

Přístrojová diagnostika jako zdroj objektivních informací o stromech a porostech významných pro lesy a lesnictví

Čermák J., Naděždina N., a Simon J.

Lesnická a dřevařská fakulta Mendelovy univerzity v Brně.

Voda a struktura stromů

Vodní provoz rostlin je všeobecně spojen s největšími toky energie v ekosystémech. Voda je nejčastější přírodní limitující faktor růstu (neuvažujeme-li arktické oblasti a vrcholky hor) a nezbytným základem umožňujícím existenci dalších fyziologických procesů. Lesy jsou největším kontrolním mechanismem koloběhu vody na kontinentech a klimatu. Největší objem struktur stromů a porostů představuje jejich vodovodivý systém, zahrnující jak dřevo, tak lýko, změny velikosti vodivého systému představují růst. Současná technika nám umožňuje měřit mobilní soupravou přístrojů nezávislou na stacionárních objektech kvantitativní parametry vodního provozu, struktury a růstu na úrovni celých stromů a porostů a jejich kombinací i na úrovni povodí či větších lesních celků.

Denní a sezónní dynamika transpiračního proudu

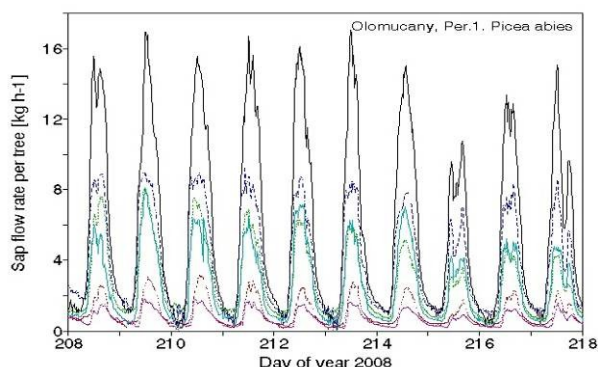
K měření transpirace, resp. transpiračního proudu (průtoku vody v kmenech a skeletu stromů)



je k dispozici **metoda tepelné bilance** kmene (THB), měřící celkový tok vody stromem (Čermák et al. 1982, 2004) a **metoda deformace tepelného pole** (HFD, Nadezhdina et al., 1998; Čermák a Nadezhdina 1998) založená na poměru toku tepla v axiálním a tangenciálním směru a umožňuje měřit v řadě bodů napříč bělí tedy získat radiální profily transpiračního proudu. Obě metody pracují jak na úrovni jednotlivých **stromů** (v případě potřeby i jejich částí), tak na úrovni **porostu** (**Obr. 1**). Fotografie zachycuje lesní porost smrků ztepilého v horské oblasti (povodí Liz

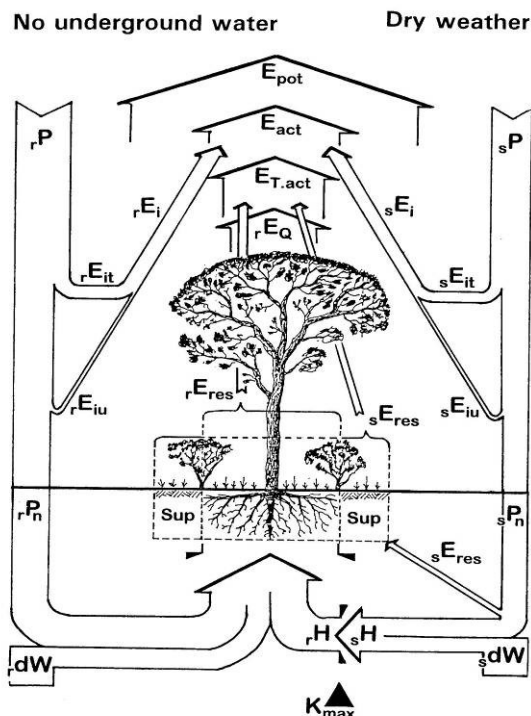
na Šumavě) se sérií stromových vzorníků zapojených pro dlouhodobá měření.

Příklad **denních průběhů transpiračního proudu**. Proud integruje chování celých stromů a je velmi citlivý na jakékoli změny vnějších podmínek, tedy i diagnostiku míry stressových podmínek apod. (**Obr. 2**). Obrázek ukazuje kvantitativní rozdíly u série denních průběhů proudu a mezi stromy různých tloušťek ve smíšeném lese Školního lesního podniku Mendelovy univerzity u Olomučan, kde denní amplituda proudu se pohybovala u nejmenších stromů nevysoko nad 1 litrem za hodinu (tj. asi 10 litrů za den) a u největších stromů kolem 16 litrů (tj. asi 160 litrů za den). Sezónní spotřeba vody smrkovým porostem se pohybovala mezi 150 až 250 mm. V případě intenzivně transpirujícího smíšeného lužního lesa na Břeclavsku v období nelimitující dodávky vody z půdy šlo o rozmezí u jednotlivých stromů asi mezi 30 až 600 litrů vody za den, v sezónním úhrnu cca 250 až 450 mm (nižší z uvedených hodnot se týká přechodného období bez záplav po regulaci vodotečí při výstavbě přehrad).



Vodní bilance porostů.

Stejné údaje slouží i pro výpočet vodní bilance porostů. Příklad zachycuje situaci v lužním lese u Lednice (**Obr. 3**). Písmeny jsou označeny jednotlivé složky vodní bilance (P =srážky,

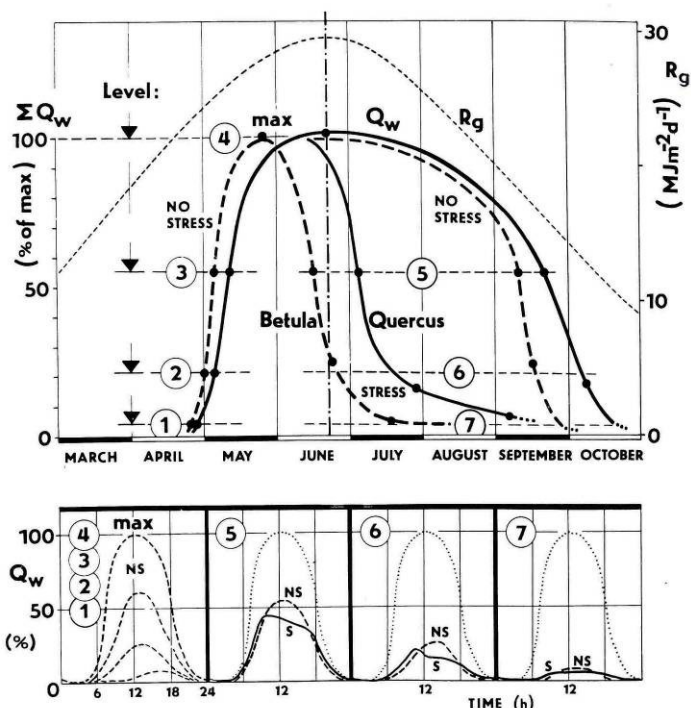


E =evaporace, dW =zásoba vody v půdě, H =horizontální transport vody, K =hydraulická vodivost půdy), šíře šipek ukazuje intenzitu proudů vody. Tento les je za normálních podmínek na Jižní Moravě závislý především na dodávce podzemní vody (během slunné sezóny až ze 70 %). V případě podstatného snížení hladiny podzemní vody a jejímu zaklesnutí z cca 1-2 m hluboké povrchové vrstvy těžké půdy o 1-3 m až do podložního štěrkopisku, (k jakému došlo např. v důsledku regulace Dyje), porostní transpirace klesla na polovinu. Při tom došlo ke zvýšení mortality druhů jak keřového porostu (zejména svídy), tak i stromů hlavního porostu (dub letní, jasan ztepilý, lípa srdčitá aj) s nižším sociálním postavením. Šlo o jmenovitě o stromy, které nebyly strukturálně vyvážené (měly malou plochu obalovou plochu kořenových systémů ve srovnání s plochou osvětlených listů). Rozhodující se při tom staly vlastnosti půdy.

Při snížení objemové vlhkosti půdy v blízkosti kořenů o 4% klesl vodní potenciál, půdy o 8 barů, ale hydraulická vodivost půdy 100x ! Největší mortality byla ovšem u stromů s nedostatečně vyvinutým kořenovým systémem.

Detekce vodního stressu (suchem nebo převlažením)

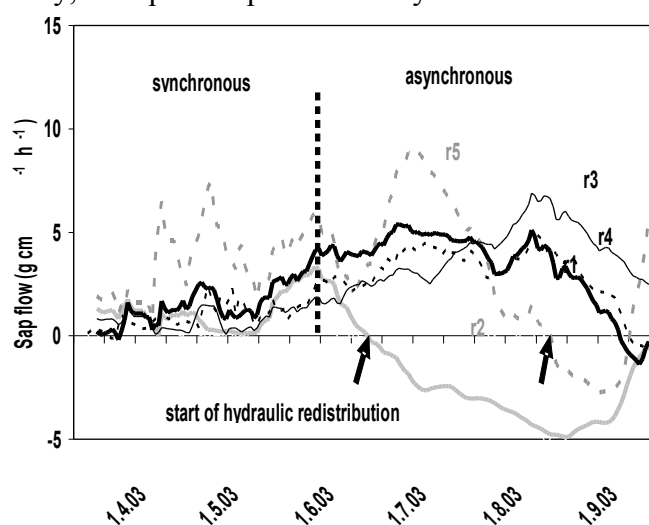
Nedostatek vody v půdě (stress suchem) nebo její přebytek působící nedostatek vzduchu (hypoxie) patří mezi nejčastější příčiny jednotlivého či hromadného odumírání stromů působením abiotických činitelů. Situace je patrná u dvou druhů s různou distribucí kořenového systému (hlubokého u dubu - *Quercus* a mělkého u břízy - *Betula*) - **Obr. 4**. Sezónní amplituda je uvedena v % maxima. Vegetační období je charakterizováno průběhem sluneční radiace (R_g). V sezónním průběhu za podmínek dostatečného zásobování stromů půdní vodou trvá transpirace (resp. transpirační proud (Q_w)) v závislosti s na rozvoji listoví) cca od konce dubna do konce října (mimo řidčeji se vyskytující transpiraci jehličnanů např. během teplých zim). Jestliže se vyskytne silný přísušek, transpirace prudce



klesá, a k tomu může dojít u mělce kořenících druhů již v červnu. Pak mají stromy již v červenci suché listoví a odumírají). Transpirace hluboce kořenících druhů, které mají k dispozici větší objem půdy, při tom může probíhat bez omezení. Jestliže však následuje několik suchých let po sobě, i v dosahu hlubokých kořenů je vyčerpána voda a takový strom reaguje podobně jako ten mělce kořenící, i když o něco později. V průběhu sezóny se mění i tvar denních křivek transpirace. Na obrázku jsou označeny čísla v kroužku dny, které měly stejnou denní sumu transpirace, ale lišil se průběh při dostatečné vlhkosti půdy (čárkované křivky) a za sucha (plné křivky – to se netýká prvních čtyř dnů během rašení). Ve dnech s přísuškem je ve srovnání s denním maximem křivka zploštělá, jakoby odříznutá a pokles amplitudy ukazuje míru ohrožení přežití stromů.

Redistribuce vody mezi kořeny kmenem a půdou

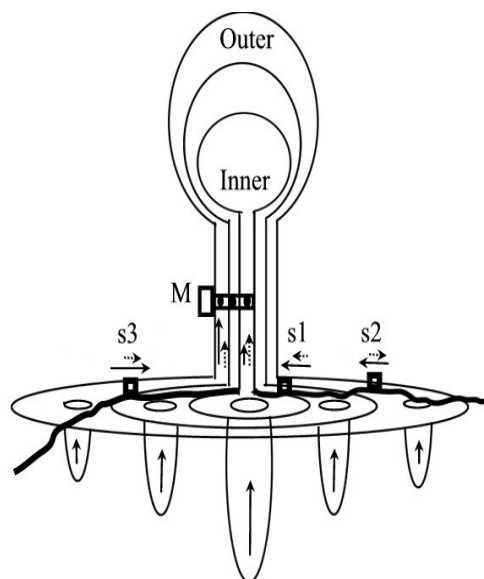
Významným ukazatelem vzniku sucha v půdě je sezónní **dynamika nočních průběhů** transpiračního ~~Seasonal dynamics of night sap flow~~ proudů v malých kořenech (**Obr. 5**). Když je v půdě dostatek vody, transpirační proud v různých kořenech se chová podobně (může mít různou amplitudu,



ale má synchronní průběh a směr od konců kořenů do kmene – viz levá strana obrázku). Jakmile však z některé strany stromu půda začíná prosychat, proud se stává asynchronní a pochopitelně ze suché strany klesá. Nejvýznamnějším ukazatelem je ale reverzní proud (směřující od kmene ke koncům kořenů – na jeho začátky ukazují šipky na pravé straně obrázku). reverzní proud indikuje, že měřený kořen se nachází v kriticky suché půdě. V takovém případě podle gradientu vodního potenciálu začíná nasávat vodu z kmene i z jiných kořenů, které

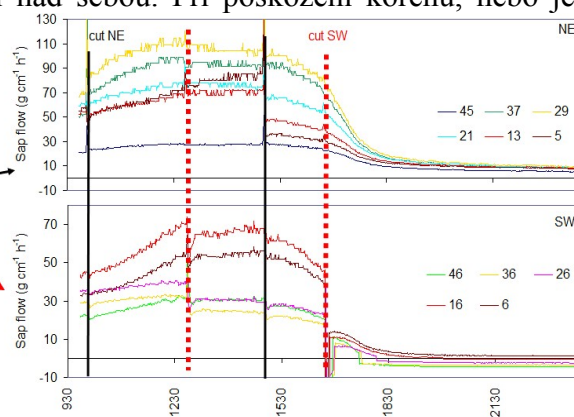
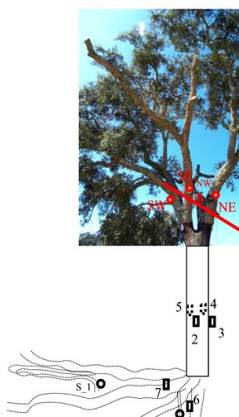
zasahují do nějakého o něco vlhčího místa kolem kmene. Tento mechanismus brání odumření kořenů během přísušku a tedy odumření celého stromu. Může dojít k situaci, že o přežití stromu rozhoduje funkce jediného kořene. Pokud např. hluboký nebo dlouhý povrchový kořen

je u relativně většího zdroje vody, ta může protékat do protějšího kořene a z něho pronikat do okolní půdy. Tím je pak umožněn růst bylin, které by bez dodávky vody stromem neměly šanci přežít.



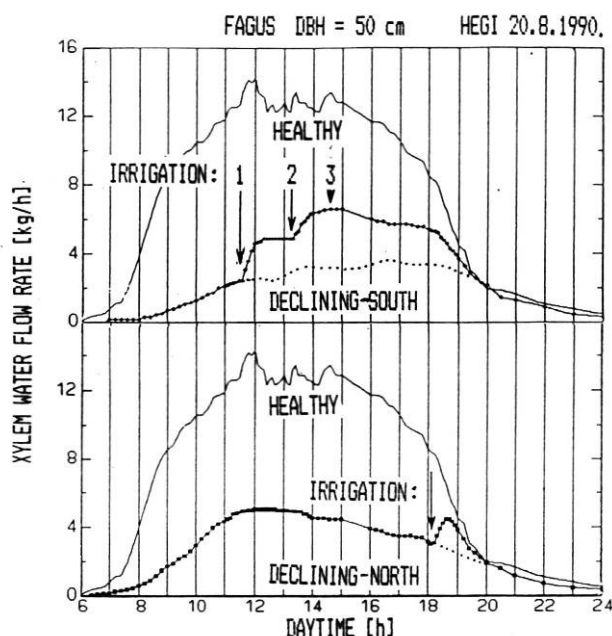
Použitím mnohabodových čidel, které měří transpirační proud v různých hloubkách běle lze studovat **hydraulickou strukturu stromů**. Tedy jak je transpirační proud z různých kořenů spojen v bělové části dřeva kmene s různými částmi koruny (**Obr. 6**). Většina druhů (z jehličnanů a difúzně pórovitých listnáčů) má proud integrovaný tak, že z variabilnější distribuce u base kmene se v průběhu kmene vyrovnává (např. rozptyluje se po spirále, nebo vedením cik-cak), takže při poškození jednoho kořenu se o něco sníží dodávka vody do celé koruny, ale nestává se kritickou. U jiných druhů (zejména

kruhovitě pórovitých, z jehličnanů např. u thuje) probíhá proud z jednoho kořenu úzkým sektorem kmene do jedné nebo několika větví nad sebou. Při poškození kořenu, nebo jen odřením kůry z malé části kmene jsou pak významně poškozeny i tyto větve a zpravidla odumírají. Tento jev je ilustrován na vedlejším obrázku (**Obr. 7**).



Nejvíce informací dostaneme, když tato měření provádíme s vysokou frekvencí zápisu dat (1 min nebo několik sekund) v průběhu pokusů. Tj. např. lokální zavlažování, stínění, či v krajním případě řezání větví, apod. Jako příklad experimentu u dubu, na kterém bylo instalována série mnohabodových čidel (viz schéma na Obr. 5). Velké větve dubu byly odřezávány postupně během několika dnů tak, že od každé velké větve prvního řádu bylo odřezáváno během slunného dne jen pár tenkých větví druhého řádu (aby bylo vidět jasnou odezvu na každý řez). Na grafu je ukázán záznam jen ze dvou čidel z protilehlých stran kmene, kde je vidět že při řezání větví z jedné strany vždy reagovalo jen čidlo s té samé strany kmene. Tato studia potvrzuje, že dub má výrazně sektorovou hydraulickou strukturu kdy určitým místem v kmeni voda protéká (anebo při poškození neprotéká) jen k větvím umístěným nad nim.

Dle změn denní amplitudy transpiračního proudu stromů rostoucích na suché půdě lze při lokálním zavlažení **kvantifikovat podíl snížení proudu** vlivem okamžité vlhkosti půdy a vlivem trvalého poškození vodivého systému (např. vznikem embolie v cévách, potupným



omezováním rozvoje listové plochy apod.). Situaci ilustruje denní průběh proudu u buku ve smíšeném lese (s dubem, jasanem, borovicí a jedlí) v horském lese (oblast Hegi) ve Švýcarsku (Čermák et al. 1991 – **Obr. 8**). Tento les rostoucí na jílovité půdě byl silně poškozen vichřicí (vyvráceno nebo zlomeno 50% kmenů) a po jejich vytěžení začala rychle odumírat většina buků. Šlo o buky původně rostoucí v hustších skupinách stromů, které byly uvyklé na zástin svými sousedy a vystačily zásobovat transpiraci poměrně malým kořenovým systémem s půdorysem menším než činil půdorys často asymetrických korun (s větvemi vrůstajícími do osvětlenějších prostorů v nejbližším okolí). Buky od počátku rostoucí ve volnějších částech porostu

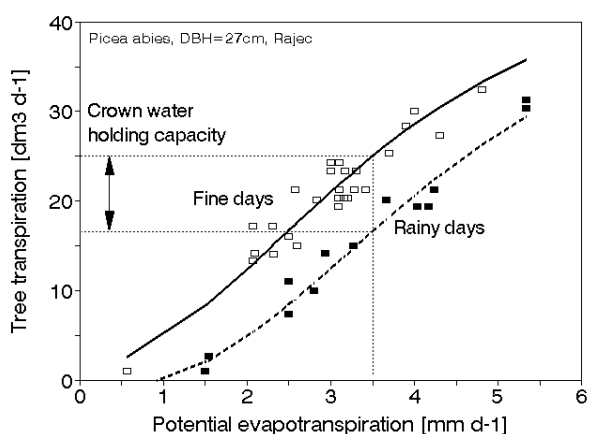
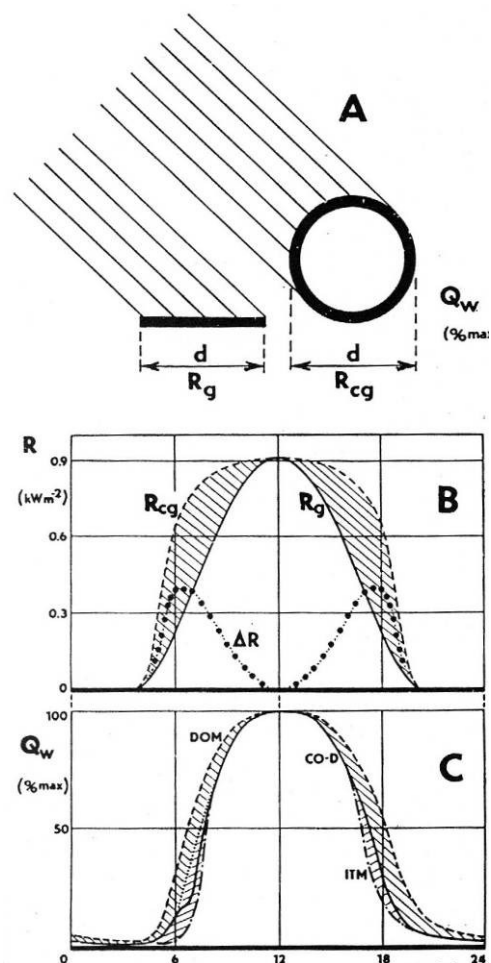
s kořeny zasahujícími vně půdorysu koruny nápor vichřice vydržely, po ní neodumíraly a silně transpirovaly (viz oblé křivky na obrázku) a téměř nereagovaly na zavlažení. Nedaleké stromy měly transpiraci silně sníženou a kolem nich byl kruh suché půdy bez podrostu, zatímco v okolí byl hustý porost keřů a bylin. Tyto stromy po silném zavlažení (50 mm)

výrazně reagovaly, ale jen dvakrát po sobě - zvýšená amplituda křivky indikovala vliv změn okamžité vlhkosti půdy. Po třetím zavlažení již ke zvýšení nedošlo. Rozdíl amplitudy poškozeného a zdravého stromu indikoval míru trvalého poškození jeho vodivého systému. Místním lesníkům tak bylo možné doporučit od počátku vývoje porostu dbát o vytvoření řidšího zápoje stromů.

Funkční parametry korun stromů

Denní úhrny transpiračního proudu na strom (Q_w) spolu s odpovídajícími meteorologickými údaji (potenciální evapotranspirací, PET) slouží k odvození **efektivního půdorysu korun** (Q_w / PET v m^2 na strom). To je vhodné (zejména ve srovnání s geometrickým půdorysem korun) jak při využití snímků z dálkového průzkumu, tak při hodnocení optimální hustoty porostů apod. Jde též o alternativní způsob vyjádření vodivosti korun a jako takový slouží i ke kvantifikaci míry případného stressu.

Denní průběhy transpiračního proudu a radiace měřené na různě tvarované povrchy (**Obr. 9** vpravo) jsou také používány k odvození **efektivního tvaru korun**. Např. koruny podúrovňových stromů se funkčně jeví jako „horizontální placky“, zatímco koruny dominantních stromů jako výrazné prostorové útvary (např. elipsoidy, paraboloidy, koule apod.). Tyto tvary také charakterizují poměr horního a bočního osvětlení, tedy i míru zastínění stromů jejich sousedy stejně jako míru zachycení energie směřovaného slunečního záření lesním porostem. Tak lze upřesnit výpočet listovým skutečně přijaté zářivé energie a tím i poklady pro hodnocení porostů z hydrologického hlediska a efektivity růstu.

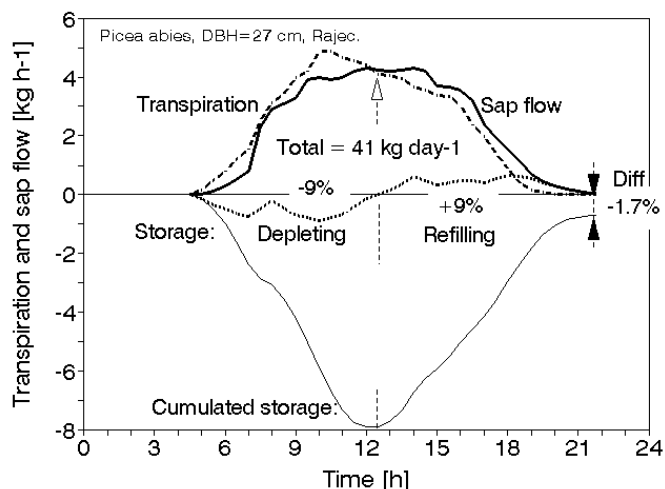


Koruny stromů s větší plochou listoví jsou schopné zadržovat na svém povrchu také větší množství vody. To platí především v období srážek, ale i v zamračených a chladných dnech po dešti ale beze srážek, kdy se voda odpařuje se výrazně méně. V takových případech lze **množství korunami zadržené vody** odvodit ze vztahu denních úhrnů transpiračního proudu k odpovídajícím hodnotám potenciální evapotranspirace za pěkného a deštivého počasí. Na **Obr. 10** vlevo se jeví se jako rozdíl hodnot mezi křivkami.

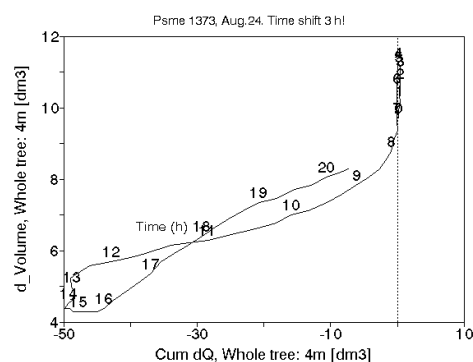
Vodní zásoby v pletivech kmene a jeho růst

Závažnou součástí mechanismů zajišťující odolnost stromů vůči suchu je zásoba vody v jejich pletivech, kdy největší roli má velké množství vody v bělovém dřevě kmenů. Ta funguje jako pufrovací kapacita a je běžně využívána v průběhu dne a vegetačního období (Čermák et al.,

2006). Tato voda (snadněji přístupná než voda z půdy) je využívána zejména k prudce stoupající transpiraci ráno, dokud nejsou vyčerpány její zásoby. Naopak v odpoledních hodinách transpirace již klesá, ale transpirační proud stále pokračuje a dosycuje v různé míře dehydratovaná pletiva, což probíhá přes celou noc až do dalšího rána (**Obr. 11** vpravo). Nedojde-li k řádnému dosycení pletiv, vznikající deficit (viz šipky vpravo) se v sezóně kumuluje. Nedostatečná velikost této zásoby může být jedním z důvodů zvýšené mortality stromů např. na mělčích půdách na jaře po zimním období, během kterého se půdní voda stala pro stromy nepřístupnou v důsledku déletrvajících mrazů, nebo naopak došlo k jejímu vyčerpání v podmínkách teplé zimy.



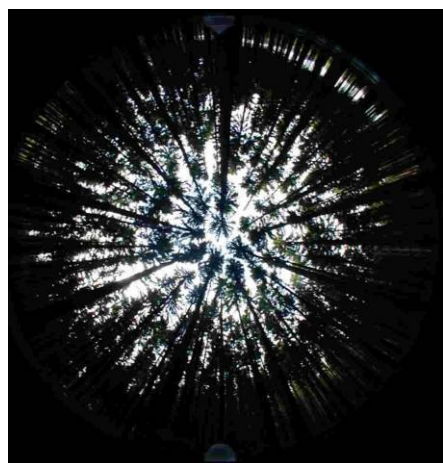
Změny velikosti **vodní zásoby v kmeni** v průběhu dne mají za následek pulsování jeho tloušťky. Tyto změny jsou na poloměru kmene zdánlivě malé (cca 0.1-0.2 mm), ale při

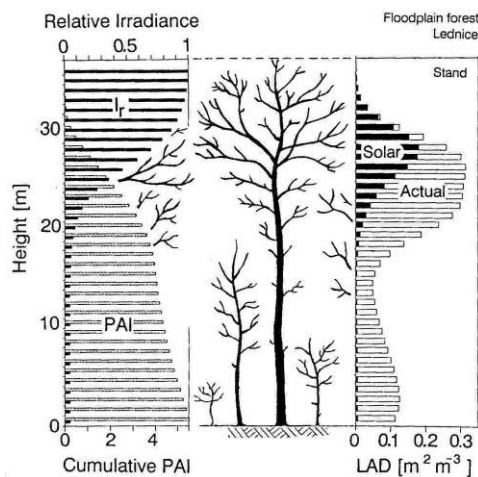


přepočtu na objem celého stromu představují jednotky až desítky litrů vody (**Obr. 12.** - Čermák et al. 2006). Podobné, avšak menší změny objemu kmene nastávají v důsledku jeho **růstu**. Příklad denních změn objemu kmene u douglasky za teplého a suchého počasí ukazuje, že cca od 08 do 21 hod docházelo k výrazné dehydrataci (ráno) a pozdější rehydrataci kmene, zatímco růst nastával jen v období vodou dostatečně zásobených pletiv (když se rehydratovaný objem pletiv již neměnil), cca mezi 21 až 08 hod následujícího dne. Samotné růstové změny v průběhu

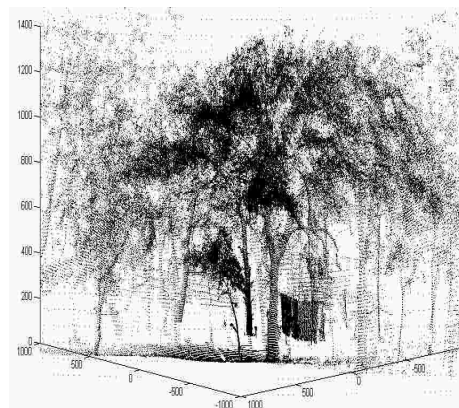
sezóny dostatečně zachycují samotné dendrometry, zmíněná denní měření však pomáhají objasnit příčiny děleodobé dynamiky.

Distribuce listoví (jehličí)





Listoví je základním organem pro zachycování sluneční energie a produkci asimilátů v procesu fotosyntézy. Pro jeho hodnocení je třeba ho kvantifikovat. Je to obvykle prováděno různými optickými čidly (např. rybí oko – Obr. 13 vlevo, dle kterého lze dobře odvodit osvětlení



podrostu. Čidla jsou většinou uzpůsobena tak, aby na výstupu dávala index listové plochy (LAI v m^2m^{-2}). Pomocí laserového skenování lze získat 3D obraz s přesností asi na 5 cm. (Obr. 14. vpravo – Van der Zande et al. 2009). Tento postup je však použitelný jen u soliterních stromů nebo těch rostoucích v řídkých porostech. Někdy je vhodné pracovat s vertikální distribucí listoví (zejména vzhledem ke světlu), případně radiální distribucí (při hodnocení let snímků z dálkového průzkumu). Také je možné pro odvození distribuce listoví použít na statistické úrovni platné allometrické rovnice. Na základě přímých měření irradiance, I_r (nebo i vyhodnocení plošné hustoty listů ve vertikálním a radiálním profilu). Tak lze odvodit vedle celkové plochy listoví (bílé sloupčky) i jeho osvětlenou část, závisající na zastínění listů vlastní korunou i korunami sousedních stromů (černé sloupčky - viz Obr. 15 vlevo). Poměr obou těchto ploch udává procentické osvětlení celé koruny

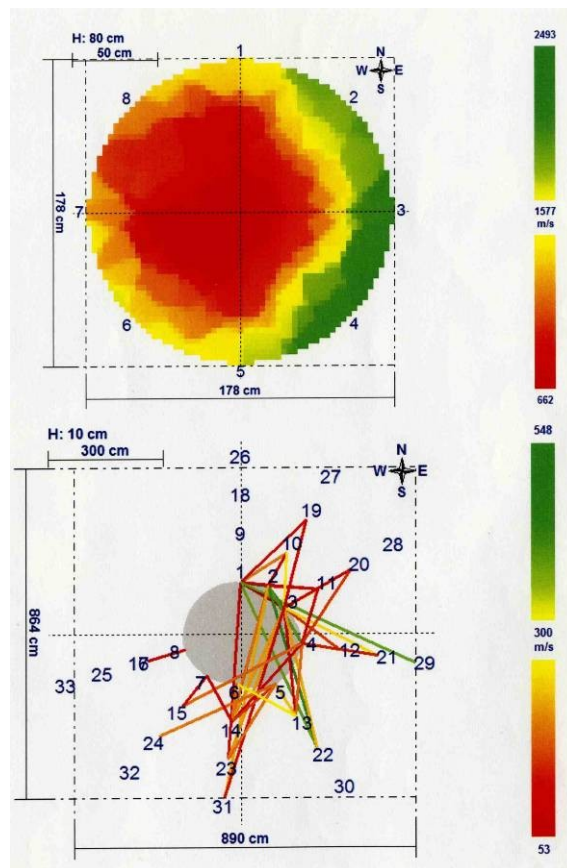
Vizualizace a kvantifikace kořenových systémů

Pro hodnocení situace stromů a porostů je zvláště důležitá jak popis kořenových systémů, které nejsou běžně viditelné. Tradiční velmi pracné ruční metody odhalování kořenů dnes v případě potřeby bohatě nahrazuje technika **supersonického proudu vzduchu** (Obr. 16 – Čermák et al. 2008). Ta je za příznivé vlhkosti půdy schopná odhalit jak skeletové kořeny, tak téměř bezeškodně i tenké a jemné kořeny a pomocí obrazové analýzy je i přibližně kvantifikovat. Jestliže jsou kořeny během těchto prací zavlažovány, kořenový systém zůstane po následném zahrnutí půdou funkční. Tato technika je vhodná i pro některé stavební práce, které se dotýkají kořenů a kdy je možné je provést po krátkodobém odkrytí kořenů daleko jemnějším způsobem než s použitím bagrů či buldozerů.

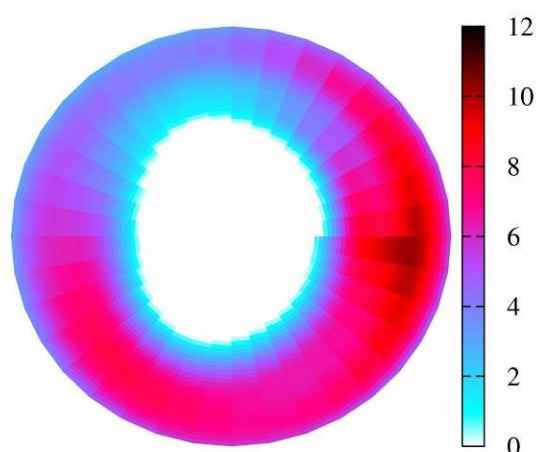


Stav báze kmene a distribuce hlavních větví kořenového systému

Statická stabilita stromu je výrazně ovlivňována kvalitou dřeva na příčném průřezu kmene, zejména na jeho bázi (kde především hraje roli výskyt hniloby) a distribucí a funkčním stavem kořenového systému. Pro stanovení uvedených parametrů dosud hodnocených většinou jen na základě intervenčních, destruktivních metod je logicky výhodnější využití metod nedestruktivních. Z nich se v poslední době rozvíjí a využívá zejména metoda **pulzní akustické tomografie** (RINN 2001). Tato metoda umožňuje na základě hodnocení rychlosti průchodu zvuku dřevem při vhodné kalibraci odlišit zdravé a v různé míře poškozené dřevo a zároveň v půdě vizualizovat rozložení, případně míru destrukce hlavních větví kořenového systému. Z pohledu analýzy kmene (dub, 300 let, lokalita Hluboká nad Vltavou) (**Obr. 17**– nahoře) je zcela zřetelné výrazné poškození báze (červená a žlutá barva), zůstatková, zbytková stěna dřeva plně staticky funkčního (zelená barva) je zachována pouze ve východní straně kmene. Uvedené situaci odpovídá i prostorová distribuce kořenového systému (**Obr. 17**. - dole), kde analýza je záležitostí složitější (Simon et al. 2011). Lze konstatovat, že zvukový impuls se postupně šíří dvěma odlišnými médii (půda, kořen). V půdě ve formě mechanické vlny (popsatelné LAMÉOVOU rovnicí), při interakci s kořenem pak dojde k vybuzení zejména podélné a ohybové vlny, která se pak kořenem šíří k přijímači, zejména v úrovni vln nižších frekvencí. Z uvedeného je zřejmá obtížnější kalibrace z hlediska hodnocení zdravotního stavu kořenů, otázka distribuce se jeví méně problematická. Z Obr. 12 je zřejmá i destrukce kořenového systému odpovídající hnilobě kmene. Souhrnně lze analyzovaný strom hodnotit jako výrazně nestabilní a rizikový, což okulárně nemusí být zjištěitelné. Na uvedené analýzy lze napojit softwarovou aplikaci řešící mechanický modul kmene, tedy i rizikové směry možné destrukce (a pádu) stromu.

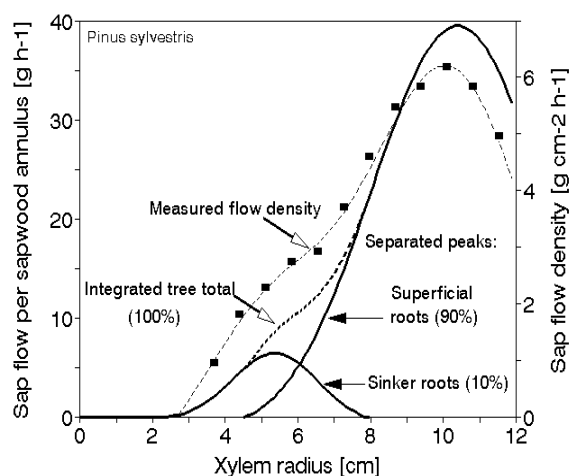


Příčný virtuální průřez kmene (**Obr. 18**) ilustruje vnitřní **variabilitu transpiračního proudu** (viz stupnice jeho hustoty na jednotku plochy běle: $\text{g cm}^{-2} \text{ h}^{-1}$ vpravo), zjištěnou sérií multibodových čidel (Čermák et al. 2004) kterou lze interpretovat z hlediska příjmu vody kořeny (měříme-li proud u base kmene), nebo jejího výdeje různými částmi koruny (měříme-li pod korunou). V řadě pokusů s odřezáváním a lokálním zavlažováním (Naděždina et al. 2006, 2007) bylo zjištěno, že vnější vrstvy běle vedou vodu přijatou převážně mělkými povrchovými kořeny, zatímco hlubší vrstvy běle vodu přijatou hlubokými kotevními nebo kůlovými kořeny (Naděždina a Čermák 2000a).



S ohledem na použitou metodu lze tuto dynamiku běžně sledovat kontinuálně, se záznamem dat třeba každý den či minutu, čili přesně prověřit funkci celého vodivého systému.

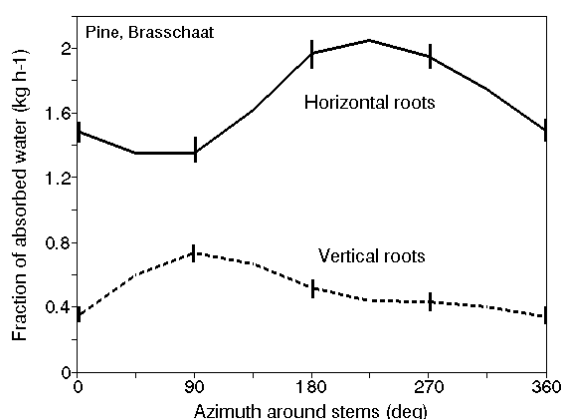
Tok vody ve vnějších a vnitřních vrstvách běle lze také dobře rozlišit na radiálním profilu transpiračního proudu (**Obr. 19**, v bodech na křivce byl transpirační proud přímo měřen), i když se samozřejmě prolínají. Podíly toků jsou na obrázku znázorněny šipkami (Naděždina et al. 2007, Čermák et al. 2008). Křivky charakterizují **dodávku vody hlubokými a**



povrchovými kořeny (sinker & superficial). Toto měření má význam např. pro zjištění odolnosti stromů vůči suchu nebo zaplavení i zhodnocení jejich predispozice k napadení houbami nebo hmyzem. Stromy s hlubším zakořeněním díky němu zaujímají větší objem půdy a tedy i dostupné vody. Ta pak pomáhá udržovat dostatečnou hydrataci pletiv a tím i přetlak pryskyřice ve skeletu (Martinková a Čermák 1994). Následkem toho jsou hlouběji kořenící stromy odolnější vůči napadení kůrovcem (Alexandr et al. 2010). Naproti tomu

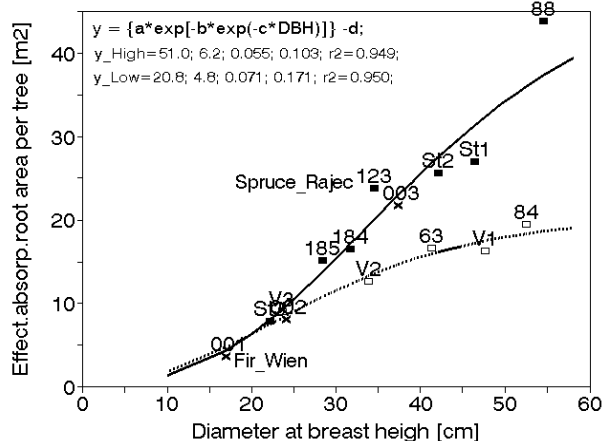
mělce kořenící stromy choulostivé na přísušky podléhají jeho ataku podstatně dříve a snáze.

Distribuce kořenů má ovšem význam také při posuzování **mechanické stability stromů**. Např. náklon stromů asi o 10° ovlivnil větší rozvoj funkčních povrchových kořenů směrem



proti převládajícímu větru, kdežto hlubokých kořenů ve směru po větru. (**Obr. 20** – Čermák et al. 2008). Obdobným způsobem se kořeny stromů přizpůsobují např. rozdílné hloubce půdy (Naděždina et al. 2007), různé hustotě okolního porostu (větším rozvojem do volnějších částí porostu) apod. Zvláštní význam tato měření mohou mít význam při hodnocení bezpečnostních otázek u stromů rostoucích v nějakém omezeném prostoru, např. ve městech nebo v alejích.

Jedním ze základních biometrických parametrů je **absorpční plocha kořenů**, tedy parametr srovnatelný s plochou listů. K jejímu stanovení byla vyvinuta metoda modifikované elektrické impedance půdy (Aubrecht et al. 2006). Ta uvádí velikost této plochy v sekcích kolem kmene a pro celý strom (**Obr. 21**). I ve složité směsi dřevin systém vnímá jen kořeny stromu, do kterého jsou zapojeny elektrody. Uvedený příklad charakterizuje závislost kořenové plochy na výčetní tloušťce u dvou skupin smrků na pokusné ploše lesnické fakulty v Rájci. Vypočtené allometrické rovnice umožňují přepočítat dat na celé porosty. Ta je vyjádřena podobně jako u plochy listů (indexem LAI), u kořenů RAI, tedy plochou absorpčních kořenů na jednotku plochy



porostu. Poměr RAI / LAI patří mezi nejvýznamnější ukazatele strukturální bilance stromů, tedy vyváženosti příjmu a výdeje látek.