

# VITALITA STROMŮ

Miloš Pejchal

## 1. Úvod do problematiky

Vitalitu lze definovat jako schopnost organismů a jejich populací žít a obnovovat život v měnících se podmínkách prostředí (Petráčková – Kraus a kol., 2001). Je faktorem, který musí být brán v úvahu při jakémkoliv hodnocení stromů v zahradní a krajinářské tvorbě. Vyjadřuje se samostatně, nebo je součástí syntetických ukazatelů, jako je například tzv. sadovnická hodnota.

Životaschopnost je závislá na stáří a je ovlivněna jak genetickou výbavou, tak abiotickými, biotickými i antropickými faktory prostředí. Projevem vitality je obzvláště:

- výkonnost (růst, vývoj, rozmnožování a šíření),
- přizpůsobivost vnějšímu prostředí,
- odolnost vůči chorobám a škůdcům,
- regenerační schopnost,
- zdravotní stav (Ehsen, 1992; FLL, 1993).

Hodnocení vitality je mnohdy obtížné, protože v sobě zahrnuje i vývojové tendence jedince. Stanovuje se nepřímou, interpretací příslušných projevů, respektive ukazatelů vitality, které vyjadřují současnou odchylku struktury nebo funkce exempláře od "normálních poměrů". Můžeme k nim proto zařadit i zdravotní stav a poškození, jejichž podstatou je právě aktuální odchylka od normálu (Ehsen, 1992). Zjištění této odchylky a případné určení její velikosti je relativně snadné. Daleko komplikovanější je stanovení toho, jaké snížení vitality odchylku vyvolalo, nebo naopak, jak tato odchylka vitalitu snížila. Vzhledem ke komplikovanosti tohoto fenoménu se totiž jen obtížně hledá jednoznačný vztah mezi velikostí současné odchylky od normálu a stupněm vitality. Zásadní roli proto stále hraje zkušenost a cit pro stromy. Např. redukce listové plochy na polovinu normálního stavu může být jak odchylka vyvolaná výrazným snížením vitality v důsledku chronického působení nějakého stresového faktoru, tak i důsledkem jednorázového akutního poškození (pozdní mrazíky, listožravý hmyz, pesticidy atd.), které vitalitu nemusí významněji snížit. Při stanovování vitality je proto třeba posuzovat jedince co nejkomplexněji, tzn.:

- brát v úvahu co nejvíce ukazatelů vitality a vzájemně je konfrontovat,
- usilovat o získání časové řady údajů o projevech/ukazatelích vitality, získaných v určitých odstupech (obvykle několikaletých) dle stejné metodiky, neboť značně usnadňuje vývojové prognózy jedince, které jsou podstatné pro stanovení vitality,
- při posuzování ukazatelů vitality brát v úvahu:
  - stáří, respektive fázi ontogenetického vývoje jedince,
  - vnější podněty působící na jedince (vlastnosti stanoviště, choroby, škůdci atd. – jejich chronické, nebo naopak akutní účinky).

Jednodušší je obvykle porovnávat úroveň vitality (lepší, shodná, horší) mezi různými jedinci ve stejnou dobu, nebo u jednoho exempláře v časových odstupech, tzn. stanovovat tzv. *relativní vitalitu*, než odhadnout rozsah případného snížení vitality, tzn. stanovovat tzv. *absolutní vitalitu*, která je cennějším údajem.

Vzhledem ke specifickým vlastnostem stromů (především dlouhověkost, vytrvalost a mohutnost nadzemní části) může jejich vitalitu snížit, nebo až zánik způsobit, jak selhání fyziologického rázu (např. nižší produkce asimilátů než je jejich spotřeba, nevratné poškození chorobou), tak selhání biomechanické (vývrát, zlom). Vitalita dřevin, především pak stromů má proto aspekt:

- fyziologický a
- biomechanický, nebo-li statický (Ehsen, 1988, 1992; FLL, 1993).

Oba je nutné od sebe odlišovat, protože nejsou na sobě bezpodmínečně úzce závislé; platí to obzvláště pro hodnocení současného stavu a krátkodobější výhledy. Celková úroveň vitality je pak dána úrovní té složky, která je v horším stavu.

Pod pojmem vitalita bývá někdy rozuměna pouze její fyziologická složka, zatímco aspekt biomechanický je nahrazován nebo i ztotožňován s pojmem „**provozní bezpečnost**“. Tento přístup vychází z nepochopení rozdílů obou typů veličin a může být v určitých případech zdrojem problémů. Možné mechanické selhání je u biomechanického aspektu vitality třeba zvažovat jako možné snížení životaschopnosti jedince, zatímco u provozní bezpečnosti jako možné ohrožení jeho okolí (osoby, doprava, stavby ...). Znamená-li možnost prakticky každého významnějšího mechanického selhání snížení/ohrožení provozní bezpečnosti, nemusí tak tomu být ve vztahu k vitalitě. Např. lámavost mrtvých větví, popřípadě i živých větví na obvodu koruny se vůbec nemusí projevit ve snížení biomechanické složky vitality. Ve druhém z uvedených příkladů by někdy dokonce mohla tato redukce koruny vést ke snížení celkové větrné zátěže a tím i zvýšení mechanické odolnosti jedince. Strom mající např. na spodu koruny mrtvé větve jako důsledek porostního zápoje tedy může významně ohrožovat bezpečnost okolního prostoru, jeho životaschopnost však nemusí být z mechanických důvodů vůbec snížena. Oba pojmy je proto třeba pro jejich odlišný obsah rozlišovat a v mnoha případech je i účelné oba vyjadřovat. Společně mají to, že jsou interpretací „**biomechanických vlastností**“ jedince.

Biomechanické vlastnosti bývají v naší republice někdy též označovány, respektive interpretovány jako „**zdravotní stav**“. Vhodnost tohoto označení je diskutabilní, protože ve fytopatologii je používáno podstatně déle ve zřetelně odlišném významu. V rostlinolékařství vyjadřuje (Kúdela, 1989) případný výskyt a velikost aktuálních škodlivých odchylek od normálního stavu, označovaných jako „choroby“ - vyvolané patogenními organismy a „poruchy“ - způsobené jinými faktory jako genetická porucha, negativní abiotické faktory stanoviště, např. nedostatek živin; poruchy někdy součástí pojmu choroby. Podstatou a měřítkem normality je v tomto případě přiměřená energetická rovnováha organismu.

## 1.1. Fyziologická složka vitality

Vyjadřuje vztah životaschopnosti k možné fyziologické nedostatečnosti či fyziologickému selhání, respektive stupeň snížení či ohrožení životaschopnosti z těchto důvodů.

Dřeviny mohou existovat pouze za předpokladu, že:

- **stále přirůstají** a vytváří tak každoročně nové vrstvy dřeva, lýka, novou listovou plochu atd. jako náhradu za starší části, které ztratily svou funkčnost,
- **jsou schopné reagovat na nejrůznější vnější podněty** (změny stanovištních podmínek, mechanické poškození, choroby a škůdce apod.) (Schigo, 1990).

K tomu potřebují energii, kterou mají k dispozici pouze tehdy, když je dostatečný tzv. čistý výnos fotosyntézy. Se vzrůstajícím věkem a současně i velikostí jedince se stále zvyšuje potřeba energie, a to rychleji, než roste její produkce. Dochází tak k tomu, že i na optimálním stanovišti se pozvolna zhoršuje schopnost přizpůsobovat se změnám vnějšího prostředí, bránit se různým poškozením, chorobám a škůdcům - zhoršuje se fyziologická vitalita. Projevy tohoto procesu u dlouhověkých dřevin se však na optimálních stanovištích začínají vyskytovat až v poměrně vysokém věku. Např. u *Fagus sylvatica* to nebývá dříve než ve stáří kolem 150 až 160 let (Roloff, 1989a, 1989b). Objeví-li se tyto příznaky dříve, jedná se o snížení vitality způsobené nepříznivými vnějšími podněty.

## 1.2. Biomechanická složka vitality

Vyjadřuje vztah životaschopnosti k možnému mechanickému selhání (vývrát a zlom), respektive stupeň snížení či ohrožení životaschopnosti v důsledku tohoto selhání. To je významným aspektem péče o stromy. Zásadní důležitost má přitom skutečnost, že mechanická selhání můžeme rozdělit na:

- **nepředvídatelná** a
- **předvídatelná** (Mattheck a Breloer, 1993a).

**Nepředvídatelná selhání** je nutno považovat za důsledek "vyšší moci". Dochází k nim:

- S určitou (malou) pravděpodobností i u zcela bezchybných zdravých stromů, jako přirozená cena za energii šetřící lehkou stavbu, která je příznivá pro zachování druhu v přírodním výběru. Uspořádaná energie využita ke zvýšení konkurenční schopnosti: větší výška, rychlejší růst, zvýšená reprodukce ap.
- V důsledku zhoršení mechanických vlastností dřeva, jež zkřehne, ale jeho tuhost se nezmění. Strom v tomto případě "nemá důvod" k tzv. opravnému růstu a nevytváří tedy ani vizuálně postihnutelné symptomy možného selhání (viz kap. 2.2.5.2). K tomuto jevu dochází v důsledku stárnutí a také v počátečních fázích některých druhů hnilob dřeva. Uvedené zhoršení vlastností dřeva lze sice prokázat "Fraktometerem" (viz kap. 2.2.3.), pro destruktivnost metody je však tento postup obvykle reálné aplikovat pouze k "rehabilitaci" pracovníka odpovědného za strom, který již mechanicky selhal.

Za **předvídatelná selhání** nesou (měli by nést) správci zeleně odpovědnost. Proto je nutné pravidelné kontroly stromů ze země. Jejich potřebné časové odstupy závisí od stavu stromů, stanoviště a tamního provozu (Breloer 1994, Arbeitskreis Stadtbäume der GALK-DST 2001). Předvídatelná selhání způsobuje řada faktorů, především mechanická poškození, hniloby a dutiny, nepříznivá geometrie kmenu, chyby ve větvení nadzemní části a nepříznivá poloha jejího těžiště. K vývratu nebo zlomu může proto dojít i u relativně mladých jedinců. Místa možného selhání (odchyly od normálu) lze rozpoznat; předpokladem k tomu je dostatek znalostí a zkušeností, popřípadě i určité technické vybavení. Daleko obtížnější je ovšem, jak už bylo výše naznačeno, stanovit míru a časové parametry hrozícího nebezpečí, tedy stupně biomechanické vitality.

### 1.3. Stupně vitality

V praxi se vžilo nejčastěji pětistupňové hodnocení, označované čísly:

- 0 až 4 (např. Dujesiefken, 1994), nebo
- 1 až 5 (např. Höster, 1993).

Dále využívána první z uvedených variant.

#### **Stupeň 0: optimální**

Stromy bez poškození, nebo jen s nepatrnými odchylkami od optima, s dobrým předpokladem dlouhodobého zachování tohoto stavu.

#### **Stupeň 1: mírně snížená**

Stromy mírně poškozené, respektive vykazující mírné odchylky od optima. Fyziologická složka vitality se u mladších a středně starých exemplářů může s velkou pravděpodobností vrátit ke stupni 0, pominou-li vnější negativní vlivy. Biomechanické vlastnosti jsou ještě natolik nenarušené, že dávají předpoklad i dlouhodobé existence.

Některé mírné odchylky od optima, dle kterých se usuzuje na fyziologickou vitalitu, nemusí vždy znamenat její skutečný pokles. Týká se to především listové plochy, jejíž mírné zmenšení, určitá změna barvy atd. mohou být přechodnou záležitostí, vyvolanou např. suchým rokem, pozdními mrazíky nebo silnou plodností. U tohoto stupně vitality (fyziologické) nemusí proto někdy všechny její dílčí ukazatele navzájem korelovat (Braun, 1990, Tiedtke-Crede, 1992, Dujesiefken, 1994).

#### **Stupeň 2: středně snížená**

Stromy výrazně poškozené, respektive vykazující výrazné odchylky od optima, jejich existence však není bezprostředně ohrožena. Fyziologická složka vitality se ještě může u mladších a středně starých stromů ve větším nebo menším rozsahu zlepšit, pokud se podstatně omezí nebo zcela odstraní vnější negativní vlivy; za těchto podmínek lze u nich očekávat alespoň střednědobou existenci. Biomechanické vlastnosti umožňují, někdy za předpokladu použití speciálních opatření (např. vázání koruny), střednědobou existenci, u mladších exemplářů s nesníženou fyziologickou vitalitou až existenci dlouhodobou.

#### **Stupeň 3: silně snížená**

Stromy velmi silně poškozené, respektive vykazující velmi silné odchylky od optima, jejich existence ohrožena bezprostředně, nebo během poměrně krátkého období. Možnost zlepšení fyziologického

aspektu vitality je málo pravděpodobná. Biomechanické vlastnosti, i za předpokladu v praxi používaných speciálních opatření (možný přínos však již často neodpovídá vloženým nákladům), umožňují nanejvýš krátkodobou existenci.

#### **Stupeň 4: žádná**

Stromy (prakticky) bez projevů fyziologické vitality, popřípadě vyvrácené nebo zlomené. Případná schopnost zregenerovat nadzemní část jedince výmladky z báze kmenu nebo kořenů není brána v úvahu, protože se z pohledu funkce v zahradní a krajinářské tvorbě jedná o "nového jedince".

Oba aspekty vitality je možné vyjadřovat samostatně, nebo pod pojmem "vitalita" souhrnně. Ve druhém případě je pak pro hodnocení rozhodující úroveň té složky, která je v horším stavu.

## **2. Hodnocení vitality**

K posuzování obou složek vitality je možné použít hodnocení:

- vizuální,
- pomocí nástrojů, přístrojů a laboratorních metod.

**Hodnocení vizuální** je relativně jednoduché, rychlé a nepoškozuje stromy. Ve většině případů je dostačující, proto by se jím mělo vždy začínat. Nejvhodnější doba je obvykle červen až srpen. Je účelné ještě jedno doplňkové hodnocení v době opadu listů, protože vitální jedinci drží déle listy než zeslabení a v této době se také tvoří plodnice některých dřevokazných hub.

**Hodnocení pomocí nástrojů, přístrojů a laboratorních metod** je obvykle komplikovanější, časově i finančně náročnější a některé jeho způsoby mohou zkoumané stromy poškozovat. Je ho většinou účelné použít až v tom případě, kdy vizuální hodnocení upozorní na snížení vitality a není samo schopno určit jeho rozsah, popřípadě jeho příčinu. Je si třeba uvědomit, že *problémem tohoto způsobu hodnocení, především přístrojového, je:*

- *správná interpretace zjištěných hodnot*, vyžadující:
  - dostatečné technické znalosti,
  - (především) dostatečné biologické znalosti a cit pro stromy,
  - dostatek zkušeností s příslušnou metodou,
  - pochopení vypovídací hodnoty získaných údajů, které v některých případech nejsou jednoznačné a tedy použitelné bez přihlédnutí k dalším způsobům hodnocení;
- *používání i v těch případech, kdy to není nezbytně nutné:*
  - přístroje si na sebe musí vydělat,
  - snaha udělat na zákazníka větší dojem.

S hodnocením vitality musí bezprostředně souviset posouzení stanovištních podmínek, které rozhodujícím způsobem ovlivňují její úroveň a jejichž poznání je prvním předpokladem k případné nápravě.

### **2.1. Fyziologická složka vitality**

#### **2.1.1. Vizuální hodnocení**

Lze využít především následující projevy a ukazatele:

##### **a) Olistění**

Nejdůležitější je ztráta listové plochy, vztažená ke stavu, jež je charakteristický pro daný taxon v optimálních stanovištních podmínkách od fáze juvenilní až do fáze dospělosti/zralosti, kdy se ještě neobjevují příznaky snížené vitality v důsledku stárnutí. Rozsah ztráty je možné vyjádřit například

pomocí stupnice, používané jednotně od roku 1983 v Německu, která koresponduje s výše uvedenými stupni vitality (např. Wawrik – Malek, 1992; Tauchnitz, 1992; Tiedtke-Crede, 1992; Dujesiefken, 1994): *stupeň 0* ... ztráta olistění 0 - 10 %, *stupeň 1* ... 11 - 25 %, *stupeň 2* ... 26 – 60%, *stupeň 3* ... 61 – 99 %, *stupeň 4* ... 100 %. Posuzuje se horní, případným zápojem neovlivněná část koruny. Jako pomůcky k tomu lze využít obrazové vzorníky ztráty listové plochy (např. Bosshard, 1986).

U dalších vlastností olistění už nelze tak jednoznačně vyjádřit jejich vztah ke stupni vitality, slouží proto především jako ukazatele doplňkové. Jedná se např. o velikost jednotlivých listů, jejich zbarvení, rozsah případných nekrotických a předčasný opad.

Výhodou tohoto způsobu hodnocení je především to, že rychle reaguje na náhlé snížení vitality, např. v důsledku tracheomycózního onemocnění. Nevýhodou pak je skutečnost, že určité menší odchylky od normálu nemusí znamenat sníženou vitalitu (viz výše) a u opadavých taxonů je použití nemožné mimo vegetaci.

### **b) Architektura/struktura koruny**

V našem oboru využitelný především tzv. fázový model růstu výhonů, který zpracoval Roloff (1989a, 1989b, 2001) pro 16 v Evropě významných listnatých stromů, smrk ztepilý a borovice lesní. Je založen na poznatku, že pro různé stupně vitality je charakteristický rozdílný poměr mezi dlouhými a krátkými výhony, a tím i různý charakter architektury koruny. Jeho čtyři fáze výrazně korespondují s prvními čtyřmi stupni vitality. Hodnocení je opět prováděno v horní, zápojem neovlivněné části koruny, a to následujícím způsobem (viz obr. 1):

*Stupeň 0 - fáze explorace* ... Vrcholové a horní postranní pupeny tvoří každoročně dlouhé výhony (makroblasty). Koruna hustá, zaoblená a síťovitě zavětvená hluboko dovnitř. Husté olistění bez větších mezer, zasahující opět hluboko do vnitřku koruny.

*Stupeň 1 - fáze degenerace* ... Z terminálního pupenu se ještě každoročně tvoří dlouhé výhony (i když poněkud kratší), ze všech postranních pupenů však již vznikají, prakticky bez výjimky, pouze krátké výhony (brachyblasty). Tím se ochuzuje zřetelně větvení a vznikají "rožně". Koruna je na okraji rozřepená (vyčnívají z ní jednotlivé "rožně"). Ve vnitřku koruny je větvení a tím i olistění poměrně husté. Až do tohoto stupně vitality převažují na okraji koruny ještě přímé a průběžné hlavní osy vrcholových výhonů.

*Stupeň 2 - fáze stagnace* ... Všechny pupeny, včetně vrcholových, tvoří pouze krátké výhony. Tím ustává prakticky větvení (krátké výhony se většinou nevětví) a výškový přírůst stromu. Rovné a průběžné větve na okraji koruny chybí a jsou nahrazeny "pařátovitými" větvemi. Řetízky krátkých výhonů s chomáčem listů na konci se za vegetace snadno lámou. V důsledku toho se vnitřek koruny nápadně prosvětluje, výhony s listy nahloubené v tenké vrstvě na okraji koruny a chomáčovitě uspořádány. To vede ke vzniku štětcovitých struktur a větších mezer v koruně.

*Stupeň 3 - fáze rezignace* ... Vylamují se větší větve a odumírají celé partie koruny, včetně vrcholové, pokračuje prosvětlování zbylých částí. Koruna se rozpadá na izolované "dílečky koruny" a kostrovatí.

Předností tohoto způsobu hodnocení je jeho využitelnost i mimo vegetační období. Dále pak i to, že stanovení vitality není komplikováno některými dočasnými odchylkami od normálu (viz olistění). Je to dáno tím, že pro jednotlivé stupně vitality charakteristické větvení koruny se zformuje až po několika letech. Mimořádný rok, ve kterém se vytvořily pouze krátké výhony, lze poznat jen při podrobné analýze jednotlivých větví, celkový charakter koruny se však nemění. Důsledkem uvedené skutečnosti je ovšem i to, že změny vitality lze takto zjistit jen s určitým zpožděním a pro náhlý pokles vitality v důsledku nevratného akutního poškození jsou možnosti této metody velmi omezené. Použití metody může komplikovat přítomnost většího množství výmladků, viz část g).

Z obdobných východisek, jako má Roloffem vypracovaná metodika, vychází i Gleissner (1995 – 1996, 1999, 2001). Vitalita posuzována na základě následujících ukazatelů: a) potlačené postranní větvení hlavních výhonů, b) předčasná ztráta postranních výhonů, c) tvorba kompenzačních výhonů z preventivních pupenů, d) redukovaná délka hlavních výhonů, e) zmenšený podíl hlavních výhonů, f) vodorovně ohnuté hlavní výhony. Přesná, ale především na hodnocení ze země obtížnější pozorovatelných detailů zaměřená metodika. V praxi proto poněkud obtížněji využitelná.

Z charakteru architektury koruny vycházející, ale jednodušší a méně přesnou metodu než výše uvedené, publikoval Braun (1990) (viz obr. 2).

Jako doplňkový, respektive dílčí ukazatel může sloužit *délka ročního přírůstu hlavních výhonů* (viz výše). Přednosti a nedostatky jsou obdobné jako u olistění. Použití však do jisté míry komplikuje



rozdílné chování dřevin s tzv. vázaným a volným růstem (Roloff, 1989b; Bartels, 1993). U první skupiny je výhon v pupenu zcela založen již v předešlém roce, jeho růst je ukončen obvykle za 2 až 4 týdny a předcházející rok má také rozhodující vliv na jeho délku (např. dub, buk, habr, jasan, javor, jírovec, trnovník, lípa, třešeň, borovice). U druhé skupiny se výhon tvoří převážně nově v roce rašení a růst probíhá kontinuálně po celou vegetaci, která má na něj také rozhodující vliv (např. topol, vrba, olše, bříza, modřín).

### c) Proschnutí koruny

Hodnoceno opět v zápojem nebo obdobně působícími faktory neovlivněné části koruny. Příklad možného klasifikátoru (Pejchal a Šimek, 1996):

Stupeň poškození:

0 ... Prosychání žádné nebo nevýznamné.

1 ... Víceméně rovnoměrně rozložené prosychání korunového pláště, redukující ho maximálně do 20%, zahrnující nejmladší 1 až 2 leté výhony.

2 ... Víceméně rovnoměrně rozložené usychání slabších, 3 a víceletých větví, redukce korunového pláště nepřesahuje 50%.

3 ... Odumírání části kosterních větví a tím i celé části koruny, redukce korunového pláště je větší než 50%; v případě, že odumírání soustředěno na vrcholovou partii koruny, může být i poněkud menší.

4 ... Mrtvý strom.

Uvedené stupně poškození, alespoň v hrubých rysech, korespondují se stupni vitality, zvláště jsou-li důsledkem chronického působení nepříznivých faktorů. Podobně jako u olistění však nemusí mírné proschnutí (stupeň 1) znamenat vždy její snížení. Platí to pro zmrazání nevyzrálých špiček jednoletých výhonů některých dřevin (např. *Celtis occidentalis*), pro mechanické i jiné zničení nejmladších výhonů nebo jejich částí apod. Náhlý pokles vitality lze tímto způsobem zjistit později než na základě olistění, avšak dříve než dle charakteru zavětvění koruny.

### d) Paraziti

Z napadení stromu parazitem lze odvodit, že:

- důsledkem tohoto napadení již je, nebo může nastat, snížení jeho fyziologické vitality (např. grafioza jilmů);
- napadení je důsledkem z jiných příčin snížené fyziologické vitality a na jejím dalším snižování se může podílet, nebo také nemusí (např. některé sapro-parazitické houby: václavka obecná, troudnatec kopytovitý, troudnatec pásovaný, lesklokorka ploská).

Stanovit přesněji dopad výskytu parazitické choroby nebo poškození na tento aspekt vitality je často velmi obtížné i pro specialisty. Proto by měly být napadené exempláře, kde je pravděpodobné výrazné zhoršení vitality, průběžně sledovány. Z tohoto důvodu je třeba věnovat pozornost těm případům, kdy obvykle dochází k nevratným poškozením a je pravděpodobný jejich další rozvoj (např. grafioza jilmů a bakteriální spála růžovitých).

### e) Poranění kořenových náběhů, kmenu a větví

Jedná se o poranění nejružnějšího původu (např. stržení kůry), která způsobí, že příslušné partie lýka a dřeva ztratí svou vodivou funkci, mající základní význam pro fyziologickou vitalitu dřevin. Důležité je především, jak velká část obvodu postižené partie stromu je poškozena. Na základě toho byly vypracovány klasifikátory stupně poškození, inspirované německými a švýcarskými metodikami oceňování stromů. Např. Tauchnitz (1992) uvádí následující hodnoty pro jednotlivé stupně poškození: 0 - bez poškození, 1 - poškození do 15%, 2 - do 30%, 3 - do 45%, 4 - nad 50% obvodu kmenu.

Bezprostřední vztah mezi těmito stupni poškození a stejnými stupni vitality však pravděpodobně neexistuje. Např. Höster (1993) uvádí, že u stromů, které měly strženou kůru na více než 60% obvodu kmenu (dle výše uvedeného hodnocení "totálně" poškozené), došlo nejdříve k určitému proředění koruny, později však bylo olistění obdobné jako u nepoškozených stromů.

### f) Reakce na poranění

Dobře pozorovatelným ukazatelem fyziologické složky vitality je především tvorba kalusu na okrajích ran. Jeho vyhodnocení však vyžaduje velkou dávku znalostí, zkušeností a „citu“ pro stromy.

### g) Výmladky

Tvorba výmladků (vlků) může být ukazatelem výrazně snížené vitality, ale také projevem vitálních stromů, reagujících např. na uvolnění ze zápoje nebo mechanické poškození. Četné výmladky mohou být i naprosto normální součástí architektury stromu (např. kmenové u *Ulmus laevis* a kořenové u *Pterocarya fraxinifolia*). K správnému posouzení tohoto jevu jsou nutné obdobné předpoklady jako u předchozího nebo i následujícího ukazatele.

Chybná interpretace vitality v souvislosti s tvorbou výmladků může nastat především v následujících dvou případech:

- Formování rozsáhlejší sekundární koruny z výmladků po uvolnění z porostního zápoje na kmenu a bázích kosterních větví primární koruny může vést k určitému potlačení (v krajním případě až odumření) koruny primární. Příznaky výraznějšího snížení vitality, viz výše zmíněné ukazatele a) až c), které tyto koruny často vykazují, je však třeba interpretovat velmi opatrně. **Pozorování** ukazují, že mladší jedinci mohou kvalitu primární koruny časem zlepšit, popřípadě že jsou schopni dlouhodobé existence i po úplném odumření primární koruny.
- Opačný případ může nastat, když se vytváří výmladky v periferní části primární koruny, respektive do ní zasahují. Jejich tvorba může být vyvolána jak výraznějším snížením vitality, tak např. mechanickým poškozením primární koruny. (Relativně) juvenilní charakter těchto výmladků „vylepšuje“ především výše uvedené ukazatele a) a b). Stejně jako v předešlém případě je nutno posuzovat jedince co nejkompaktněji (viz kapitola 1.). Přihlížet je třeba především jak k věku a vývojovému stádiu exempláře, tak faktorům stanoviště, obzvláště negativním.

### h) Abnormální kvetení nebo plodnost

Pouze jako doplněk jiných ukazatelů. Nutná znalost květní biologie (dvojdmost, cizosprašnost), biologie semen, atd.

### i) Závěr

Některé uvedené ukazatele fyziologické vitality se sice mohou zčásti překrývat (charakter větvení koruny a její proschnutí), nejsou však totožné a navzájem se doplňují. Hodnotitel by je měl proto brát v úvahu, pokud možno, všechny. Jinou věcí je, zda-li musí být samostatně vyjadřovány. Pro běžnou potřebu obvykle stačí i jediný souhrnný údaj, označující stupeň vitality. Tento však nelze stanovit mechanicky, "zprůměrováním" jednotlivých ukazatelů.

Často jsou pro hodnocení využívány víceméně univerzální klasifikátory, kombinující co nejvíce výše uvedených ukazatelů. Lze však vypracovat klasifikátory vitality určené pro jednotlivé rody a druhy dřevin. Pro dub letní a zimní a pro buk je uvádí např. Hermann (1993), pro lípy, duby a jírovce Kowol (1999), pro buk a platany Wohlers (2000), pro javory, topoly a trnovník Wohlers (2001a) pro jeřáby a jasany Kowol (2002) a pro břízy, třešně a vrby Wohlers (2005).

## 2.1.2. Přístrojové a laboratorní metody hodnocení

V praxi mají význam především následující:

### a) Letokruhová analýza

K přednostem této metody patří, že letokruhová křivka, nověji nazývaná polygon šířek letokruhů, umožňuje:

- stanovit tendenci ve vývoji vitality;
- stanovit zpětně dobu výrazného poklesu vitality, a tím často i jeho příčinu;
- odebraný vzorek dřeva slouží jako doklad.

Za nedostatky této metody lze považovat (Höster, 1993):

- již nezanedbatelné poškození stromu při odběru vzorku dřeva (používat jen ve skutečně nezbytných případech a pouze jeden vývrt z exempláře);
- omezenou použitelnost u mladších stromů do 40 až 50 let (tloušťka letokruhů reaguje na symptomy poškození citlivěji až po překročení maxima tloušťkového přírůstu, vrcholícího nejčastěji asi ve věku 25 až 30 let).

Ze šířek letokruhů je obtížné přímo usuzovat na stupeň vitality, spíše vyjadřují relativní vitalitu. Existující zkušenosti však ukazují, že dlouhodobější pokles šířky letokruhů pod 1 mm způsobuje stromu velké problémy (omezené možnosti transportu vody a ukládání zásobních látek) a jeho rekonvalescence je málo pravděpodobná (Höster, 1993).

#### **b) Měření elektrického odporu v kambiální oblasti**

Přístroji různých výrobních značek (např. "Condiometer", "Mervit") se pomocí dvojité jehlové sondy stanovuje elektrický odpor v kambiální oblasti kmenu. Měří se tzv. relativní vitalita (čím vyšší odpor, tím nižší úroveň). K zajištění přesnějších výsledků musí být zprůměrovány výsledky více měření u jednoho stromu. Vitalita se dá pomocí této metody diferencovat pouze v rámci jednoho druhu, při stejných stanovištních podmínkách a jen ve stejném stadiu vegetace (Torelli, 1999). Protože však i tento postup způsobuje zřetelné poškození v kambiální oblasti a nemohou být činěny bezprostřední závěry o absolutní vitalitě, nedoporučuje Höster (1993) přístroj, pokud možno, používat. Zkušenosti z aplikace metody v našich podmínkách viz Jura (2000).

#### **c) Barevná infračervená fotografie**

Založena na tom, že listy zeslabených dřevin (s nižším obsahem chlorofylu) odráží méně infračerveného záření než listy zdravých stromů. Na leteckých snímcích mají plně vitální dřeviny červenou barvu korun, zatímco u zeslabených je bledě červená, popřípadě má i šedý, hnědý nebo zelený nádech. V interpretačních klíčích, využívaných k vyhodnocování snímků, se vedle barvy bere i úvahu i architektura/struktura koruny (viz např. Roloff, 1989a, 1989b, 2001; Braun, 1990). Nejvhodnější doba pro snímkování je obvykle konec srpna.

Výhodou tohoto šetření je především:

- zachycení všech stromů i na velkém území ve stejné fázi vegetace,
- nižší pracovní náklady při hodnocení velkých území,
- relativně snadné srovnání vitality v různých letech (trend ve vývoji vitality).

Metoda má i určitá omezení, spočívající v následujících skutečnostech:

- společný interpretační klíč pro všechny listnáče zvyšuje pravděpodobnost chyb; řešením je klíč pro jednotlivé druhy (kterých v ulicích není mnoho), předpokládá to však znát jejich přesnou lokalizaci, nebo dodatečný terénní průzkum, čímž se ovšem ztrácí jedna z výše zmíněných předností;
- chybná interpretace z dalších důvodů:
  - změny olistění neznamenající pokles vitality (viz kap. 2.1.1.),
  - odrůdy s odlišnou barvou listů a bělavé spodky listů za větru,
  - květy nebo násada plodů v době snímkování,
  - reflexní vlastnosti půdy u řídce olistěných stromů,
  - jednotlivé poškozené větve ve vrcholu jinak normální koruny;
- vysoké technické nároky na fotografování:
  - kvalitní a jednotný fotografický materiál,
  - ideální slunečné počasí bez oparu a co nejvýše postavené slunce (nejlepší osvětlení a nejkratší stíny);
- nelze hodnotit biomechanický aspekt vitality a většinou ani detailní vlastnosti stanoviště.

Pro výše uvedené skutečnosti se tato metoda hodí především k získání přehledu o celkovém stavu fyziologické složky vitality na velkých územích. Pozemní průzkum jednotlivých stromů nemůže nahradit, je však jeho vhodným doplňkem.

#### **d) Laboratorní metody**

Mohou především sloužit k:

- přesnému určení parazita,



- **určení neznámých nebo potvrzení předpokládaných negativních faktorů stanoviště** (rozbory půdy, vody, vzduchu, listů a jiných částí dřevin),
- **stanovení fyziologické vitality** (možné metody, např. analýza složení mízy, jsou nákladné a jejich vypovídací hodnota je poměrně malá, podobně jako např. u elektrického odporu kambialní zóny).

## 2.2. Biomechanická složka vitality

K posuzování této složky vitality je možné použít:

- vizuální hodnocení,
- jednoduché diagnostické nástroje,
- diagnostické přístroje,
- laboratorní diagnostické metody,
- integrované biomechanické (statické) diagnostické metody.

### 2.2.1. Vizuální hodnocení

Vztah mezi rozsahem defektu a stupněm biomechanické vitality se stanovuje obtížněji než u vitality fyziologické. Ještě více zde proto vystupuje význam zkušenosti a citu pro stromy. Pomůcky k vizuálnímu rozpoznání a interpretaci symptomů možného biomechanického selhání stromů, jaké např. uvádí Siewniak - Kusche (1994) nebo Mattheck (1995), mohou být proto jen hrubým vodítkem!

Je si třeba všimnout především následujících příčin nebo symptomů možného snížení biomechanických vlastností stromů, a to v jejich vzájemných souvislostech:

#### 2.2.1.1. Poranění

Mechanické, tepelné či popřípadě i chemické poranění mohou vyvolat abiotičtí, biotičtí i antropičtí činitelé. Jedná se obzvláště o:

##### **a) Povrchové poranění**

Poranění zasahující až do kambia nebo nejmladších letokruhů dřeva. Představuje především potenciální nebezpečí (vstupní brána pro dřevokazné houby).

##### **b) Poranění zasahující do hlubších vrstev dřeva**

Může vyvolat výrazné zhoršení biomechanických vlastností stromu okamžitě, nebo za spolupůsobení dřevokazných hub v poměrně blízké budoucnosti. K nejčastějším defektům tohoto typu patří trhliny. Mattheck (1995) v této souvislosti cituje některé americké autory, kteří je považují za nebezpečné, když:

- alespoň jedna trhlina prochází diametrálně kmenem a je vidět klouzavý pohyb obou jeho polovin,
- dvě nebo více trhlín se nachází v tomtéž průřezu a v blízkosti hniloby nebo dutiny,
- trhlina se nachází v blízkosti dalšího defektu,
- trhlina se nachází ve větvi, která je silnější než 10 cm,
- trhlina vychází z tlakové vidlice se zarostlou kůrou.

Další údaje viz též obr. 7.

### 2.2.1.2. Hniloby a dutiny

Při jejich posuzování je rozhodující:

**a) Rozsah,** přičemž důležitá je především tloušťka stěny zbylého zdravého dřeva. Mattheckem zmiňovaní američtí autoři uvádí, že strom s úplnou korunou může selhat, když 70 % a více poloměru kmenu má dutinu nebo hnilobu; další údaje viz kap. 2.2.5.2.

**b) Lokalizace, přičemž nebezpečné jsou především:**

- na staticky nejvíce namáhaných místech, jako jsou báze kmenu, větví a kořenů a místa jejich větvení,
- na staticky nejdůležitějších obvodových partiích kmenu, větví a kořenů (široce otevřené dutiny nebo hniloby postihující vrchní bělovou vrstvu dřeva),
- v blízkost jiných defektů.

**c) Agresivita dřevokazné houby (viz níže).**

Na uzavřené dutiny nebo hniloby může upozornit zdánlivě nadměrné ukládání dřeva v podobě boulí, prstenců nebo lahovitě ztlustlé báze kmenu (viz kap. 2.2.5.2).

### 2.2.1.3. Dřevokazné houby

Rychlost, se kterou rozkládají dřevo, a tak způsobují výše uvedené hniloby a dutiny, je důležitá pro posouzení jejich nebezpečnosti a předpověď vývoje biomechanických vlastností stromu. Rychlejší rozklad dřeva způsobují především druhy s jednoletými plodnicemi (Tiedtke-Crede, 1992). Orientační rozdělení druhů dle stupně agresivity uvádí Höster (1993).

Vedle otevřených dutin a hnilob a nadměrného ukládání dřeva mohou na napadení dřevokaznými houbami upozornit (Tiedtke-Crede, 1992):

- plodnice (vyrůstají-li z místa odumřelých nebo odříznutých větví, jedná se pravděpodobně o méně nebezpečnou jádrovou hnilobu, nachází-li se mimo tato místa, naznačuje to, že je zasažena i běl);
- plodnice vyrůstající z kořenového prostoru stromu (nemusí vždy znamenat napadení kořenů - nutné proto přesné určení houby);
- dřevěný prach vystupující z trhlin borky poukazuje na ohroženou biomechanickou vitalitu (např. sírovec žlutooranžový u dubu);
- výtoky z dutin a trhlin.

Další informace o dřevokazných houbách a jejich vlivu na biomechanickou složku vitality viz např. Lederer (1998), Schwarze aj. (1999), Wohlers aj. (2001b), Weber a Mattheck (2001).

### 2.2.1.4. Nepříznivé umístění těžiště

Může se jednat o:

**a) Posunutí průmětu těžiště mimo bázi kmenu**

Obvykle důsledek naklonění stromu nebo asymetričnosti koruny. Výše zmiňovaní američtí autoři považují za nebezpečné takové jinak zcela bezdefektní stromy, které se naklání o více než 45 stupňů. Možné selhání nakloněných kmenů nebo i větví naznačuje i borka, která se na jejich horní straně nadměrně odlupuje nebo nepřírozeně puká, na spodní straně pak krabátí (viz též kap. 2.2.5.2).

**b) Umístění těžiště vysoko nad zemí**

Většinou v důsledku výrazného vyvětvení koruny odspodu.

### 2.2.1.5. Chybné větvení

Jde především o:

#### a) *Vidlicovité větvení kmenu a kosterních větví, přičemž:*

- "V" vidlice (tzv. tlakové vidlice), obzvláště se zarostlou kůrou (k čemuž inklinují), jsou podstatně více ohroženy rozlomením než
- "U" vidlice (tahové vidlice).

**b) Přeslenité postavení kosterních větví u listnatých stromů** (zanedbaný výchovný řez, druhová vlastnost - např. *Tilia tomentosa*).

**c) Větvení související se vznikem sekundární koruny v důsledku silné redukce koruny primární (hluboké seříznutí, výrazné poškození větrem atd.);** pokračováním zakrácené osy primární je větší množství „štětkovitě“ uspořádaných os sekundárních, v místě jejich nasazení jsou obvyklé hniloby.

### 2.2.1.6. Nepříznivá geometrie kmenu

Příliš štíhlý a málo spádný kmen vzniká především v těsném porostním zápoji. Nebezpečí vzrůstá především při uvolnění jedinců ze zápoje, ve kterém si vzájemně poskytují ochranu a oporu.

### 2.2.1.7. Příznaky v kořenovém prostoru

Trhliny v půdě a její nadzvedávání v kořenovém prostoru naznačují akutní nebezpečí vývratu. Všimát si je třeba dále všech možných příznaků redukce kořenového systému, jako jsou např. výkopy, neprodyšné překryvy půdy a sektoriální odumírání částí koruny. Mattheck (1995) cituje některé americké práce, dle kterých je strom ohrožen vývratem, když chybí nebo má hnilobu více než třetina kořenového systému, respektive pokud je takto poškozena více než polovina kořenů uvnitř korunového okapu (viz též kap. 2.2.5.2).

### 2.2.1.7. Závěr

Důležitým závěrem vizuálního hodnocení biomechanického aspektu vitality je i vyjádření požadavku na případné potvrzení zjištěných symptomů dále uvedenými metodami.

## 2.2.2. Jednoduché diagnostické nástroje

#### a) *Kladívko*

Asi stogramové gumou nebo plastikem potažené kladívko. Lehkým poklepem od báze kmenu spirálovitě nahoru může být dle rozdílného zvuku zjištěna rozsáhlejší dutina.

#### b) *"Špice" z jízdního kola*

Vsunutím do škvír a trhlín lze zjistit jejich hloubku a případnou souvislost s hnilobou nebo dutinou. Háčkem na jednom z konců lze někdy přibližně stanovit i tloušťku zbylé stěny dřeva.

#### c) *Přírůstový nebozez*

Může být využit jak k potvrzení předpokládaných uzavřených hnilob a dutin, tak ke stanovení tloušťky zbylého zdravého dřeva. Vzhledem k tomu, že tato metoda poškozuje strom (otvor asi 8 mm široký), omezit její používání jen na nezbytně nutné minimum.

## 2.2.3. Diagnostické přístroje

#### a) *Endoskop*

Přístroje založené na stejném principu jako endoskopy lékařské (např. Dengler 1988). K jejich použití je třeba vyvrtat asi 12 mm otvor. Protože získané údaje nemají obvykle vyšší vypovídací hodnotu než

použití přírůstového nebozezu (výjimkou je potvrzení existence adventivních kořenů v uzavřené dutině), v praxi se neuplatňuje.

#### **b) Přístroje na měření hustoty dřeva vrtáním**

Mattheck a Breloer (1993a) přirovnávají tyto přístroje k "chytré vrtačce", která registruje, kolik energie spotřebuje k zajištění stabilní rychlosti vnikání vrtáku do dřeva. Výraznější pokles spotřeby energie, respektive hustoty dřeva, naznačuje hniloby nebo dutiny. V praxi se používají přístroje jako "Densitomat", "Xylo-Density-Graph", "Resistograph", „DDD“, „Toredo“ aj. (Greuter, 1993; Bohrtester, 1993; Rinn, 1994b, 2001; Tiedtke-Crede, 1994; Joos, 1999). Jejich citlivost je natolik velká, že u některých dřevin, především jehličnanů, mohou být použity k letokruhové analýze. Také k používání těchto přístrojů jsou potřebné poměrně velké odborné znalosti a zkušenosti. Höster (1993) upozorňuje na možné chyby v interpretaci naměřených hodnot, např. narazí-li vrták na široký dřevový paprsek (buk, dub). Poukazuje se i na tu skutečnost, že v počátečních fázích tzv. hnědé nebo moderové hniloby klesá měřená hustota dřeva zřetelně pomaleji než jeho pevnost (např. Tiedtke-Crede, 1994; Schwarze, 1997).

Výhodou tohoto postupu je jeho relativní šetrnost ke stromům (vrták má průměr 2 až 3 mm), větší přesnost než u přírůstového nebozezu, odzkoušenost v praxi a dále pak i poměrně jednoduché a rychlé použití, přímo vyhodnotitelné a dobře dokumentovatelné údaje (křivky na pruhu papíru). V praxi nejrozšířenější přístrojová metoda.

Za určitou nevýhodu této metody lze považovat výše naznačené možné chyby v interpretaci naměřených hodnot, jejichž pravděpodobnost je však poměrně malá. V našich podmínkách se doposud uplatňuje – pro relativně vysokou cenu – jen omezeně.

#### **c) Počítačový tomograf**

Z medicíny pocházející metoda, měřící a znázorňující v tenkých vrstvách průřezu kmenu absorpční koeficienty pro gama záření, vydávané cesiem-137. Tyto koeficienty závisí, mimo jiné, i na hustotě dřeva. To umožňuje zachytit změny jeho struktury, jako např. hniloby, dutiny, adventivní kořeny v nich, trhliny atd. (Tauchnitz aj., 1990; Höster, 1993). Metoda stromy nepoškozuje, je však velmi nákladná a náročná na čas a odbornost personálu. Existující typy přístrojů použitelné jen do průměru kmenu kolem 70 cm. Ani v zahraničí není běžněji používána.

#### **d) Přístroje měřící elektrické vlastnosti dřeva**

První generace přístrojů měří elektrické vlastnosti dřeva pomocí dvojitých elektrod, které se buď postupně zasouvají do předem vyvrtaného otvoru (např. "Schigometer", "Mervit") nebo jsou vtlačovány do dřeva v průběhu měření (např. "Vitamat"). Náhlá změna elektrických vlastností dřeva naznačuje přítomnost hniloby nebo dutiny. Interpretace výsledků měření vyžaduje fundované znalosti o anatomii a fyziologii dřeva a spočívá v jejich porovnávání se standardními hodnotami zkoumaného druhu. Rozlišení houbami napadeného dřeva od tzv. vlhkého jádra činí přitom určité potíže. Chyby mohou nastat u první skupiny přístrojů i v důsledku změny vlhkosti mezi vyvrtáním otvoru a zavedením elektrod (Höster, 1993). Poškození stromu spojené s použitím těchto přístrojů je sice poněkud menší než u přírůstového nebozezu, ten však nepřevyšuje významněji vypovídací schopností, v praxi se neprosadily.

Kvalitativní skok a příslib do budoucnosti představuje „elektrická odporová tomografie“ (Weihs aj., 2001), při které je velký počet tenkých elektrod v měřeném průřezu kmenu zasouván jen do kambialní oblasti. Výsledkem je tomogram obdobných vlastností jako u metody založené na gama záření. U nás jsou možnosti uplatnění těchto přístrojů – pro vysokou cenu – doposud omezené.

#### **e) Přístroje měřící rychlost šíření zvukových vln dřevem**

Principy metody viz např. Niemz - Kucera (1999). K prvním přístrojům tohoto typu patří např. tzv. "impulzní kladivo". Srovnáním naměřených hodnot s tabulkovými hodnotami pro zdravé dřevo lze usuzovat na jeho případné defekty. Jedná se o poměrně šetrnou metodu - dvě potřebné sondy se zavrtávají několik málo milimetrů do dřeva (Mattheck - Breloer, 1993a). Použití v arboristické praxi není běžné.

Kvalitativním skokem a příslibem do budoucnosti je nová generace těchto přístrojů, využívající větší počet sond o menším průměru. Grafické vyhodnocení měření má obdobný charakter jako tomogramy (Letulé, 2003; Steffen, 2002). V ČR se tyto přístroje doposud uplatňují – pro vysokou cenu – jen omezeně.

#### f) "Fractometer"

Přístroj sloužící ke stanovení kvality dřeva. Je v něm asi v centimetrových odstupech lámán přírůstovým nebo zezem odebraný váleček dřeva, přičemž je měřena k tomu potřebná energie. Naměřené hodnoty jsou porovnávány s tabulkovými údaji pro daný druh, nebo lze přímo z náhlého poklesu vynaložené energie usuzovat např. na tloušťku zdravého dřeva (Mattheck – Breloer, 1993a).

Předností přístroje je jeho nízká cena a relativně velká vypovídací schopnost naměřených údajů. Výrazným nedostatkem naopak značný rozsah poškození stromu při odběru vzorků. Omezený rozsah uživatelů, u nás nepoužíván.

### 2.2.4. Laboratorní diagnostické metody

Mají význam především pro výzkum. V praxi mohou nejspíše najít uplatnění při determinaci dřevokazných hub.

### 2.2.5. Integrované biomechanické (statické) diagnostické metody

Cílem všech doposud uvedených postupů bylo nalézt nebo potvrdit výskyt defektů ve dřevě a stanovit jejich rozsah. Tato skupina metod si klade podstatně vyšší cíl, kterým je určit bezpečnost (odolnost) stromu vůči zlomu kmenu a vůči vývratu.

Níže uvedené postupy se začínají uplatňovat v praxi. Každý z nich má přitom své zastánce i odpůrce. Komplexní nezávislé srovnání jejich výhod a nedostatků nebylo doposud provedeno.

#### 2.2.5.1. Měření s tahovým pokusem

Cílem těchto metod, označovaných někdy zkratkou SIM (Wessolly, 1995), je určit bezpečnost stromu, vztáženou na maximální rychlost větru na daném stanovišti. Podstatou metody je to, že se pomocí lana uvázaného v koruně simuluje větrná zátěž nízké úrovně. Na kmenu jsou umístěny citlivé přístroje, které měří reakce stromu. Ty jsou pak pomocí počítačového programu extrapolovány na orkánovou zátěž, vypočítanou z rychlosti větru a účinné plochy koruny stromu, zjištěné z jeho fotografie přenesené scannerem do programu. Tzv. elasto-metodou je stanovována odolnost vůči zlomu kmenu a tzv. inclino-metodou odolnost vůči vývratu (např. Wessolly, 1993, 1995; Wessolly – Erb, 1998). Na obdobných principech je založena i metoda AfB (Sinn, 1993, 1994; Männel aj., 1999). Použití nákladné a komplikované metody nepřekročilo doposud relativně úzký okruh svých autorů a propagátorů.

#### 2.2.5.2. Metoda SIA (Statical Integrated Assessment)

Jedná se o relativně jednoduché hodnocení, vycházející z poznatků získaných Wessollym při aplikaci metody tahových pokusů (Wessolly – Erb, 1998). Výchozími hodnotami pro použití této metody jsou: a) druh stromu, b) průměr kmenu ve výšce 1,3 m, c) síla borky, d) výška stromu, e) zařazení tvaru koruny do jedné ze čtyř forem, f) lokalizace stromu. Na základě těchto veličin lze v příslušném diagramu zjistit základní hodnotu stability daného stromu vůči zlomu kmenu při namáhání v ohybu; dalším postupem lze zohlednit i vliv určitého typu dutiny na snížení únosnosti kmenu. V případě nepříznivé základní hodnoty stability umožňuje metoda navrhnout i stabilizační opatření formou redukce koruny. Blíže viz např. Kolařík (1998, 1999), Kolařík aj. (2005).

#### 2.2.5.3. Metoda WLA (Wind Load Analysis)

Metoda vznikla a je dále vyvíjena na Lesnické fakultě Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně. Vychází z obdobných principů a postupů jako metoda SIA, oproti ní však umožňuje stanovit odolnost kmenu vůči namáhání nejenom v ohybu, ale i v krutu. Oproti metodě SIA jsou též detailněji zohledněny geometrie koruny a defekty kmenu. Metoda opět umožňuje navrhnout i stabilizační opatření formou redukce koruny (Kolařík - Praus - Szórádová, 2007)



#### 2.2.5.4. Metoda VTA

Metoda VTA (Visual Tree Assessment) má obdobné cíle jako metody SIM, respektive AfB, vychází však ze zcela odlišných principů (např. Mattheck – Breloer, 1993a, 1993b). Také tato metoda je bouřlivě diskutována, má své kritiky a odpůrce (např. Wessolly, 1995). Přes svůj název to však není metoda jednoduchá a snadná! Její následující popis je třeba považovat za poněkud zjednodušující charakteristiku metody, ne úplný návod k použití, postihující všechny aspekty této složité problematiky!

**Metoda má následující východiska:**

**a) Axiom konstantního pnutí**

Optimální konstrukce má všude na svém povrchu konstantní pnutí. Biologičtí nosiči síly (kmen a větve stromu, kost živočicha atd.) proto usilují o stav rovnoměrného pnutí na povrchu. Odstraňují tak lokální zvýšení pnutí (místa selhání), ale i místa lokálního odtížení (plýtvání stavebním materiálem). Projeví se to:

- na stavbě nepoškozeného jedince (např. tloušťka kořenů, kmenu a větví),
- na řízení nápravy defektů stavby stromu; kambium v místě defektu a tedy i zvýšeného pnutí vytváří širší letokruhy a toto zdánlivě zbytečné ukládání nadměrného množství dřeva (tzv. adaptivní růst) snižuje povrchové pnutí a současně označuje místo defektu (viz obr. 3).

**b) Strom jako řetěz článků dimenzovaných na požadavky zátěže**

Části stromu, pokud jde o silové proudy, jsou navzájem sladěny; viz bod a). Kdo zná jeden článek tohoto řetězu, ví vše o zátěži.

**c) Bezpečnostní faktor stromů je větší než 4,5**

Znamená to, že provozní pnutí materiálu ( $\delta$ ), při kterém dojde k jeho selhání, je nejméně 4,5 násobně větší než pnutí ( $\delta_0$ ), odpovídající normální zátěži (viz obr. 5).

**Šetření probíhá ve třech krocích:**

1. **Vizuální kontrola fyziologické vitality a symptomů biomechanických defektů.** Nenajdou-li se podezřelé symptomy, šetření končí.
2. **Potvrzení zjištěných symptomů defektů podrobnějším zkoumáním.**
3. **Změření rozsahu defektů potvrzených jako závažné a stanovení zbývajících pevností stromu.**

##### 2.2.5.4.1. Stanovení odolnosti vůči zlomu kmenu

Má následující kroky:

1. **Posouzení fyziologické složky vitality**
2. **Posouzení houbového napadení**
3. **Posouzení symptomů biomechanických defektů, vzniklých adaptivním růstem**

Jejich vznik vysvětluje axiom konstantního pnutí (viz obr. 3). Zahrnuje:

- Boule a prstencovité vypoukliny:
  - Boule jako symptomy pro okraji blízké a excentricky lokalizované hniloby. Potvrzení klepáním.
  - Prstencové vypoukliny jako symptom pro centrálně umístěné hniloby. Potvrzení klepáním.
  - Boule a prstencovité vypoukliny s ostrým ohraničením jako symptom pro dřevo s narušenými vlákny (měkké dřevo bez hniloby). Při klepání zní jako zdravé dřevo!
- Žebra a spirálovitá žebra:
  - Žebra jako symptomy pro radiální trhliny. Zaoblená značí úspěšné hojení, ostrá pak neúspěšné.

- Spirálovitá žebra jako symptom radiálních trhlin při otáčivém růstu. Vznikají pouze při torzním zatížení proti otáčivému růstu a jsou často důsledek jednostranné koruny nebo větrné zátěže.

#### 4. Posouzení pasivně vznikajících indicií biomechanických defektů na borce, výplních a ochranných materiálech (viz obr. 4)

Nejsou přímým výsledkem adaptivního růstu, vznikají praskáním mrtvých částí stromu:

- Trhliny jdoucí přes normální členění borky poukazují na výrazné roztahování ve dřevě, vzniklé v důsledku lokálního selhání dřeva nebo adaptivního růstu.
- Lokálně uvolněné části borky, které se odlišují od okolí, poukazují opět na výrazné roztahování ve dřevě, eventuálně jsou prvním znamením adaptivního růstu.
- Trhliny ve výplních nebo prostředcích na ošetření ran. Příčné upozorňují na vzrůstající tahovou zátěž, podélné na tlakové zatížení.

#### 5. Zkřehnutí dřeva stromu

Vizuálně nezjistitelné. S jistotou lze prokázat jen pomocí "Fractometeru".

#### 6. Indicie na prvcích zajišťujících bezpečnost stromu

Příliš napjatá lana nebo popruhy a do dřeva vtlačované podložky ukazují na rozklesávající se části; většinou doprovázeno vlnitými zlomy kůry či borky na spodní straně bází postižených větví.

#### 7. Potvrzení defektu a určení tloušťky zbylé stěny zdravého dřeva na místech hnilob

- Jednoduché nástroje: kladivo, metr, přírůstový nebozez, špice z jízdního kola.
- Přístroje: viz kapitola 2.2.3.

Při excentricky umístěných hnilobách je třeba měřit vždy nejslabší místo stěny.

#### 8. Stanovení bezpečnosti stromu vůči zlomu kmenu

Využívány tzv. VTA diagramy (obr. 5). Nutno zjistit následující veličiny:

$R_0$ : poloměr zdravého průřezu kmenu v blízkosti defektu

$R$ : poloměr místa zesílení (u excentrických hnilob a dutin se měří z jejich středu k nejbližšímu okraji kmenu)

$t$ : nejtenčí zbylá stěna

$\alpha$ : úhel otevření u otevřených dutin

Při uzavřené dutině nebo hnilobě je strom s plně rozvinutou korunou bezpečný vůči zlomu, je-li  $t/R > 0,3$ . Při  $t/R = 0,3$  a  $R/R_0 = 1$  (bez adaptivního růstu) se  $\delta/\delta_0 = 1,3$ , takže prakticky celý koeficient bezpečnosti je k dispozici (obr. 5). Jedná-li se však o otevřenou dutinu nebo hnilobu, kde úhel  $\alpha = 60^\circ$  a ostatní parametry jsou stejné jako u prvního příkladu, pak  $\delta/\delta_0 = 4,3$  (obr. 5). Koeficient bezpečnosti je vyčerpán a při mimořádné větrné zátěži je reálné nebezpečí zlomu (viz též obr. 7). To se dá zmírnit nebo vyloučit zmenšením koruny. Z uvedených příkladů diagramů na obr. 5 lze odvodit význam adaptivního růstu (zvětšování  $R$ ) na odolnost vůči zlomu.

### 2.2.5.4.2. Stanovení odolnosti vůči vývratu

Má následující kroky:

#### 1. Posouzení symptomů škod v kořenovém systému

- Symptomy možného napadení kořenů dřevokaznými houbami (především plodnice na bázi kmenu a v kořenovém prostoru).
- Suché větve na jedné straně koruny mohou naznačovat problémy v odpovídajícím sektoru kořenového systému.
- Kořenové náběhy bez přírůstu a většinou se suchou a pokroucenou borkou naznačují ochabující ukotvení.

- Intenzivní přírůst jednotlivých kořenových náběhů, většinou doprovázený podélnými trhlinami v borce, ukazuje na stoupající zatížení těchto kořenů. To může být podmíněno výpadkem jiných kořenů, změnou větrné zátěže, narušením korunové symetrie, vnitřní hnilobou atd.
- Trhliny v půdě na návětrné straně poukazují na právě začínající vývrát (podrobně viz Mattheck - Bethge 1995).

## 2. Použití VTA diagramu (obr. 6)

- Změření poloměru  $R$ .
- Stanovení poloměru  $R_W$  pro staticky účinný kořenový talíř z VTA diagramu (za horní hranici pole bodů nebyl v přírodě nalezen žádný vývrát).
- Otevření půdy ve vzdálenosti  $R_W$  od středu kmenu. Nejsou-li nalezeny žádné zdravé kořeny, otevře se sonda blíže kmenu. Při redukci  $R_W$  na 60% nemá strom již žádnou bezpečnostní rezervu.

## 3. Závěr

Hodnocení vitality dřevin je mnohdy obtížné, protože tato schopnost existence v sobě zahrnuje i vývojové tendence jedince. Stanovuje se nepřímou, interpretací příslušných projevů a ukazatelů, jež vyjadřují současnou odchylku struktury nebo funkce od optima, respektive normálu. Výklad toho, jaké snížení vitality odchylku vyvolalo, popřípadě jaký dopad na vitalitu vzniklá odchylka bude mít, je obtížné. Vyžaduje to znalost biologie dřevin a cit pro ně, nezastupitelnou roli hraje i zkušenost.

**Jakékoliv metodické návody a pokyny lze proto přirovnat k hudebním nástrojům, na které se je třeba nejdříve naučit hrát, aby vydávaly žádoucí tóny.**

## 4. Literatura

Arbeitskreis Stadtbäume der GALK-DST. Empfehlungen zur Erstellung einer Dienstanweisung zur Baumüberprüfung unter dem Gesichtspunkt der Verkerssicherung. *Stadt und Grün*, 50, 2001, č. 6, s. 384 – 386.

Balder, H. - Krüger, G. - Noé, H. "Unter den Linden". *Das Gartenamt*, 43, 1994, č. 1, s. 35 -39.

Bartels, H. *Geölkunde*. Stuttgart : Verlag E. Ulmer, 1993. 336 s.

Bohrtester zeigt Holzschäden an. *Neue Landschaft*, 1993, č. 7, s. 533.

Bosshard, W. *Kronenbilder mit Nadel- und Blattverlustprozenten*. Birmensdorf, 1986.

Braun, C. *Der Zustand der Wiener Stadtbäume*. Wien : Österreichisches Bundesinstitut für Gesundheitswesen, 1990. 118 s.

Breloer, H. Baumkontrollen und Rechtsprechung. *Neue Landschaft*, 1994, č. 11, s. 861 - 865.

Dengler, R. Baum-Endoskopie. *Deutscher Gartenbau*, 1988, č. 8, s. 486 - 488.

Dujesiefken, D. Zur Herstellung der Stand- und Bruchsicherheit bei Strassen- und Parkbäumen. In *12. Osnabrücker Baumpflegetage*. Osnabrück, 1994, 10 s.

FLL. *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Baumpflege und Baumsanierung : Ausgabe 1993*. Troisdorf : Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau e.V. – FLL, 1993. 56 s.

Greuter, Ch. Densitomat und Fractometer. *Der Gartenbau*, 114, 1993, č. 16, s. 36 - 37.

Hermann, O. Zustand der Parkbäume in Berlin. *Das Gartenamt*, 42, 1993, č. 1, s. 36 - 41.

Höster, H. R. *Baumpflege und Baumschutz*. Stuttgart : Ulmer Verlag, 1993. 225 s.

Ehsen, H. Zur Problematik der Baumbeurteilung. *Das Gartenamt*, 37, 1988, č. 5, s. 290 - 295.

Ehsen, H. Anforderungen an das Baumfeld städtischer Strassenbäume : Kriterien zur Vitalitätserhaltung und Unterpflanzung. In *10. Österreichische Baumpflegetagung*. Wien, 1992, 25 s.

Gleissner, P. Sichtkontrolle und Vitalitätsbeurteilung von Laubbäumen mit Verzweigungsmustern. *Stadt und Grün*, 44, 1995, č. 12, s. 849 - 855; 45, 1996, č. 2, s. 119 - 121.

Gleissner, P. Das Verzweigungsmuster ausgewählter Laubbaumarten und seine Veränderung durch nicht parasitäre Schädlinge. In *Palmarum Horties Francofurtensis : Wissenschaftliche Berichte PHF* 6. Frankfurt am Main : Stadt Frankfurt am Main, Palmengarten, 1998.

Gleissner, P. Die Berücksichtigung von Verzweigungsmerkmalen in der Visuellen Baumkontrolle. In Dujesiefken, D. – Kockeberck, P. (edit.) *Jahrbuch der Baumpflege* 1999. Braunschweig : Thalacker Medien, 1999, s. 211 – 215.

Gleissner, P. Platane – Vitalitätsbeurteilung mit Verzweigungsmustern. In Dujesiefken, D. – Kockeberck, P. (edit.) *Jahrbuch der Baumpflege* 2001. Braunschweig : Thalacker Medien, 2001, s. 234 – 237.

Joos, K. A. Bohren und diagnostizieren : Das Tored-Messsystem und die Resistograph – Beurteile im Vergleich. *Landschaftsarchitektur*, 29, 1999, č. 7, s. 43 – 46.

Jura, S. Elektrická diagnostika stromů prostřednictvím metod a prostředků ekofyziologie rostlin. *Zprávy lesnického výzkumu*, 45, 2000, č. 1, s. 32.

Kolařík, J. *SIA (Static Integrated Assessment) : Příručka uživatele*. Rosice : List, 1998. 21 s. textu + 10 s. příloh.

Kolařík, J. *SIA (Static Integrated Assessment)*. Praha : Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu, Sekce péče o dřeviny, 1999. Dostupné na <http://www.arboristika.cz/clanky/clanky/sia/default.htm>.

Kolařík, J. aj. *Péče o dřeviny rostoucí mimo les II*. Vlašim : ČSOP, 2005.

Kolařík, J. – Praus, L. – Szórádová, A. Nová vizuální metoda hodnocení statických poměrů stromů. In *Strom pro život – život pro strom VI. : věk stromů*. Praha : Společnost pro zahradní a krajinářskou tvorbu, o. s., 2007, s. 67 – 85.

Kowol, T. – Wohlers, A. – Dujesiefken, D. Baumkontrolle nach Baumarten differenziert – typische Schadsymptome bei Linde, Eiche und Rosskastanie. In *Jahrbuch der Baumpflege* 1999. Braunschweig : Thalacker Medien, 1999, s. 136 – 155.

Kowol, T., Wohlers, A. - Dujesiefken, D. Baumkontrolle nach Baumarten differenziert - typische Schadsymptome an Mehlbeere und Esche. In *Jahrbuch der Baumpflege* 2002. Braunschweig : Thalacker Medien, 2002, s. 107 – 121.

Kúdela, V. a kol. *Obečná fytopatologie*. Praha : Academia, 1989. 388 s.

Lederer, J. *Hniloby a dřevokazné houby v sadovnictví a krajinářství*. Praha : Filip Dienstbier, 1998. 55 s.

Lesebriefe. Die Verkehrssicherheit von Bäumen – eine Bilanz. *Stadt und Grün*, 49, 2000, č. 12, s. 810 – 812.

Letulé, H. Diagnose am Baum mit Schallwellen : Das Arbotom – ein Gerät zur Fäulnisdiagnose. *grünFORUM.LA*, 33, 2003, č. 8, s. 45 – 47.

Männel, U. – Sinn T. – Sinn, G. AfB-Methode und Inclino-Methode. *Stadt und Grün*, 48, 1999, č. 8, s. 549 – 552.

Mattheck, C. Baumpfleger der USA setzen auf visuelle Baumkontrolle. *Landschaftsarchitektur*, 25, 1995, č. 4, s. 57 - 58.

Mattheck, C. - Bethge, K. Was Bodenrisse über Baumwurzeln aussagen. *Deutscher Gartenbau*, 1995, č. 18, s. 1066 - 1068.

Mattheck, C. - Breloer, H. *Handbuch der Schadenskunde*. Freiburg : Rombach Verlag, 1993a. 192 s.

Mattheck, C. - Breloer, H. Feldanleitung für Baumkontrollen mit VTA. *Das Gartenamt*, 42, 1993b, č. 2, s. 110 - 116.

Niemz, P. – Kucera, L. J. Erkennung von Defekten in Bäumen mittels Schall. *Stadt und Grün*, 48, 1999, č. 11, s. 758 – 762.

- Pejchal, M. Hodnocení vitality stromů v městských ulicích. In *Stromy v ulicích : Olomouc 1995*. Mělník : Sekce péče o dřeviny při Společnosti pro zahradní a krajinářskou tvorbu, 1995, s. 33 - 40.
- Pejchal, M. Posuzování biomechanických vlastností stromů jako součást péče o ně. *Zahrada-Park-Krajina*, 1997, č. 1, s. 6 - 9; č. 2, s. 4 - 6.
- Pejchal, M. - Šimek, P. *Vyhodnocení dendrologického potenciálu v zámeckém parku v Lednici na Mor. : Textová zpráva*. Lednice na Mor. : Ústav biotechniky zeleně MZLU v Brně, 1996. 183 s.
- Petráčková, V. – Kraus, J. a kol. *Akademický slovník cizích slov*. Praha : Academia, 2001. 834 s.
- Reinartz, H. - Schlag, M. Wichtige holzzerstörende Pilze an Strassen- und Parkbäumen. *Das Gartenamt*, 43, 1994, č. 6, s. 403 - 406.
- Rinn, F. Wie genau kann die Bruchsicherheit eines Baumes ermittelt werden? *Das Gartenamt*, 43, 1994a, č. 2, s. 104 -108.
- Rinn, F. Bohrwiderstandsprofile zeigen innere Strukturen. *Deutscher Gartenbau*, 1994b, č. 19, s. 1148 - 1150.
- Rinn, F. Neue Resistograph Generation. *Deutscher Gartenbau*, 2001, č. 40, s. 36.
- Roloff, A. Kronenarchitektur als Zeichen der Baumvitalität bei Laubbäumen. *Das Gartenamt*, 38, 1989a, č. 9, s. 490 -496.
- Roloff, A. Kronenentwicklung und Vitalitätsbeurteilung ausgewählter Baumarten der gemässigten Breiten. *Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt*. Band 93, 1989b, s. 1 - 258.
- Roloff, A. *Baumkronen*. Stuttgart : Verlag E. Ulmer, 2001. 164 s.
- Schigo, A. *Die neue Baumbiologie*. Braunschweig : Verlag B. Thalacker, 1990. 606 + 183 s.
- Schwarze, F. W. M. R. – Engels, J. – Mattheck, C. *Holzzersetzende Pilze in Bäumen : Strategien der Holzzersetzung*. Freiburg : Rombach Verlag, 1999. 245 s.
- Siewniak, M. - Kusche, D. *Baumpflege heute*. Berlin a Hannover : Patzer Verlag, 1994. 320 s.
- Sinn, G. Grundsätzliches zur Bruchsicherheit von Bäumen. *Das Gartenamt*, 42, 1993, č. 6, s. 387 - 392.
- Sinn, G. Bruchsicherheit von Bäumen und Restwandstärke geschlossener Stammquerschnitte. *Das Gartenamt*, 43, 1994, č. 2, s. 100 -103.
- Steffen, R. Schalltomographie zur Erkennung von Fäulen und Höhlungen an stehenden Bäumen. *Stadt und Grün*, 51, 2002, č. 6, s. 50 – 52.
- Tauchnitz, H. Empfehlungen zur Schadstufenbestimmung. *Das Gartenamt*, 41, 1992, č. 11, s. 771 - 773.
- Tauchnitz, H. aj. Computertomographische Untersuchungen an Stammscheiben von Bäumen der Gattungen Aesculus, Quercus, Betula und Tilia. *Das Gartenamt*, 39, 1990, č. 2, s. 69 - 80.
- Tiedtke-Crede, A. Möglichkeiten der Baumanalyse. *Deutscher Gartenbau*, 1992, č.2, s. 76 - 81.
- Tiedtke-Crede, A. Holzzersetzung. *Deutscher Gartenbau*, 1994, č. 19, s. 1146 - 1147.
- Torelli, N. aj. Jahreszeitsliche variation des elektrischen Widerstandes der Kambiumzone von Bäumen. In *Jahrbuch der Baumpflege 1999*. Braunschweig : Thalacker Medien, 1999.
- Wawrik, H. - Malek, J. von. Die Schadstufenbestimmung bei Bäumen. *Das Gartenamt*, 41, 1992, č. 11, s. 774 - 776.
- Weber, K. – Mattheck, C. *Taschenbuch der Holzfäulen im Baum*. Karlsruhe : Forschungszentrum Karlsruhe GmbH, 2001. 127 s.
- Weihs, U. – Krummheuer, F. – Dubbei, V. Diagnose von Stammfäulen mittels „Elektrischer Widerstandstomographie“. *Landschaftsarchitektur*, 31, 2001, č. 2, s. 26 – 28.
- Wessolly, L. Stand- und Bruchsicherheit von Bäumen. *Das Gartenamt*, 42, 1993, č. 8, s. 486 - 491.
- Wessolly, L. Bruchdiagnose von Bäumen. *Stadt und Grün*, 44, 1995, č. 6, s. 416 - 423; č. 8, s. 570 - 573; č. 9, s. 635 - 640.



Wessolly, L. Die Verkehrssicherheit von Bäumen – eine Bilanz. *Stadt und Grün*, 49, 2000, č. 13, s. 42 - 47.

Wessolly, L. – Erb, M. *Handbuch der Baumstatik und Baumkontrolle*. Berlin : Patzer Verlag, 1998.

Wohlers, A. – Kowol, T. Baumkontrolle nach Baumarten differenziert – typische Schadsymptome und Auffälligkeiten bei Buche und Platane. In *Jahrbuch der Baumpflege 2000*. Braunschweig : Thalacker Medien, 2000, s. 173 – 188.

Wohlers, A. - Kowol, T. - Dujesiefken, D. Baumkontrolle nach Baumarten differenziert – typische Schadsymptome bei Linde, Eiche und Rosskastanie. In *Jahrbuch der Baumpflege 2001*. Braunschweig : Thalacker Medien, 2001a, s. 145 – 163.

Wohlers, A. - Kowol, T. - Dujesiefken, D. *Pilze bei der Baumkontrolle : Erkennen wichtiger Arten an Strassen- und Parkbäumen*. Braunschweig : Thalacker Medien, 2001b. 64 s.

Wohlers, A. - Kowol, T. - Dujesiefken, D. Baumkontrolle nach Baumarten differenziert - typische Schadsymptome und Auffälligkeiten an Birke (*Betula* sp.), Kirsche (*Prunus* sp.) und Weide (*Salix* sp.). In *Jahrbuch der Baumpflege 2005*. Braunschweig : Thalacker Medien, 2005.

**STUDIJNÍ MATERIÁL PRO PŘEDMĚT “DENDROLOGIE”**

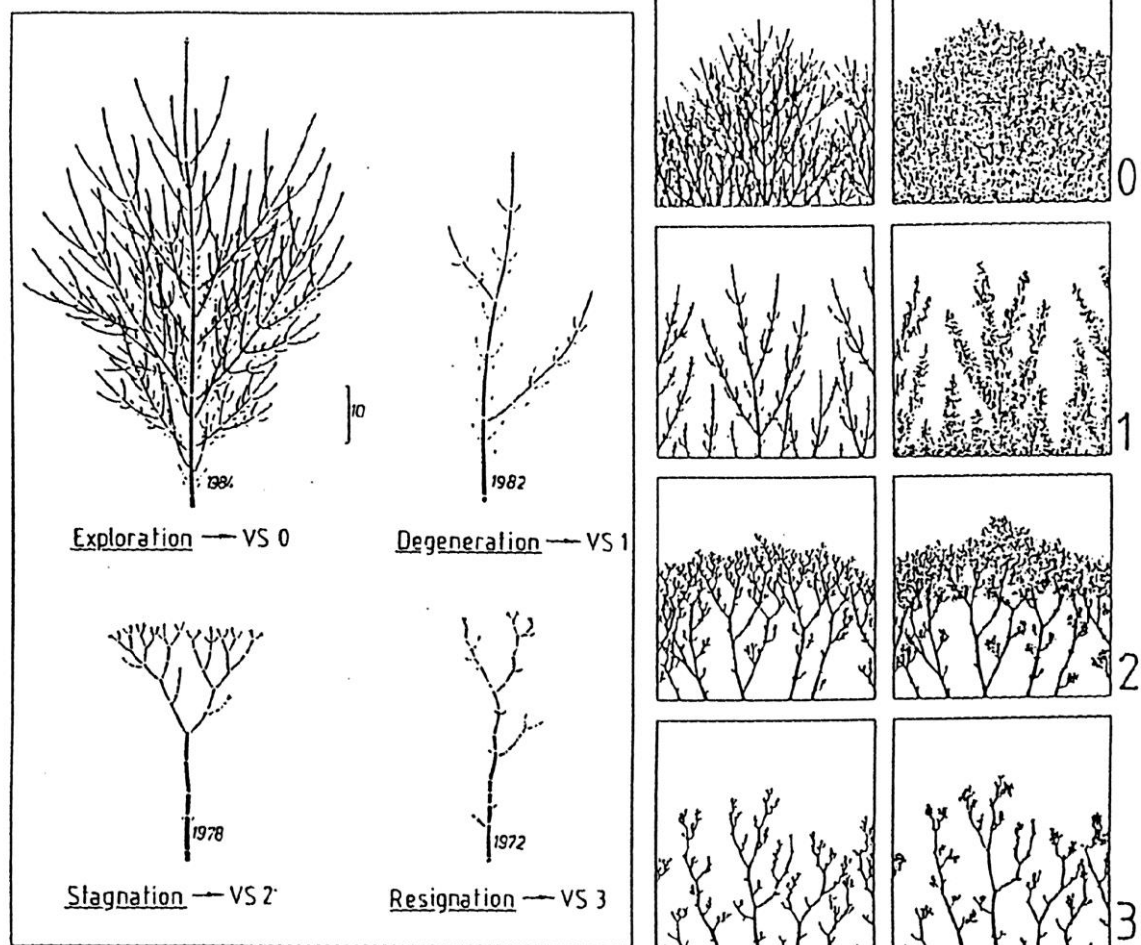
© Miloš Pejchal

MZLU v Brně

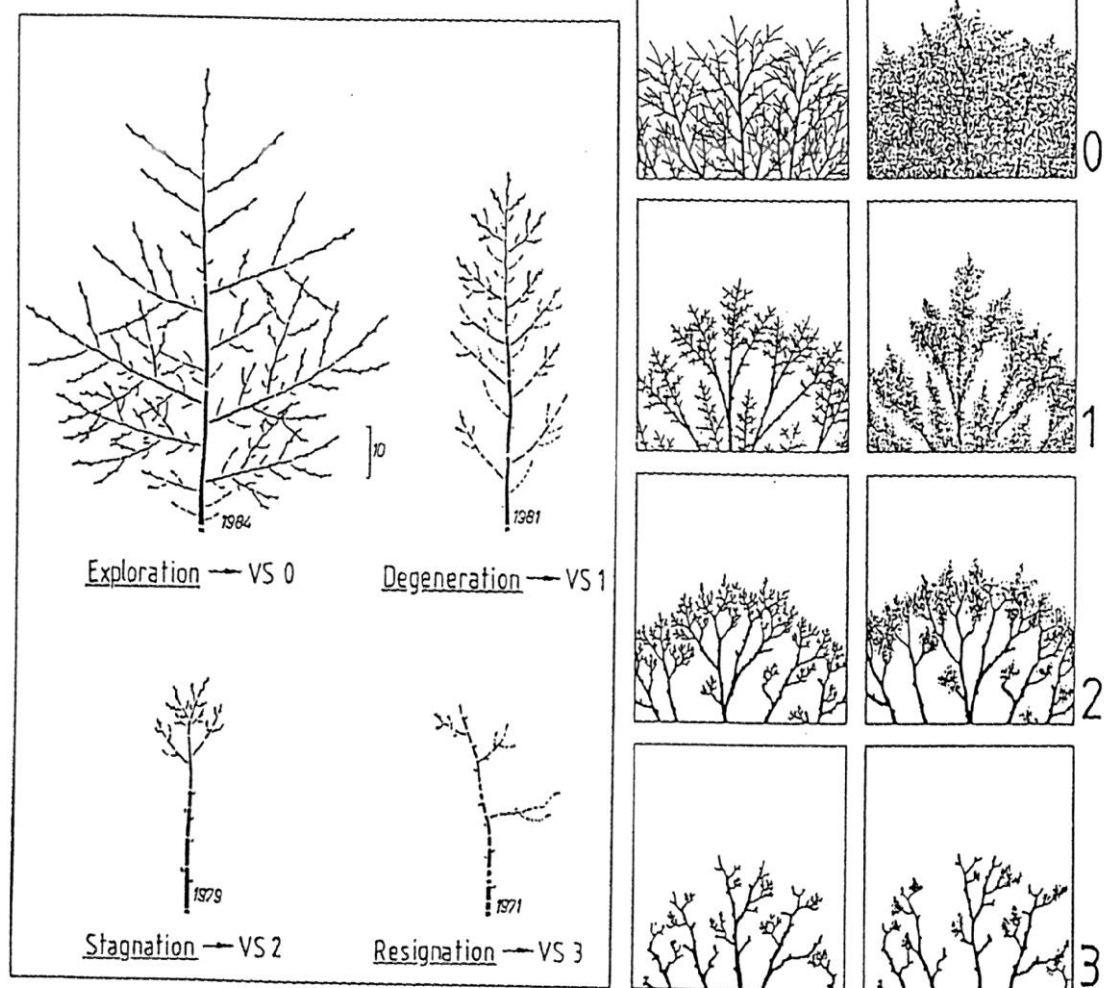
Ústav biotechniky zeleně v Lednici na Mor.

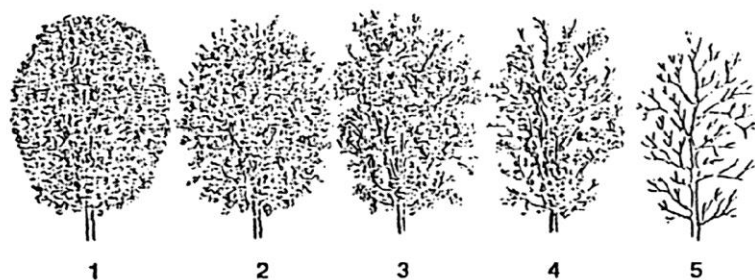
2010

obr. 1:  
*Acer platanoides*, *Acer pseudoplatanus* (ROLOFF 1989 b)

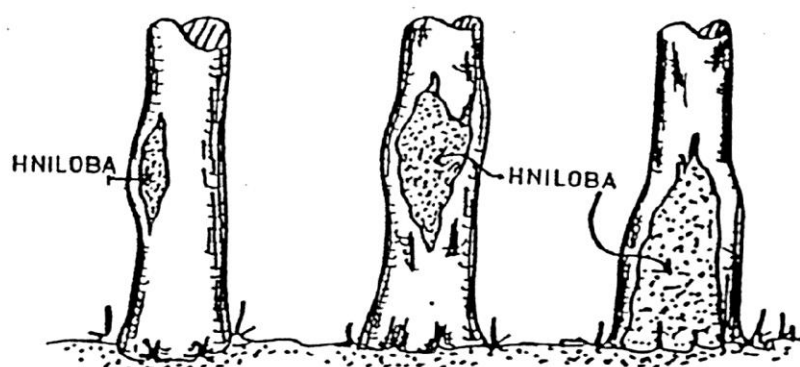


obr. 2:  
*Tilia cordata*, *Tilia platyphyllos* (ROLOFF 1989)

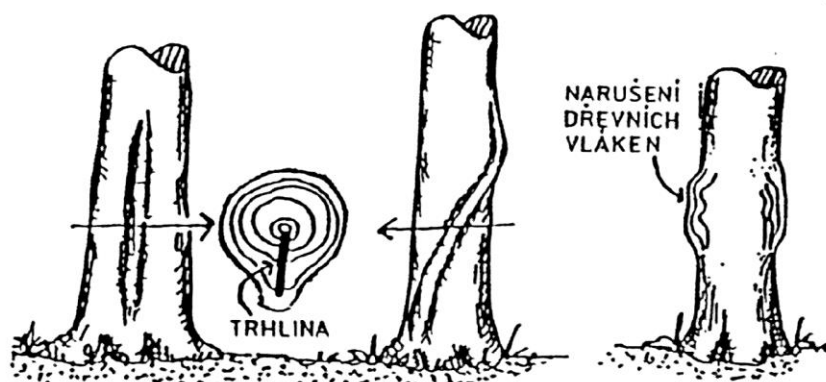


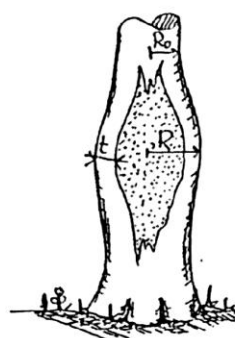


obr. 3:  
Stupně  
poškození/vitality  
(BRAUN 1990)

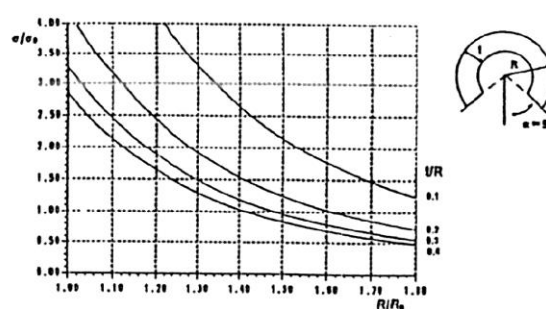
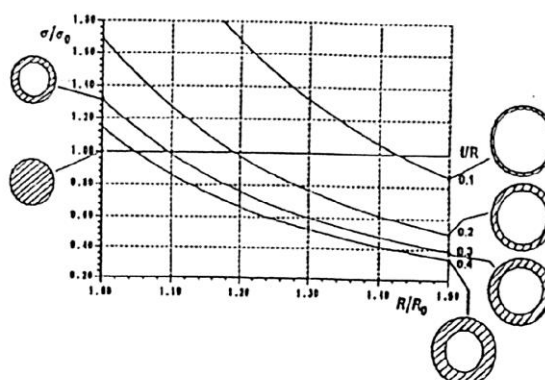


obr. 4:  
Defekty a jejich  
symptomy  
(MATTHECK  
a BRELOER 1993)





obr. 5:  
VTA diagram -  
odolnost vůči zlomu  
(MATTHECK  
a BRELOER 1993)



obr. 6:  
VTA diagram -  
odolnost vůči vývratu  
(MATTHECK  
a BRELOER 1993)

