty - a to samozřejmě se všemi důsledky na půdní vlastnosti pedonu.

V případě, kdy se extrémně vysoké dílčí hodnoty laboratorních analýz nezahrnou, nerespektujeme fakt, že jsme právě teď zachytili mikroprostředí, kde k dané reakci objektivně dochází. Nezahrnutím extrémních hodnot tedy dochází ke zkreslování reality.

Koncept *hot spots* je v současné době skutečně žhavou problematikou a vývoj v budoucích letech ukáže, zda-li tento přístup nepovede dokonce až k chápání půdy jako ekosystému sama o sobě či k chápání půdy jako prostředí s vlastním metabolismem, tj. s parametrem tradičně vztahovaným pouze k živým organismům.

Významnou roli bude poté hrát požadovaná přesnost udávání výsledků.

Přesnost udávání výsledků je hodnotitelná ve dvou rovinách:

- z hlediska získávání přesných vstupních hodnot, užívaných posléze v sekvencích výpočtů. Zde jsou požadavky na přesnost vysoké, protože vstupují-li do řady na sebe navazujících výpočtů s hodnotami maximálně přesnými, snižují relevanci systematické chyby výpočtu, což umožňuje odpovědné zaokrouhlování získaných výsledků.
- z hlediska uvádění konečných výsledků půdních analýz. Zde je naopak vysoká přesnost mnohokrát projevem nepochopení prostorové a časové heterogenity (variability) půdních vlastností: přirozená heterogenita městského prostředí s vysokou nehomogenitou v rámci jednoho pedonu a s výraznou denní, resp. hodinovou dynamiku mnohých vlastností činí vysokou přesnost z praktického hlediska bezcennou.

Příklad: Zde se jedná především dvě kategorie:

- obsah skeletu
- půdní voda: objemová vlhkost, hmotnostní vlhkost, relativní vlhkost kapilární, relativní nasycenost porů vodou.

V případě obou kategorií lze považovat udávání výsledků s přesností na 0,5% za inter-pretace zcela odpovědné.

Půdní fyzikální vlastnosti

Půda je polydisperzní systém, jehož nosná osa je tvořena pevnými půdními částicemi různé velikosti, tvaru a vlastností. Z tohoto hlediska je možno městskou půdu popisovat prostřednictvím charakteristiky jejich fyzikálních vlastností, fyzikálně-

chemických vlastností a vodního a termického půdního režimu. K základním fyzikálním vlastnostem půdy přitom počítáme barvu, konzistenci, zrnitost, pórovitost a strukturu.

Zrnitost půdy je podmíněna procentickým obsahem zrnitostních frakcí jemnozemí (částice a vzduchu vyschlého vzorku s průměrem do 2 mm) a skeletu (nad 2 mm). Tyto zrnitostní frakce se stanovují různými metodikami zrnitostních analýz. Hlavním cílem zrnitostních analýz je stanovení půdního druhu. Ten se určuje buď z trojúhelníkového diagramu pro tři půdní frakce (písek, prach, jíl) a nebo jen podle obsahu jílnatých částic ve vzorku, tj. podle procentického zastoupení půdních částic s průměrem menším než 0,01 mm.

Z hlediska základního dělení se pak půdy rozdělují na půdy lehké s hmotnostním podílem jílů v jemnozemí do 20% (a s dominantní frakcí písku), půdy střední s hmotnostním podílem jílů v jemnozemí v rozmezí 20% - 45% (a s dominantní frakcí prachu) a půdy těžké s hmotnostním podílem jílu v jemnozemí nad 45% (tj. s dominantní frakcí jílu). Půdy s jednostranně vysokým zastoupením pouze jemné zrnitostní frakce potom samozřejmě vykazují extrémní chování (půdy jílovité & půdy písčité), což má přímou vazbu na produkční schopnost městského stanoviště.

Lehké půdy je možno charakterizovat jako půdy nadprůměrně vzdušné, záhřevné, suché až mírně vlhké s nízkou biologickou aktivitou a nízkými sorpčními schopnostmi. Uplatňuje se zde především vzduch jako dobrý izolátor. Po dosažení stavu nasyceného proudění, kdy je hydraulická vodivost (v důsledku rychlého naplnění vodou vzájemně propojených makroporů) nejvyšší, nedochází ke vzniku ustáleného stavu proudění (v důsledku absence sorbentů vody), což vede k nízké vododržnosti těchto půd. Tato vlastnost ústí do vysychavosti lehkých půd, hranící se sezónní vyprahlostí a ev. vznikem extrémní humusové subformy karbonizovaný mor.

Těžké půdy je možno charakterizovat jako půdy tuhé, kompaktní, za sucha tvrdé, za vlhka plastické a vazké, s nedostatkem kyslíku, po většinu roku čerstvě vlhké až vlhké, chladné, s vysokou sorpční schopností a s nízkou biologickou aktivitou ústící do nedokonalé humifikace. Uplatňuje se zde především voda jako dobrý vodič. Charakteristická je nízká propustnost půdního povrchu pro vodu, což vede k náchyllosti k zamokření stanoviště. V případě, kdy není vazkost těžkých půd eliminována vyšším obsahem karbonátů, tyto vlastnosti ústí až do ev. vzniku humusové subformy mokřý rašelinný mor.

U půd zrnitostně středních, tj. u půd bez zrnitostních extrémů, lze pak očekávat vyrovnané vlastnosti fyzikální, chemické i biologické s vyrovnaným poměrem vody a vzduchu, optimální aeraci a střední propustností pro srážkovou vodu a to při vysokém podílu adsorbované vody kapilární, stejně tak jako při dostatečné sorpční kapacitě.

Za klíčovou půdní vlastnost z fyzikálního hlediska lze považovat půdní strukturu. Půdní struktura je výsledkem prostorové uspořádání jednotlivých, nepravdělně tvarovaných půdních částic anorganického i organického původu (primární elementy částice), jejich stabilita v agregovaném stavu (sekundární strukturní elementy) a široké rozpětí velikosti půdních porů, které jsou tohoto výsledkem.

Primární i sekundární strukturní prvky mají různou velikost, různý tvar, různou stabilitu a různé formy vzájemného seskupování. Pevné půdní částice vytváří s pomo-

ci organických a anorganických tmelů celou škálu půdních agregátů. Tím je podmi-
něn vznik půdních pórů, vytvářejících jemný systém, naplněný jak půdním roztokem,
tak půdními plyny. Všechny tyto parametry je pak zásadně ovlivněn vzdušný a vodní
režim městských půd a tím i jejich produkční schopnost. Půdní struktura je pak sama
o sobě zásadně ovlivněna parametry sorpčního komplexu a půdního chemismu, ob-
sahem vody, humusových látek a jednotlivých zrnitostních frakcí, prokořeněním a
kvantitou a složením edafonu.

Z hlediska struktury městských půd hraje mimořádně významnou stanovitiš-
noli různost aktivních povrchů půdních frakcí a to proto, že právě na nich primárně zá-
visí schopnost půdy poutat jednak molekuly vody a jednak iony minerálních látek.
Z tohoto hlediska je produkčně nejdůležitější frakce koloidní, tj. frakce s průměrem
částic organického či anorganického původu menších než 0,0001 mm ($< 1 \cdot 10^{-7}$ m, $<$
0,1 μ m).

Nejjemnější frakce jemnozemi, jílnaté částice, tvoří shluky, které mohou

- být samostatné
- vytvářet spolu s hrubšími frakcemi agregáty
- tvořit povlaky na pískových a prachových zrnech.

Půdní jíl je v podstatě velmi pestrá směs minerálních látek různého původu.
Nalezneme zde především sekundární aluminosilikáty ze skupiny jílových minerálů.
Kromě nich jsou jílnaté částice tvořeny nejjemnějšími částicemi - především koloid-
ních rozměrů - ostatních křemičitanů, koloidními oxidy a hydroxidy Fe a Al, koloidní
kyselinou tetrahydrogenkřemičitou (H_4SiO_4). Vzhledem k trvalé písčitosti křemenných
látek a k tomu, že jílnaté částice jsou hydrofobní, celou frakci jílnatých částic tvoří
mimo jiné i koloidní shluky, které se v půdě na povrchu vyskytují jako shluky
frakcí s dominantním kaolinitem, oxidy železa, karbonáty vápníku a nebo humusovými
látkami.

Z hlediska pedologie pro arboristy je za klíčové fyzikální půdní vlastnosti mož-
no považovat:

- zrnitostní analýzy
 - celkový obsah skeletu
 - zrnitostní frakce jemnozemi
 - fyzikální jíl
- charakteristika mechanických vlastností půdy
 - měrná hmotnost
 - objemová hmotnost redukovaná, objemová hmot-
nost
 - pórovitost
- charakteristika hydrofyzikálních vlastností půdy
 - maximální kapilární vodní kapacita
 - hmotnostní vlhkost, objemová vlhkost
 - relativní vlhkost, relativní nasycenost pórů
- charakteristika vzdušného režimu půdy

- minimální vzdušná kapacita
- provzdušněnost.

Půdní fyzikálně chemické vlastnosti

Exaktní dělení na chemické a fyzikálně-chemické vlastnosti půd je velice obtíž-
né. Příčinou této obtížnosti je časová a prostorová návaznost jednotlivých elementár-
ních diferenciálních půdních procesů, která neumožňuje jednoznačně oddělit fyzikální
aspekty dějů od dějů chemické podstaty.

Má-li být toto dělení provedeno, je možné uvést následující členění:

z fyzikálně chemického hlediska půdu charakterizuje

- sorpční výměnný komplex (půdní koloidy, výměna a adsorpce kati-
onů, výměna a adsorpce anionů),
- půdní reakce,
- půdní pórovitost (povrchové interakce mezi pevnou půdní frakcí a
půdním roztokem).

z chemického hlediska půdu charakterizuje

- složení pevné anorganické půdní fáze,
- složení pevné organické fáze,

chemické vlastnosti půdní fáze (půdního roztoku)

chemické vlastnosti půdní fáze

- rovnice chemické rovnováhy mezi těmito fázemi (transfer protonů a
elektronů v půdě).

Souběžně s tím jsou fyzikálně chemické a chemické vlastnosti půd
závažně ovlivňovány vlastnostmi fyzikálními a naopak. Tím vzniká v úvodu zmi-
ňovaný polyfunkční a polyfázový systém na rozhraní litosféry, biosféry a atmosféry,
v němž příslušné půdní horizonty vykazují konkrétní hodnoty chemických a fyzikálně-
chemických vlastností vždy ve zcela konkrétním a specifickém fyzikálním prostředí:
v prostředí proměnlivé aerace, proměnlivého obsahu půdní vody různými formami a pro-
měnlivé formy půdní struktury.

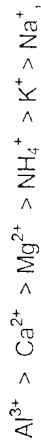
Z vlastního fyzikálně chemického hlediska se specifickostí jednotlivých pedonů
odvíjí od amfoterního charakteru půdních částic, tj. schopnosti pevné půdní frakce
poutat jak záporné, tak kladné nabití částice. Ve skutečnosti jsou však většinou váza-
ny iony nabitě kladně a to proto, že obecně převládajícím nábojem půdních částic je
náboj záporný. Ten přímo souvisí s hodnotou reakce půdního roztoku: s růstem pH (tj.
s poklesem půdní acidity) dochází k růstu počtu záporných nábojů půdních částic, což
vede k vysoké vazbě kationů půd s vysokou hodnotou půdní reakce. To ústí do situa-
ce, kdy v případě, že hodnota půdní reakce aktivní přesáhne hranici pH 7, ztrácí povr-
chy půdních oxidů a hrany jílových minerálů zbytkové pozitivní náboje a půda ztrácí

schopnost vázat aniony. Anionová výměnná kapacita tak roste naopak se stoupáním půdní acidity.

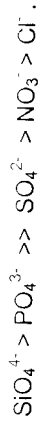
Nositelům půdní výměnné sorpce je organominerální koloidní komplex a jejím předmětem iony vody a minerálních prvků.

Energie výměny látek v půdě závisí na valenci sorbovaného látky, její atomové hmotnosti a v případě nutnosti ještě na molární vodivosti sorbované látky: Schopnost sorpce kationů a anionů není tedy nahodilá - vznik vazby mezi sorbentem a sorbovaným ionem závisí na postavení ionu v preferenční řadě.

V půdním prostředí však také existují výměnné preference: silnější nabití iony jsou zpravidla poutané pevněji, z ionů stejných nábojů jsou více hydratované iony poutané slaběji. Schopnost adsorpce klesá v řadě:



resp.



Díky těmto adsorpčním vazbám se na aktivních místech povrchů humusových polymerů a nabobtnalých jílových minerálů akumulují značná množství ionů.

V procesu výměnné absorpce kořeny dřevin podněcují výměnu půdou sorbovaných ionů jejich výměnou za produkované iony H^+ a HCO_3^- . Jejich vylučování závisí jak na teplotě prostředí a na dostupnosti kyslíku, tak na dostupnosti produktů fotosyntetických asimilací oxidu uhličitého, čímž je podstatně ovlivňována rychlost espi-race.

Tyto kontinuálně probíhající procesy pak nejen umožňují prostou výměnu makrobiogelementů i stopových prvků, ale též zásadní měrou podmiňují kontinuální výživu rostlin: díky aktivním povrchům především jílových a humusových částic jsou v půdě dlouhodobě zadržovány produkty zvětrávání horninotvorných nerostů i rozkladu odumřelých organické hmoty a ty jsou pak rostlinami postupně odebírány. Díky adsorpční vazby ionů je v půdním roztoku udržována relativně stálá koncentrace látek: kořenové systémy dřevin tak nejsou vystavovány extrémním osmotickým podmínkám, které by jinak při měnících se koncentracích prvků v půdním roztoku nutně musely vyvolat.

Půdní reakce obecně vyjadřuje poměr koncentrace vodíkových a hydroxylových ionů v půdním prostředí, což výrazně podmiňuje

- celkový charakter pedogeneze,
- průběh zvětrávání a humifikace,
- půdní strukturu,
- mobilizaci minerálních makrobiogelementů (dusíku, vápníku, hořčíku, draslíku, fosforu, síry a železa) i mikroelementů (boru, molybdenu, manganu, zinku, mědi a chloru) a jejich příjem rostlinou,

- vznik půdních koloidů organického a minerálního původu.

Koloběh vodíku jako nejkomplexnější ze všech koloběhů je ovlivňován každou chemickou i biochemickou reakcí. To ústí do aktuálně se měnícího poměru koncentrací vodíkových a hydroxylových ionů, do tendence měnit hodnotu pH.

Každé, tj. i městské, půdy však vykazují značnou schopnost těchto změnám odolávat, což charakterizujeme termínem půdní pufrovitost.

V první fázi odporu vůči změnám, vyvolaným přídavkem látek, které jsou donorům protonů (tj. kyselin) dochází k vyrovnávání přísunu vodíkových ionů rozpouštěním uhličitánů. Po jejich vyplenění perkolující vodou či v případě, že v půdním profilu přimálemě chybí pak spočívá pufrací schopnost půdy v neutralizačním vlivu bazických kationů, uvolňovaných zvětráváním křemičitanů, zvl. živců.

Pufrací kapacita zemské kůry stran zvětrávání živců a následné tvorby jílových minerálů je nevyčerpatelná. Problémem však je, že pufrací míra je daleko nižší, což souvisí s relativně pomalým zvětráváním většiny křemičitanů. Proto se na schopnosti tlumit, neutralizovat, pufrovat vstupující protony zásadní mírou podílí organominerální, koloidní sorpční komplex: vstupující vodíkové iony jsou pufrovány bazickými kationy vázanými koloidním humusem a již vytvořenými jílovými minerály.

Po promytí sorpčního komplexu jsou však vodíkové iony sorbovány nejprve uvolňováním ionů hliníku a posléze i ionů železa, což ústí do tvorby mobilních organických komplexů, migrace rostlinných živin, destrukce jílové frakce a eluvie svrchních částí pedonu.

V žádném případě se nelze domnívat, že pro tak komplexní děje jakými jsou půdní acidifikace a půdní pufrovitost platí univerzální logika. Vždy lze najít zvláštnosti, které se naším modelem vymykají.

Příklad: Zde se jedná například o semihydromorfni a hydromorfni půdy, půdy s vysokým obsahem síranů a chloridů, půdy s vysokou fixací atmosférického dusíku či o půdy na stanovištích obnovených holosečným hospodářským způsobem.

Podstata problémů spočívá ve výše uvedené skutečnosti: v městském prostředí je zcela nemožné postihnout všechny vstupy a výstupy vodíkových ionů, neboť ty jsou podmiňovány jakýmkoliv děj jakéhokoliv řádu.

Půdní reakce aktivní, půdní reakce potenciální výměnná

Půdní reakce je základní fyzikálně-chemická vlastnost městských půd. Je dána poměrem mezi koncentrací hydroxoniových a hydroxylových ionů v půdní suspenzi. Tento poměr je vyjádřený vodíkovým exponentem, hodnotou pH.

Její přímý vliv na městská stanoviště spočívá především v jejím zásadním ovlivnění biochemických půdních procesů a procesů příjmu živin jednotlivými autotrofními organismy. Význam reakce půd je možno spatřovat především ve skutečnosti, že aktuální odběr přijímaných forem živin je vázán na aktuálně probíhající biochemické reakce, katalyzované v prostředí většinou specifických koncentrací vodíkových ionů. Zde se výrazně projevuje jak fenomén vysoké proměnlivosti hodnot půdní reakce ve vertikálním směru (v rámci jednoho pedonu), tak i skutečnost, že nadložní humus par-

kových stanovišť různých dřevinných skladeb vykazuje již ze své primární podstaty zcela různou hodnotu půdní reakce.

Stanovení půdní reakce je jedním z vůbec nepoužívanějších a nejstandardnějších pedologických stanovení.

V městských půdách České republiky se v půdním profilu v dřívě většine případů setkáváme s převahou volných radikálů, což ústí do různé vysoké míry půdní acidity. Ta je sama o sobě vlastností s vysokou dynamikou - a to dynamikou nejen sezónní, nýbrž i denní. Důvodem k vysoké časové heterogenitě půdní reakce je v první řadě především intenzivní biochemická aktivita povrchových horizontů městských půd, probíhající na pozadí komplexního vlivu půdních fyzikálních, fyzikálně-chemických a chemických vlastností, zde výrazně ovlivněných půdotvorným substrátem s konkrétními obsahy bazicky působících kationů.

Z metodologického hlediska je zapotřebí vycházet z toho, že rozeznáváme tři základní formy půdní reakce:

- půdní reakce aktivní ($\text{pH}/\text{H}_2\text{O}$),
- půdní reakce potenciální hydrolytická (Ha ; $\text{mmol H}^+ \cdot 100 \text{ g půdy}$),
- půdní reakce potenciální výměnná (pH/KCl).

Z hlediska možných zdrojů chyb je v první řadě nutno zmínit běžně prováděné srovnávání hodnot půdní reakce ze sice stejných výzkumných ploch, ale získaných zcela jiným laboratorním vybavením, tj. upozornit na vliv historicky podmíněného přechodu z analogových acidimetrů na digitální pH-metry. Právě v případě půdní reakce platí, že chceme-li srovnávat, pak jediné výsledky získané stejnou metodikou na stejném vybavení.

To platí i v dalším případě, kdy pro stanovení půdní reakce potenciální výměnné je dnes zaváděn mezinárodně vyžadovaný extrakční roztok $0,01 \text{ mol.l}^{-1} \text{ CaCl}_2$. Při použití této metodiky však nelze získané výsledky srovnávat s výsledky získanými použitím $1 \text{ mol.l}^{-1} \text{ KCl}$.

Velmi problematická je otázka poměru půda: extrakční činidlo. Je možno použít poměr 1:2,5 a nebo poměr 1:5 a to s tím, že v české pedagogii se tradičně užívá poměr první. V případě setrvávání na tradičním poměru 1:2,5 se pak musíme nutně smířit s tím, že nebude možné vůbec analyzovat např. vzorky fermentačních horizontů, které mají tak extrémně nízkou hodnotu objemové hmotnosti, že po jejich přelici daným extraktantem o pouze 2,5-násobku jejich hmotnosti (1 ml vody má hmotnost 1 g a objem 1 cm^3) suspenze v pravém slova smyslu vůbec nevznikne. V tomto případě je nutné použít poměr 1:5.

Stran doby inkubace lze experimentálně prověřit, že dosažení rovnováhy, kdy za dobu 5 sekund nenastane pokles hodnoty pH o více než 0,02, nenastává dříve než po dvou hodinách. Má-li však být hodnota půdní reakce potenciální skutečně hodnotou potenciálně možnou, potom musí být tato hodnota maximálně n i z k á (tj. hodnotou, charakterizující nejvyšší možnou aciditu). Zde je tradiční užití 24-hodinové inkubace zcela na místě.

Z hlediska možných zdrojů chyb je dále nutné upozornit na určitá úskali při

porovnávání hodnot půdní reakce aktivní s hodnotami půdní reakce potenciální výměnné.

Obecně platí, že na většině městských půd ČR je v důsledku umělé zvýšeného stavu vodíkových ionů do té doby vázaných na sorpčním komplexu půdní reakce potenciální výměnná přibližně o 0,5 pH nižší (jt. charakterizující v y š í acidity) než hodnota půdní reakce aktivní. Nejde jen o to, o kolik bude nižší - to bude nepochybně v první řadě záviset na koncentraci použitého chloridu a teprve poté na stupni nasycenosti sorpčního komplexu a uvolnění jím do té doby vázaných ionů H^+ a Al^{3+} . Důležité je též to, zda v pedonu nebude takové množství CaCO_3 , že při inkubaci s použitým chloridem dojde k tvorbě CaCl_2 , při spotřebování celého množství účinné složky extraktantu. V tom případě v vyšetřování do té doby na volných místech sorpčního komplexu vázaných kyselých kationů vůbec nedojde.

Příklad: Půdní horizonty s vysokým podílem uhlíkatých neznikají jen v krasových oblastech - totéž platí i o povrchových horizontech po velkoplošném leteckém vápnění.

V případě přítomnosti silných kyselin v pedonu daného městského stanoviště je situace ještě kontrastnější: primárně zde nedochází k výměnnému na sorpčním komplexu, ale k reakci vodíkových ionů těchto kyselin s dodaným chloridem. Výsledná hodnota půdní reakce pak závisí na zbytkovém množství vodíkových ionů po proběhlé reakci s chloridem, čili při srovnání zjistíme, že hodnota $\text{pH}/\text{H}_2\text{O}$ může být dokonce nižší než hodnota pH/KCl . Tento případ je velmi ojedinělý a dochází k němu pouze v případě velmi nízké hodnoty $\text{pH}/\text{H}_2\text{O}$.

Dalším možným zdrojem chyb je nebezpečí výrazného snížení hodnoty půdní reakce u vzorků exponovaných při přípravě jehemzemí vůči vyšším teplotám. Tato situace je nejozřejavější o vzorků městských půd v silně znečištěných průmyslových aglomeracích, kde může dojít k rychlé dekompozici minerálních sloučenin siry při prudce slabých roztoků kyseliny sírové.

Půdní chemické vlastnosti

Tvorba chemického složení půd pak probíhá ve styku dvou protisměrných koloběhů prvků: koloběhu geologického a biologického.

S nimi souvisí také možné typy akumulace prvků v půdě:

- akumulace biogenní, převažující v případě silně humózních půd,
- akumulace eluviálně-iluviální v humidních oblastech,
- akumulace hydrogenní, kde hlavní roli hraje podzemní voda
- akumulace atmogenní, přirozeně probíhající v aridních oblastech.

Příklad: Atmogenní depozice člověkem emitovaných sloučenin však dnes postihuje celou střední Evropu do té míry, že na vlastním území ČR celoplošně vstupují polutanty - tzv. imisní pozadí - již nikde nelze vyloučit.

Bylo již uvedeno, že z chemického hlediska je půda charakterizována svým složením a rovnice chemické rovnováhy.

Z hlediska arboristické praxe je v této souvislosti nutno upozornit na to, že odstraňování těžebního opadu (zelené biomasy vytěžených stromů a nehroubí po parkových úpravách, atd.), stejně tak jako podzimní hrabání opadu pod tzv. městskou zelení má z hlediska koloběhu mnohých biogenních prvků nepříznivé dopady na primární produkci daného stanoviště.

Odmětlý asimilační aparát a nehroubí je nutno chápat jako neoddělitelný komponent parkového stanoviště. Jako takový by neměl být brán jako složka v parku nadbytečná, bez rizika odstranitelná, jako složka vyžadující pozornost pouze jako energetický zdroj či surovina pro chemickou výrobu. Po odstranění organické hmoty z povrchu půdy dochází k extrémnímu snížení obsahu přístupného fosforu a všech forem půdního dusíku v celém půdním profilu, k výraznému snížení obsahu hořčíku a k částečnému snížení obsahu rozpustných derivátů draslíku a asimilovatelných sloučenin vápníku v daných povrchových minerálních A-horizontech městských půd.

Co se týče základních mechanismech příjmu minerálních živin kořenovým systémem terrestrických primárních producentů, rostlina odebírá iony živin z půdy

- jejich adsorpci z půdního roztoku (kde jsou iony v něm obsažené sice okamžitě dostupné, ale dosti často - a zvláště u některých prvků, např. u fosforu - ve velmi nízkých koncentracích),
- výměnnou absorpci z organominerálního sorpčního komplexu nebo
- prostřednictvím uvolňování živin z půdy vylučovanými organickými kyselinami a H^+ iony.

Co se týká chemického složení městských půd a organické půdní hmoty, v závislosti na vnějších faktorech prostředí a stupni pedogeneze mohou přeměny organických sloučenin ústít buď do úplné přímé mineralizace nebo vést cestou humifikace a až následně postupné mineralizace.

Humus jakožto produkt nejprve dekompozice složitých uhlikatých sloučenin a poté následných polymerizací a polykondenzací je v městských půdách jedním z nej důležitějších faktorů ovlivňujících a do značné míry i přímo podmiňujících jejich koncentrátní fyzikální, chemické i biochemické vlastnosti.

Z tohoto hlediska je pro arboristu v první řadě důležité to, že obsah humusu je na jednotlivých městských stanovištích značně proměnlivý, stejně tak jak je proměnlivá i jeho kvalita. Z arboristického hlediska není proto důležité znát pouze jeho kvantitu, ale zabývat se také - což není dosud samozřejmostí - jeho kvalitou.

Studium humifikace a jejích produktů je sice relativně nejednoduchou, ale zároveň mimořádně důležitou součástí pedologie. Na druhé straně však nelze zastrát skutečnost, že ne veškerá odumřelá organická hmota (původu rostlinného, živočišného, houbového či mikrobiálního) přechází půdní biotou generovanými syntézami do stadia huminových kyselin, fulvokyselin, huminů, humoligninu, hymatomelanových kyselin a jejich derivátů - velká část organické hmoty je přímo mineralizována.

Ty organické látky, které tvoří koloidní humus, jsou však vazbou s jílovými mi-

nerály, sesquioxidy a koloidní H_4SiO_4 poutány a to za vzniku nositele sorpčních schopností městské půdy - organominerálního sorpčního komplexu. S poklesem jeho stupně nasycenosti a s rostoucí aciditou půdního prostředí však i tak v mnoha případech dochází k zhoršování podmínek pro seskupování těchto organických koloidů s koloidy anorganickými.

V souvislosti s touto tematikou je nutné věnovat pozornost poměru obsahu oxidovatelného uhlíku k celkovému dusíku, tradičnímu ukazateli intenzity dekompozice organogenního materiálu. Jako základní dělicí linie se v případě vlastního opadu uvažuje jeho hodnota rovna 30; je-li poměr $C:N > 30$, rychlost rozkladu látek souboru horizontů nadložního humusu daného stanoviště se již výrazně zpomaluje.

Obecně zde tedy platí, že uhlík je prvkem v nadložním humusu vždy v nadbyteku a tudíž míra stimulace mikrobiálních společenstev k dekompozici závisí na množství přijatelného dusíku: čím je vyšší, tím je rozklad rychlejší a tím je poměr $C:N$ nižší.

Není to však samozřejmě podmínka jediná: dekompozice odumřelých látek závisí také zásadně na aeraci půdy, na její teplotě a obsahu vody, na přítomnosti bazických kationů, na hodnotě půdní reakce a přirozeně také na kvantitě a druhovém spektru půdní bioty.

V každém případě vyšší obsah dusíku v půdě daného stanoviště podmiňuje rychlejší uvedení hmoty a energie organických látek do cyklů, resp. toků, v čehož důsledku vzniká z hlediska arboristy příznivější humusová forma či subforma.

Se změnou nadmořské výšky města obecně dochází k zákonitým změnám v obsahu celkového dusíku daných stanovišť a v důsledku toho i k nastolení zákonité tendence vývoje hodnot poměru oxidovatelného kyslíku k obsahu celkového dusíku: se snižující se nadmořskou výškou můžeme očekávat velmi příznivé hodnoty poměru $C:N$. Naopak v půdách montánních poloh dosahují hodnoty poměru $C:N$ až hranice 30, při níž již v materiálu, který ji vykazuje, dochází k výraznému zpomalení rozkladu organické hmoty. Vzhledem k tomu, že obsah oxidovatelného uhlíku takovouto závislost nevykazuje, lze ve vegetačních stupních dubu a buku očekávat obecný růst obsahu celkového dusíku (ústíčího do nízkých hodnot poměru $C:N$). Ve vegetačních stupních smrku a buku se naopak budeme obecně setkávat s nízkými hodnotami obsahu dusíku v daných půdách a tudíž s vysokými hodnotami poměru $C:N$.

Z hlediska interpretací výsledků je však vhodné upozornit na to, že přes nespornou významnost tohoto tradičního ukazatele není nutné význam poměru $C:N$ příliš přeceňovat. Hlavní příčiny je přitom nutné vidět v stochastickém ovlivňování hodnoty tohoto poměru

- jednak krátkodobým prudkým zvýšením mikrobiální aktivity v důsledku nahodilého prosvětlení dané mikrolokality a
- jednak přítomností specifických synuzii podrostu jednotlivých městských stanovišť a to v proměnlivém druhovém složení i biomase v průběhu roku.

Stanovení přístupného draslíku, vápníku, hořčíku a fosforu

Z hlediska výživy městských dřevin je nutno počítat s příjmem 10 makrobiogenních a 6 mikrobiogenních prvků. Z makrobiogenních prvků jsou z pedologického hlediska nejdůležitější prvky minerální a z nich pak tradičně draslík, vápník, hořčík a fosfor.

Tyto prvky se v půdě nachází jak v rozpustných, tak i v nerozpustných formách. Co se týká forem rozpustných, hodnotíme u nich jednak

- faktor intenzity, podmíněný jejich koncentrací (a tak vlastně přímou mobilitou) v půdním roztoku,
- faktor kapacity, podmíněný potenciální zásobou jejich přístupných forem vázaných výměnnou sorpcí na povrchu pevné půdní fáze (jde tedy v podstatě o skutečnou zásobu resorbovatelných přístupných forem těchto prvků) a
- kinetický faktor, podmíněný rychlostí uvolňování fosfátů z povrchu pevné půdní fáze do půdního roztoku.

Pod termínem přístupný (dostupný, přijatelný; *plant-available, bioavailable*) ion si přitom musíme představit právě takové množství jednomocných K^+ a $H_2PO_4^-$ či dvoumocných Ca^{2+} , Mg^{2+} a HPO_4^{2-} , které právě v daném okamžiku je přijatelné rostlinou.

Draslík, kalium, je základní minerální makrobioelement účastnící se v prvé řadě osmoregulačních a hydratačních procesů v rostlinných pletivech a aktivizačních procesů enzymatické části fotosyntetické asimilace oxidu uhličitého. Z hlediska jeho příjmu je významná ta skutečnost, že v okamžiku, kdy je draslík přijímán ve vyšší koncentraci, dochází k výraznému snížení příjmu vápníku, sodíku a hořčíku a souběžně k stimulaci příjmu fosforu a síry.

Draslík jako jeden z vůbec nejrozšířenějších prvků zemské kůry nacházíme jak v kyselých, tak i v alkalických magmatech, stejně tak jako v klastických sedimentech. V půdě je jak sorbován na povrchu koloidní frakce (přičemž sám pak ovlivňuje koloidní aktivitu organominerálního komplexu), tak i díky svému nezvykle malému rozměru fixován v mezivrstevních prostorech krystalických mřížek jílových minerálů: kation K^+ má - bez hydratačního obalu - průměr menší než 0,29 nm, což je přibližně 300-krát méně než je průměr jílového minerálu.

Vápník, calcium, je jedním z horninotvorných - litofilních - prvků. Z hlediska jeho vstupu do půdního profilu můžeme vápník chápat

- jako součást fosilních, ev. subrecentních, chemogenních a biogenních sedimentů a
- jako součást dioritových a gabrových magmat.

Primárními zdroji jsou tak pyroxeny, amfiboly a sodno-vápenaté živce, z nichž se zvětváváním po rozpuštění vápník vylučuje jako derivát kyseliny uhličitě, tj. ve formě $CaCO_3$. V městských půdách má nezastupitelný význam především v následujících třech oblastech:

- jako základní makrobioelement, jako nutná podmínka rozvoje kořenového systému dřevin,
- jako součást půdního pufrovacího potenciálu vyrovnávajícího vstupy volných vodíkových ionů a to v uhlíkatovém, sílkátovém a výměnném tlumivém pásmu a
- jako jeden z klíčových faktorů tvorby a udržení příznivé půdní struktury s optimální aerací (zde hrají nezastupitelnou úlohu listnáče coby meliorační dřeviny, produkující opad s vysokým podílem tohoto prvku).

Z hlediska hmotnostního zastoupení je vápník pátým nejvýznamnějším prvkem zemské kůry, z hlediska počtu atomů pak zaujímá místo šesté. Strovnáme-li tyto údaje s fosforem, jak z hlediska počtu atomů, tak i hmotnostně převyšuje vápník tento prvek třicetkrát.

Hořčík, magnesium, představuje 1,9 % (Stejskal, 1968) hmotnosti zemské kůry a 1,8 % (UGOLINI a SPALTENSTEIN, 1992) počtu atomů zemské kůry. Je typickým litofilním prvkem (tj. prvkem tvořícím horninotvorné minerály) jak biogenních a chemogenních sedimentů, tak i gabrových, dioritových a ultrabazických magmat, přičemž jeho nejvyšší obsah nacházíme v evaporitech a ultrabazických intruzívech i metamorfitech. V dřevinách je základní složkou chlorofylu, účastní se transportu ATP jakožto zdroje energie stejně tak jako aktivace enzymatické činnosti buněk rostlinných pletí.

Z hlediska jeho výskytu v půdě považují za důležité vzpomenout jeho synergismus a antagonismus v příjmu ionů: příjem hořčíku dřevinou je brzděn zvýšenou koncentrací vápníku; ke vzájemné podpoře vstupu více ionů naopak dochází při společném odběru hořčíku s manganem a zínkem.

Fosfor, phosphorus, je jedním z makrobioelementů, jehož koloběh v půdách obecně spočívá na dekompozici organické hmoty (i když sám o sobě je díky klarku 0,12 % pouze mikroelementem). Vzhledem k tomu, že v popelovinách xylemu převážují deriváty vápníku, hořčíku a draslíku, můžeme konstatovat, že v podstatě veškerý asimilovaný fosfor je během velmi krátké doby opět vrácen do půdy prostřednictvím opadu. V případě zpomalené dekompozice odumřelé organické hmoty a vyššího množství volných ionů železa a hliníku (s fosfáty vytvářejícími rostlinám nepřístupné vazby) se přístupný fosfor stává jedním z důležitých limitujících faktorů produkční schopnosti městského stanoviště. I ve svrchních horizontech molických půd obsah dostupného P málokdy výrazně převyšuje 1 kg ha^{-1} . V samotném půdním roztoku je fosfátů obvykle méně než 1 mg l^{-1} . Jelikož koncentrace dostupného fosforu je v půdě velmi nízká, a jelikož dřeviny fosfor po rychlém vyčerpání z rhizosféry nejsou sami schopny aktivně načerpat z prostoru mimo rhizosféru značnou důležitost, musí mít jeho transport k rostlinným kořenům mimořádnou ekofyziologickou důležitost. Vlastní mechanismus pohybu P v půdě se děje převážně difúzí a hromadným tokem půdního roztoku. Největší kvantita přístupného fosforu je přímo na půdním povrchu a poté až v substrátovém horizontu. Z metodologického hlediska je v ČR pro stanovení zmínovaných makrobioelementů dnes standardem použití jednotného extrakčního činidla metodou Mehlich III. Proč?

- relativně velice snadno umožňuje stanovit množství půdního přístupného

ho fosforu, draslíku, vápníku a hořčíku je d i n o u extrakci;

- v tomž extraktu je dále možno přímo stanovit i dva důležité mikroelementy: mangan a zinek;
- je navíc možno stanovit i sodík;
- součet stanovených množství bazických kationů s množstvím kyselých kationů charakterizuje jejich obsah v sorpčním komplexu půd (kyselé kationy se přitom stanovují většinou v extraktu $0,1 \text{ mol.l}^{-1} \text{ BaCl}_2$);
- vykazuje vysokou korelaci mezi množstvím z půdy extrahovaných živin, jejich skutečným příjmem a růstem rostlin.

Za mimořádně důležitou skutečnost je možno považovat konfrontaci výsledků stanovení obsahu přístupných živin v půdě s výsledky listových analýz dřevin na studovaných půdách rostoucích. Tento přístup - který se používá již dlouhou dobu - vychází z nezasatitelnosti souběžných údajů o kvantifikovatelném vztahu "potenciální nabídka—aktuální odběr" a je nutné jej u půdních vzorků i vzorků asimilačního aparátu provádět jak v případě mikrobiogenních, tak i makrobiogenních prvků.

Obsahy jednotlivých prvků jsou udávány v přepočtu na sušinu půdních vzorků, čímž je odstraněno matoucí zohledňování proměnlivého a časově individuálního obsahu vody v dané půdě.

Co se týká vlastní přístupné formy půdních minerálních živin, platí, že extrakční metody stanovují v podstatě dvě formy půdních živin a to současně: formu vodorozpuslnou a formu ve vodě okamžitě nerozpustnou.

Zatímco kvantita vodorozpuslných živin by při dodržení stejných podmínek extrakce měla zůstat u všech metod stejná, obsah nerozpuslné formy bude samozřejmě záviset na chemickém složení extrakčního roztoku. Z tohoto důvodu se dnes někdy extrakční metody nahrazují metodami s použitím iontoměníčů (ionexů, měničů ionů).

Půdní biochemické a biologické vlastnosti

Půdní biologie a půdní biochemie studuje vliv projevené přítomnosti půdního života (půdní bioty, edafonu) na charakteristiky půdních horizontů a na charakteristiky produkčního potenciálu stanoviště.

Platí přitom, že každý faktor, mající vliv na složení a metabolickou aktivitu půdní bioty, se jejím prostřednictvím zákonitě projeví v různé míře důležitosti pro růst a vývoj (ontogenezi) dřevin městského prostředí. Vnější faktory prostředí tak mnohdy nepůsobí na dřeviny přímo, ale prostřednictvím půdních společenstev.

Půdní společenstva přitom hrají v městském prostředí velmi důležitou roli: svým obecným charakterem reducentů navazují na producenty a konzumenty a tvoří tak základní ekologickou třídu, udržující biologické koloběhy planety v chodu.

Po zadání určitého laboratorního stanovení z odebraných vzorků městských půd a následného obdržení výsledků, je nutné si uvědomit, že z hlediska půdní biochemie nelze žádnou analýzu přeceňovat: žádná jednotlivá informace o aktivitě jedné ze složky biologické aktivity půdy necharakterizuje tuto jako celek - k tomu je zapotřebí získat celou řadu dílčích informací a ty poté celkově vyhodnotit.

V případě udávání výsledků biochemických stanovení, získaných analýzou vzorků s původní vlhkostí, se vzhledem ke zcela rozdílnému obsahu vody v těchto vzorcích objevuje nutnost přepočítat získaný výsledek na (paralelně stanovenou) sušinu půdního vzorku. Pouze přepočtením výsledku lze přistoupit k srovnávání hodnot z různých pedonů.

Logika tohoto přístupu je přitom obdobná jako je logika zohlednění procenta skeletnatosti půdních vzorků: chci-li hodnoty jednotlivých půdních vlastností vzájemně srovnávat, je nutné toto srovnání provést na srovnatelném pozadí. Chci-li tohoto srovnatelného pozadí dosáhnout, musím eliminovat dva stanovištné (ev. sezónně) zcela proměnlivé faktory - procento skeletnatosti a procento hmotnostní vlhkosti.

Skutečnost, že výsledky daných šetření srovnám na jednotné pozadí nelze přitom chápat jako ignoranci skutečných stanovištních podmínek. Skutečná, místní vlhkost a skeletnatost dané hodnoty dané půdní vlastnosti samozřejmě fakticky spoluvytváří - cílem jejich eliminace je pouze vytvoření stejné srovnávací základny a nikoliv vyloučení vlivu daných parametrů stanoviště na skutečnou hodnotu analyzované vlastnosti.

Stanovení biochemických vlastností vychází tedy z následujících předpokladů:

- vzorky se analyzují s původní vlhkostí, tj. v nezměněném stavu, a to s cílem zjistit skutečnou, aktuální hodnotu odpovídající skutečnému, aktuálnímu stavu v porostu;
- výsledky se udávají přepočtené na sušinu. Tímto přepočtem dojde eliminaci zcela různého obsahu vody v daných vzorcích, a to s cílem srovnávat dané hodnoty získané na zcela odlišných lokalitách za zcela odlišných podmínek.

Tímto způsobem docílíme zároveň analýzu nezměněných vzorků i eliminaci rozdílného obsahu vody ve vzorcích půdních horizontů daných studijních ploch.

Závěrem je možno konstatovat, že výsledkem vzájemných interakcí mezi abiotickými faktory a biotickými složkami půdy je vytvoření dynamické rovnováhy v půdě, zde charakterizované vyváženým poměrem mezi mineralizační a syntetickou činností půdních cenóz.

Hnojení – zlepšování lesních půd a výživy lesních porostů

„Zásada zlepšování výživy“ – doporučení a nezávazné pokyny

Hnojení lesů – cílevědomá činnost – dodávání hnojivých látek

- 1) úprava zásoby živin v půdě (množství a poměr)
- 2) přímo dřevinám pomocí živiných roztoků

půda	porost
HNOJENÍ ZÁKLADNÍ	HNOJENÍ OPERATIVNÍ
úprava produkční schopnosti půdy (fyzikálně – chemické)	ovlivňování stav výživy v různém stadiu vývoje (hmotová produkce), fyziologický stav (zdravotní)

ÚLOHY HNOJENÍ

- přímé i nepřímé dodání živin
- úpravy
 - a) poruchy ve výživě (operativní)
 - b) nevyhovující stav půdních vlastností (základní)
 - c) jednorázové rychlé zlepšení – biotické a abiotické škody (regenerační)
 - d) výjimečně – zvýšení produkce dřeva a biomasy (produkční) – lignikultury
 - e) obnova v imisních polohách – odlišné v jednotlivých regionech (poruchy výživy a zdravotního stavu)

PROJEKTOVÁNÍ HNOJENÍ, MELIORACE LESNÍCH PŮD

Degradace půdy – degradace látkového koloběhu (degradace přeměn organické hmoty)

Meliorační opatření – uvolní procesy, které jsou vázané, tzn. procesy přeměn látek a energii → počáteční impuls regeneračních procesů
→ přivýhnojení Ca + Mg a následně P na optimum, má hnojení N význam

hnojení bez návaznosti na péstební opatření (listnaté dřeviny) nemá význam

- 1) vhodný provozní cíl (stabilita a koloběh v ekosystému)
- 2) meliorační postup při začátku obnovy → následný porost v regenerovaných podmínkách (20 – 40. rok)
- 3) chemická meliorace + mechanická (zapracování) + biologická
- 4) doplnění chybějících živin

ZÁSADY PROJEKTOVÁNÍ HNOJENÍ

- operativní (všechny věkové stádia)

aplikace: plošná – mlaziny, střední a starší – normální vývoj lokální – mladé porosty, staré - proředěné

doba: efektivní příjem – nejvhodnější na jaře

- hnojiva **N, K a K + Mg** – započítí aktivity kořenů
- hnojiva **N** – nepřilísí pozdě – vyzrávání dřeva (aplikaci je nutno ukončit do poloviny července)
- hnojiva **Ca²⁺, PO⁴⁻** - celý rok → aplikace na sníh – mohou nastat problémy při pohybu po svahu

ZÁKLADNÍ HNOJENÍ

- úprava fyzikálních, chemických a biologických vlastností půdy
- předchází pedologické šetření lokality
- počáteční nastartování regradčních procesů
 - a) meliorační
 - b) udržovací
 - c) kompenzační
 - d) startovací
 - e) zásobní

provádí se při:

- 1) zjištění nevhodných forem humusu
- 2) výrazném nárůstu acidifikace půdy s extrémně nenasyčeným sorpčním komplexem
- 3) výrazné ochuzení o živiny (půdy)
- 4) negativní projevy snižování produkce
 - 1) dlouhodobě působící vápenatá hnojiva
 - 2) dlouhodobě působící hořečnatá hnojiva
 - K a Mg hnojiva pouze výjimečně
 - upřednostňují se bazické moučky

dávkování: podle hodnoty pH a hloubky vrstvy nadložního surového humusu a sklonu svahu

vápenatá optimum: 400 – 1600 kg č.č. Ca . ha⁻¹ (1,0 – 4,0t vápence)

pro buk a přehoustlé smrčiny – výjimečně o 25 – 30% více, maximálně 2000 kg – u jilovitých půd 10 – 15 mm

fosforečná optimum: 40 – 80 kg č.č. P . ha⁻¹ (aktivace půd, mikroflóry → regradční procesy)

hnojiva: jemně mleté – vápence

výšší – bazické silikátové moučky (K Mg)
P – přírodní fosfáty (obtížně se vyplavují)
superfosfáty
Thomasova moučka – nedostatek

Zvyšování a snižování dávek

zvyšování (o 25 – 30%, maximálně na 2000 kg č.č. Ca)

- 1) jilovité – jilovitelnost
- 2) vrstva 10 – 15 cm surového humusu – chladné klima
- 3) přehoustlé porosty smrku s převodem na bukové hospodářství v budoucnosti

snížování (o 25 – 30%)

- 1) prosvětlené nebo prořezující se porosty
- 2) v porostech před pěstebními zásahy (prořezávky, probírky)
- 3) při mechanickém zapracování
- 4) u kultur a nárostu bez zapojení

Plánování a projektování hnojení

- a) karbonátové i silikátové moučky - v kterékoli roční době z aspektu ochrany přírody a turistiky v předjaří a podzim
- b) v mýtních porostech – 5 – 10 let před započatím obnovy – nepříznivé klimatické podmínky 20 let před obnovou
- c) pro zmlazování - jen tehdy, když nedochází při prosvětlení k mineralizaci humusových látek a organických látek
- d) při slabé vrstvě surového humusu (4cm) se odvápnění u mýtních porostů upouští, vápní se až tyčkoviny následné generace
- e) holiny nevápnit – ztráta humusu, živin, zabuření
- f) silikátové moučky – téměř na všech stanovištích, ale vyšší dávky, nedochází k rizikovému vyplavování N

OPERATIVNÍ HNOJENÍ

- přímé ovlivnění stavu a podmínek výživy
- akutní nedostatek živin
- zdravotní stav z nedostatku živin
- imise

diagnostické metody:

- a) vizuální symptomy (růst, morfologické, karetní změny)
- b) listové analýzy
- c) doplňující analýzy (fyzikální analýzy, biologické testy, doplňující chemické testy)

N	- světle zelené, žlutozelené zbarvení na celé listové ploše rovnoměrně bez ostrých přechodů listy i jehlice zmenšené
P	- načervenalé, fialově červené skvrny na listech, výraznější na okrajích listové čepele, opad jehlic z koncových částí větví
K	- žluté i hnědé zbarvení na koncích jehlic nebo okrajích listů – zavinuté později hnědnou a ostře přecházejí do žluté a zelené
Mg	- nažloutlé mezi nervaturou (později hnědnou)
	- jehličí – nažloutlé jehličí u starších ročníků (3. – 4.), mladé ročníky – zelené
	- bor - pouze špičky jehlic, žluté s přechodem do oranžové
	- posouzení chemické: listová analýza – vycházíme z <u>limitních a karetních hodnot</u>

Karetní (změny při výrazném nedostatku živiny) jevy:

dřevina		%						(mg . kg ⁻¹)		
		N	P	K	Ca	Mg	Mn			
smrk	optimum	1,3 – 1,7	0,13 – 0,25	0,5 – 1,2	0,3 – 0,8	0,08 – 0,3	50 – 500			
	karetní	1,0	0,1	0,2	0,05	0,06	30			
buk	optimum	1,9 – 2,5	0,15 – 0,30	1,0 – 1,5	0,3 – 1,5	0,15 – 0,30	30 – 100			
	karetní	1,1	0,1	0,4	0,05	0,08 (0,1)	10			
borovice		1,4 – 1,7	0,14 – 0,30	0,4 – 0,8	0,25 – 0,6	0,10 – 0,20	50 – 500			
modřín		1,6 – 2,3	0,15 – 0,30	0,5 – 1,1	0,6 – 0,9	0,12 – 0,30	35 – 200			
jedle		1,3 – 1,8	0,13 – 0,35	0,5 – 1,1	0,4 – 1,2	0,15 – 0,40	50 – 500			
douglaska		1,1 – 1,7	0,12 – 0,30	0,6 – 1,1	0,2 – 0,6	0,10 – 0,25	50 – 500			
tis		1,6 – 2,5	0,14 – 0,25	0,9 – 2,0	0,25 – 1,0	0,10 – 0,25	40 – 500			
dub		2,0 – 3,0	0,15 – 0,30	1,0 – 1,5	0,30 – 1,5	0,15 – 0,30	35 – 100			
javor		1,7 – 2,2	0,15 – 0,25	1,0 – 1,5	0,3 – 1,5	0,15 – 0,30	30 – 100			
bříza		2,5 – 4,0	0,15 – 0,30	1,0 – 1,5	0,3 – 1,5	0,15 – 0,3	30 – 100			
jasan		1,7 – 2,2	0,15 – 0,30	1,1 – 1,5	0,3 – 1,5	0,2 – 0,4	30 – 100			
lípa		2,3 – 2,8	0,15 – 0,30	1,0 – 1,5	0,2 – 1,2	0,15 – 0,30	35 – 100			
topol		1,8 – 2,5	0,18 – 0,30	1,2 – 1,8	0,3 – 1,5	0,2 – 0,3	35 – 100			

N	- důležitý při tvorbě <u>chlorofylu</u> - aminokyseliny → bílkoviny → protoplazma - N : K 2 : 1
P	- fruktifikace (příjem zvyšuje Ca ²⁺)
K⁺	- dělení a růst buněk - fotosyntéza - regulace vodního režimu - elasticita buněk - stimuluje PO ₄ ³⁻ , NO ₃ ³⁻ , Cl ⁻ - potlačuje Na ⁺ , Mg ²⁺ , Ca ²⁺ , Mn ²⁺ , NH ₄ ⁺
Ca²⁺	- je přijímán méně než K ⁺ , ale v půdě je zastoupen více než li Ca ²⁺ - stavební prvek - detoxikační efekt – váže, neutralizuje organické kyseliny - stimuluje NO ₃ ³⁻ , Cl ⁻ - potlačuje H ⁺ , Mg ²⁺ , NH ₄ ⁺

Vliv vegetace na stavby založené na objemově nestálých zeminách (jílech)

Jílovité horniny (zeminy) jejichž hlavním představitelem jsou jíly, jsou zeminy u nichž převážná část zrn je menší než 0,005 mm. Jíly (jílové minerály) jsou vrstevnaté silikáty, které se skládají z vrstev (dvou nebo tří), jež jsou schopné vázat do krystalové mřížky molekuly vody. Svým vznikem jsou jílovité částice zpravidla přemístěným produktem zvětvávání hornin a nerostů. Rozeznáváme tři hlavní skupiny jílových minerálů:

- skupina kaolinitu, hlavním představitelem je kaolinit vznikající rozkladem živců, minerály skupiny kaolinitu jsou schopny vázat jen poměrně malé množství vody a proto jejich objemové změny nejsou tak velké.
- skupina illitu, vznikají zvětváváním hornin obsahujících slídy, adsorpční a výměnná kapacita je větší než u předcházející skupiny, proto mohou vykazovat větší objemové změny.
- skupina montmorillonitu, strukturní mřížka těchto minerálů se skládá ze tří vrstev, které jsou pohyblivé, což způsobuje velmi vysokou adsorpční a výměnnou schopnost. Jíly obsahující vysoké procento minerálů této skupiny jsou význačně schopny bobtnání a smršťování.

Velmi zjednodušeně lze říci, pokud obsahují jíly více vody vzdálenost mezi jejich jednotlivými vrstvami se zvětšuje - jíly bobtnají, zmenšuje se pevnost vazeb - jíly měknou a naopak čím méně vody v krystalové mřížce obsahují, tím více se smršťují a tvrdnou. (zemina bude pevnější a její stlačitelnost bude menší). Z tohoto důvodu je pro naše účely nejdůležitější popisnou fyzikální vlastnost jílovitých zemin jejich **vlhkost** s faktorem sorpční schopnosti. Postupná změna pevnosti s přibývajícím vlhkostí se projevuje změnou stavu (**konzistence**). Dalšími důležitými charakteristikami jsou konzistence meze (tekutosti a plasticity) a jejich rozdíly (index plasticity). Ve skutečnosti jsou vlastnosti jílu ovlivňovány nejen absolutním obsahem vody, ale i relativním. Proto je dobré znát i porovnat zeminy a stupeň jejich vyplnění vodou, daný stupněm nasycení.

Je možné vyčlenit oblasti České republiky, kde bude zvýšená pravděpodobnost výskytu problémů při zakládání staveb. Jedná se o oblasti s výskytem jílových hornin, konkrétně oblasti křídových slínů, tercierních jílu severočeské pánve či neogenních jílu Moravy.

Jak již víme, fyzikální a mechanické vlastnosti jílovitých zemin jsou výrazně závislé na vlhkosti. Změna vlhkosti v půdě je dána poměrem srážek a **evaporace** (odpařování) a právě zde může hrát významnou úlohu vegetace. Vzrostlé stromy potřebují značné množství vody k regulaci teploty listů - **transpiraci** (dýchání) ve vegetačním období (asi 200 dní). V tomto období odebírají kořeny podzemní vodu z určité plošné oblasti ve svém okolí a při vhodných klimatických a prostorových podmínkách může vzniknout v oblasti jejich působení vlivem snížení vlhkosti v půdě tzv. **poklesová kotlina**. (obr.) A právě tato poklesová kotlina může mít za následek porušení statiky staveb založených na objemově nestálých zeminách.

Všeobecně se uvádí, že v našich podmínkách sahá vliv samotné **evaporace**

Obsah humusu (Hox)			
Hodnocení	H (ox)%	C (ox) %	
velmi nízký (slabě humózní)	do 1,7	do 1,0	
mírný (mírně humózní)	1,7-3,0	1,0-1,7	
střední (středně humózní)	3,0-4,5	1,7-2,6	
dobrý (humózní)	4,5-7,0	2,6-4,0	
vysoký (silně humózní)	7,0-10,0	4,0-5,8	
velmi vysoký (velmi silně humózní)	10,0-12,5	5,8-11,6	
humusové půdy (rašeliny)	12,5-25	11,6 -	
	nad 25		

dřevina	věk	N	P	K	Ca	Mg
g . strom ⁻¹ . rok ⁻¹						
sm	4	0,23	0,03	0,09	0,09	0,01
	70					
md	4	0,45	0,06	0,17	0,18	0,05
	70					
jd	4	0,11	0,02	0,05	0,08	0,01
	70					
bk	4	0,50	0,01	0,24	0,52	0,07
	70	45	5,2	11,3	62,2	8,0
db	4	0,51	0,09	0,24	0,44	0,06
	70	30	12,2	21,9	127	4,4
js	4	0,95	0,14	0,73	0,57	0,10
	70	83	5,0	12,3	89,0	40,0
ol	4	0,40	0,26	0,75	0,96	0,42
	70	34,0	2,0	3,0	42,0	18,0
jm	4	1,60	0,23	0,55	0,85	0,60
	70	95,0	9,0	9,5	110	80

hnojivo	živina									
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	MgO	suma	udržovací				
SilvamiX	10,3	16,4	6,3	5,0	38,0	bodová úprava Mg				
SilvamiX MG	9,0	13,0	6,0	17,0	45,0	start, zákl. hnojení				
SilvamiX Forte	17,5	17,5	10,5	9,0	54,5	úprava Mg, start				
SilvamiX A	18,0	17,5	4,0	13,0	52,5	kořeny, vyzrávání				
SilvamiX R	10,0	6,0	16,0	6,0	38,0	kořeny, vyzrávání				
SilvamiX J	4,5	5,5	20,0	5,5	35,5	kořeny, vyzrávání				
SilvamiX W	10,0	13,0	16,0	14,5	53,5	bodová úprava				
Kristalon-Special	18,0	18,0	18,0	3,0	54,0	proti chloróze				
Kristalon-Modrý	19,0	6,0	20,0	3,0	48,0	celkový vývoj				
Kristalon-Oranž.	6,0	12,0	36,0	3,0	57,0	kořeny, vyzrávání				
Kristalon-Žlutý	13,0	40,0	13,0	-	66,0	fruktifikace				
PG Mix	12-15	10-16	18-24	1-3	Mn, Cu	zákl. hnoj. substrátů				
						před výsadb				

(odpařování vody povrchem) maximálně do hloubky 2 m, hlouběji jen zcela výjimečně. **Transpirace** stromů způsobuje podstatně intenzivnější vysychání zeminy, zejména v klimaticky suchých obdobích, v nichž stromy mohou svými kořeny odsávat vodu z větších vzdáleností (obr. + tab.) a hloubek. Příklady ukazují, že stromy mohou v extrémních případech způsobit snížení vlhkosti zeminy i v hloubkách přes 10 m. Jeden samotný strom či na malé ploše soustředěná skupina vytváří u jílů poklesovou kotlinu přibližně trychtýřového tvaru (obr.). Liniově rozmístěná skupina vytváří poklesovou kotlinu tvaru úhlabí sledující osou zhruba křivku spojnice stromů. Pokud je stavba umístěna uvnitř této kotliny a základová spára není dostatečně hluboko (pod dosahem vysychání) může vegetace způsobit vážné narušení statiky budovy.

Faktory zvětšující účinky transpirace

Druhy, rozsah a velikost poruch na stavbách, jsou závislé na druhu stromu, na jeho vzrůstu, fyziologickém stavu, ale také na řadě dalších doplňkových faktorů. **Geologické poměry** uzení mohou účinky transpirace jak zhoršovat, tak zmiřňovat. Jsou-li jílly v podzákladě nakloněny může podzemní voda odtékat do větších hloubek, tím dochází k přirozenému úbytku vody v půdě a zvyšuje se riziko vysychání a v důsledku i riziko porušení staveb.

Umělé zásahy do hladiny podzemní vody (výkopy, jámy, jímky, drenáže ...) mohou též přispět k zhoršení vlhkostních poměrů a společně s transpirací stromů způsobovat porušení staveb i v místech kde předtím žádné problémy nebyly. **Zvýšená evaporace** může také být příčinou poruch, často první poruchy (praskliny) vznikají na nejvíce sluncem ozářených jižních a jihozápadních nárožích budov. Charakter povrchu terénu je také důležitý, je-li větší část okolního terénu upravena nepropustným krytem (asfalt, beton ...), srážková voda nemůže vsakovat do půdy, odtéká do kanalizace nebo se odpařuje, půda se vysušuje a stromy nemají dostatek vláhy a odebírají vlhkost z větších vzdáleností a hloubek. Podobný účinek může mít i udusání povrchu přirozeného terénu. **Při dlouhodobém suchu** též dochází k úbytku zásob vody v půdě a tím k relativnímu zvýšení účinků transpirace stromů. Nakonec připomenutí, že někdy dochází k **Antropogennímu aktivnímu vysoušení zemín**, např. různá tepelná podzemní vedení, ale i jiné (elektrosmoza) čímž dochází k místně omezenému vysoušení půdy.

Možnosti předvídání vzniku poruch

Z praxe jsou známy některé příznaky, které mohou signalizovat možnost vzniku poruch na budovách. **Klimatické znaky**, je pochopitelné že dlouhodobé sucho způsobuje snížení vlhkosti v půdě, ale v určitém rozmezí nemusí být rozhodující deficit srážek. Proto se používá pro vyjádření klimatických podmínek tzv. **Langův index**, který je vyjádřen poměrem úhinných ročních srážek k průměrné teplotě. Pokud je Langův index dlouhodobě podprůměrný zvyšuje se riziko poškození budov. Velmi důležité mohou být také **znaky na vegetaci**, jestliže zeminy vysychají stromy začnou trpět nedostatkem vláhy a časem dochází k jejich poškození: usychání větví, vršků, vysychání menších stromů ve skupinách, napadení parazity (ochmet). Tyto znaky na stromech jednoznačně ukazují na značné vysoušení půdy a tím i na nebezpečí vzniku poruch na blízkých budovách. Vysychání jílovitých zemín vykazuje též **znaky na terénu**, poklesy terénu (patné u budov), rozpraskání atd., ty též mohou sloužit jako indi-

kátor signalizující možnost poruch na budovách.

Z uvedeného vyplývá že je nutné posuzovat vždy každý případ zvlášť a to za účasti odborníků.

Obecně je možné doporučit, že bez podrobné inženýrsko-geologické a biologické studie by na objemově nestálých zeminách měly být listnaté stromy vysazovány nejméně ve vzdálenosti dvojnásobku jejich dospělé výšky od budovy. U jehličnanů a brzy ve vzdálenosti jejich dospělé výšky.