

**Měření transpirace
prostřednictvím transpiračního
proudu a operačních struktur
dřevin významných z hlediska
vodního provozu**

J.Čermák, N.Naděždina

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

Transpirace dřevin

Voda je nejčastějším přirozeným limitujícím faktorem růstu a ohrožujícím funkční stabilitu dřevin

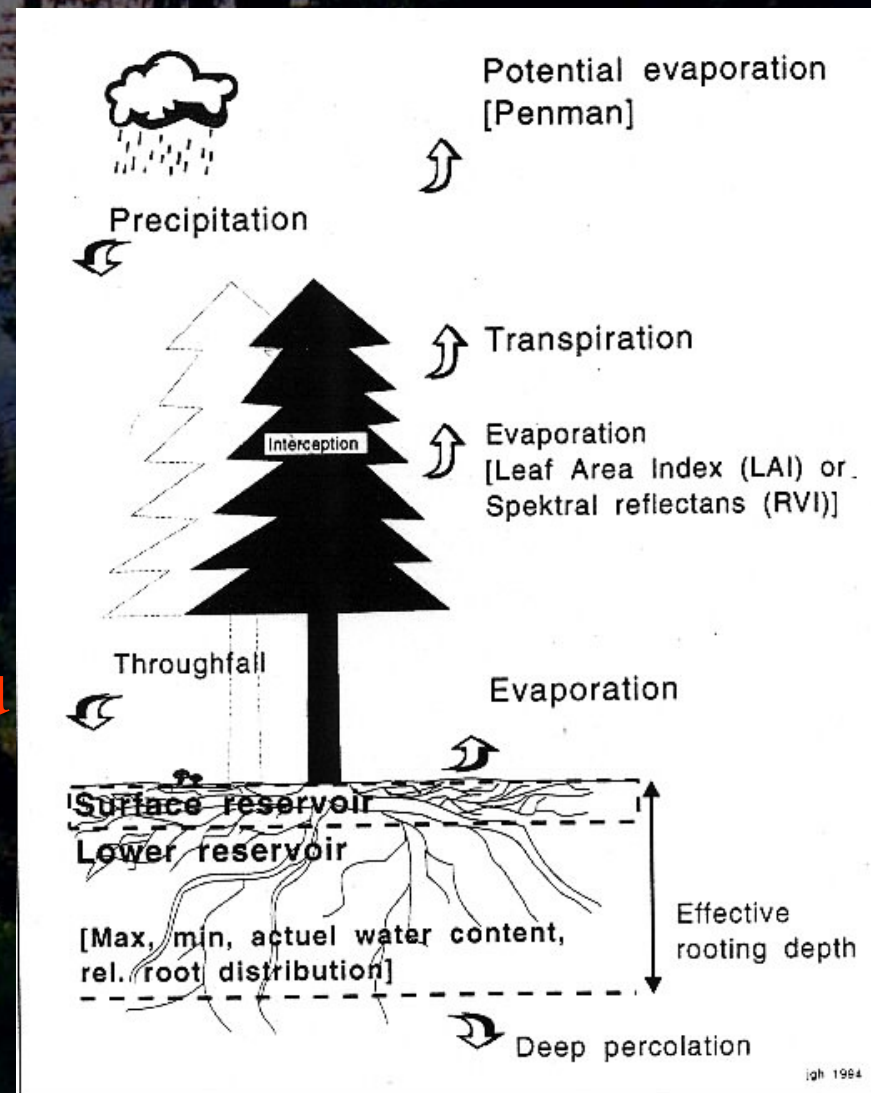
Globální oteplení je spojeno s většími požadavky na výpar a zhoršeným zásobením vodou

Narušení vodního provozu znamená kritický zásah do ostatních fyziologických procesů

Souvislost vodního provozu a struktury stromů, resp. lesních porostů

Schéma toků a rezervoárů vody v lesním ekosystému

(toky vody zahrnují naprostou většinu toků energie)



Speciálně vybavené plochy



Příklady:

Německo

(Mnichov)

Washington

(Wind river)



+ Nejkomplexnější studie, téměř všechny obory

- ekonomicky náročné, malý počet ploch v měřítku krajiny

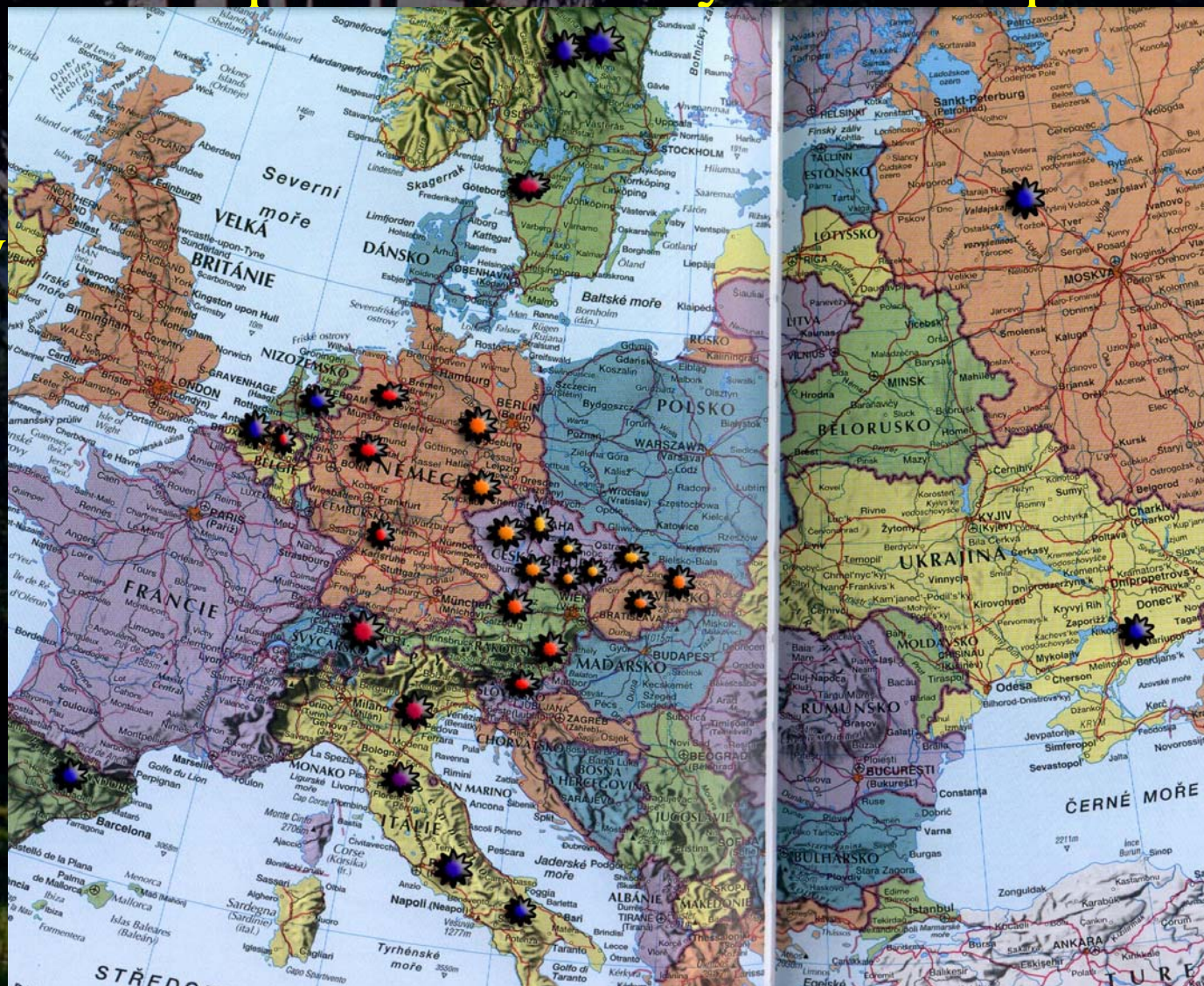
Studie nezávislé na vybavení ploch

Příklad: Část z 50ti ploch sledovaných v Evropě

- Jen vybrané
procesy a struktury

+ Ekonomicky
přijatelné

+ Velký počet
pokusných ploch
v krajině



Objekt: kontinuum půda – strom – atmosféra

(parametry stromů stanovitelné v krajinně významném měřítku)

Meteorologické faktory

STRUKTURA

Koruna-listoví

- Množství a distribuce listoví
- Detaily vnitřní struktury

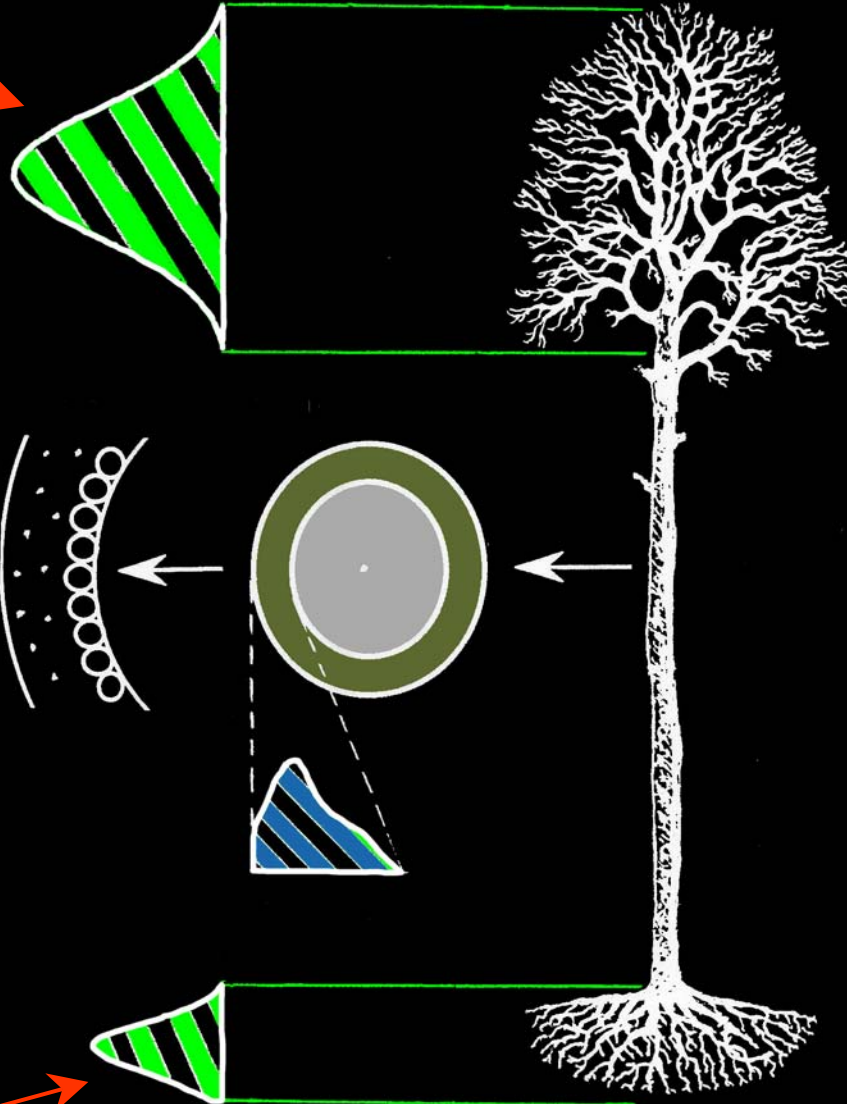
Vodivý systém

- Distribuce vodivých elementů
- Průtočný profil

Kořenový systém

- Množství a distribuce kořenů
- Detaily vnitřní struktury

Půdní faktory



FUNKCE

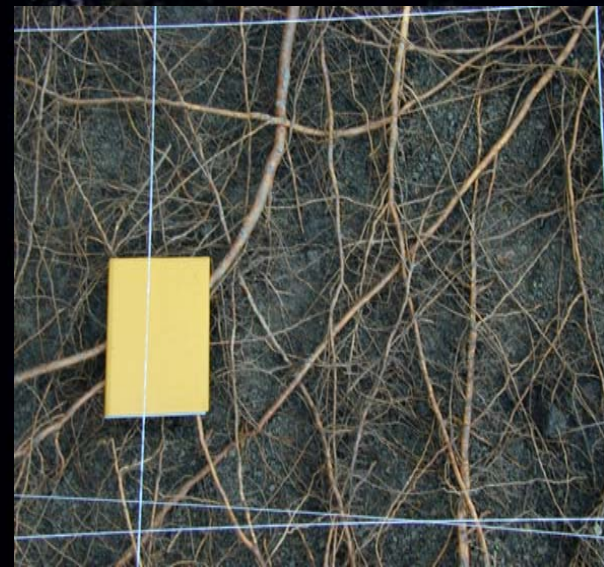
Transpirační proud

- Spotřeba vody
- Radiální profil
- Zásoba vody
- Změny objemu kmene (hydratace, růst)

Výběr reprezentativních a dobře (bez zvláštních staveb) měřitelných veličin



Listy i kořeny jsou rozptýlené orgány jednotlivě málo reprezentativní



Kmen integruje chování všech listů a kořenů

Vodivý xylém – běl



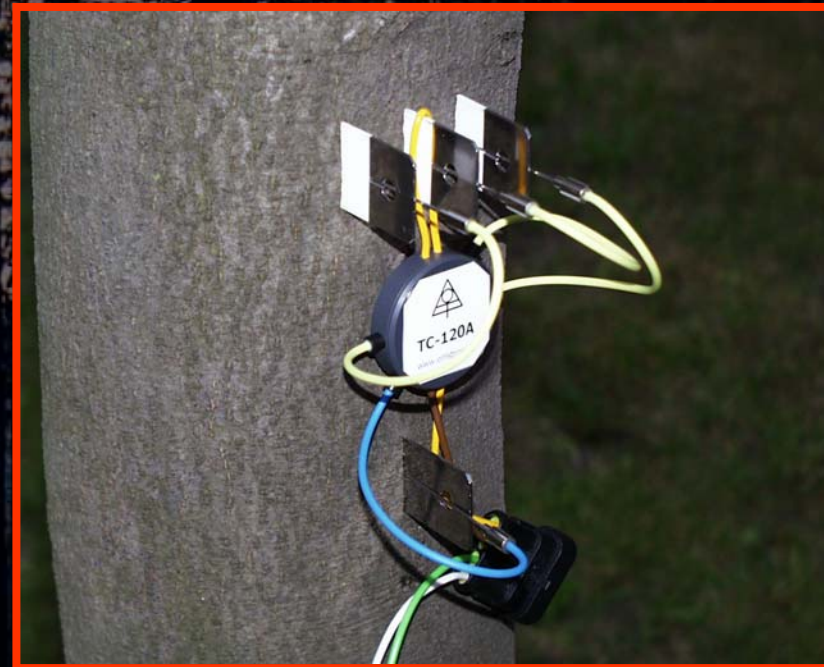
Transpirační proud reprezentuje strom a je rel.snadno měřitelný autonomními přístroji

Měření transpiračního proudu - metody

(Podmínka: kvantitativní metody, které nevyžadují kalibraci)

Metoda tepelné bilance kmene

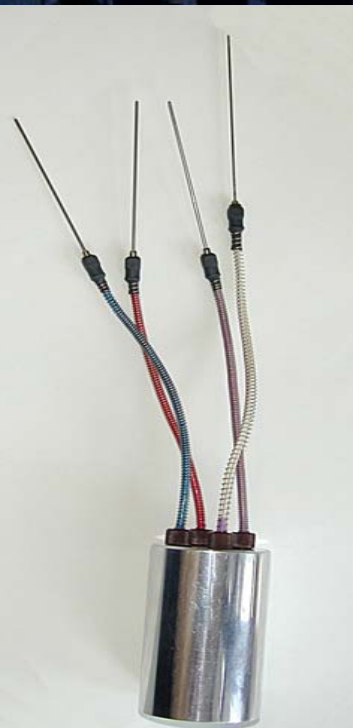
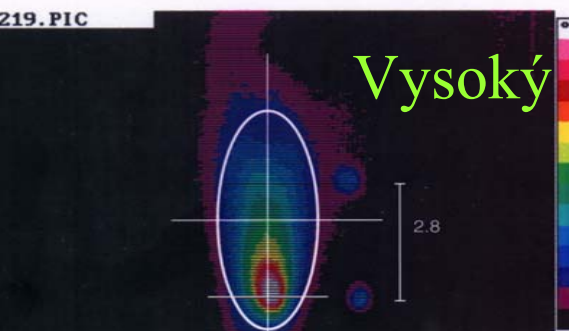
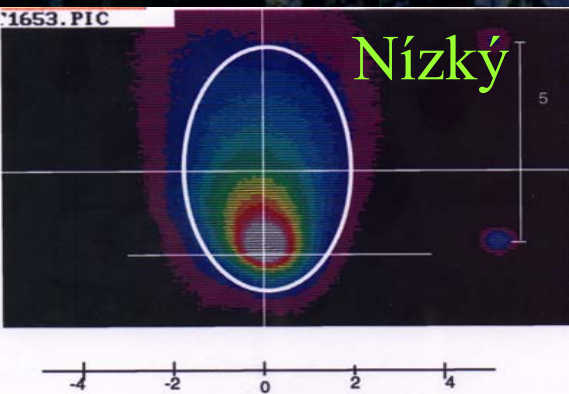
(Čermák et al. 1973, 2004). THB integruje proud v celém vodivém profilu dřeva (běle), je vhodná zejména pro druhy s mělkí bělí a to i těch vysokou hustotou proudu, často užívána jako standardní metoda pro testování jiných metod.



Modifikované čidlo THB je použitelné i pro měření na výhonech, kořenech nebo větších listech

Měření transpiračního proudu - metody

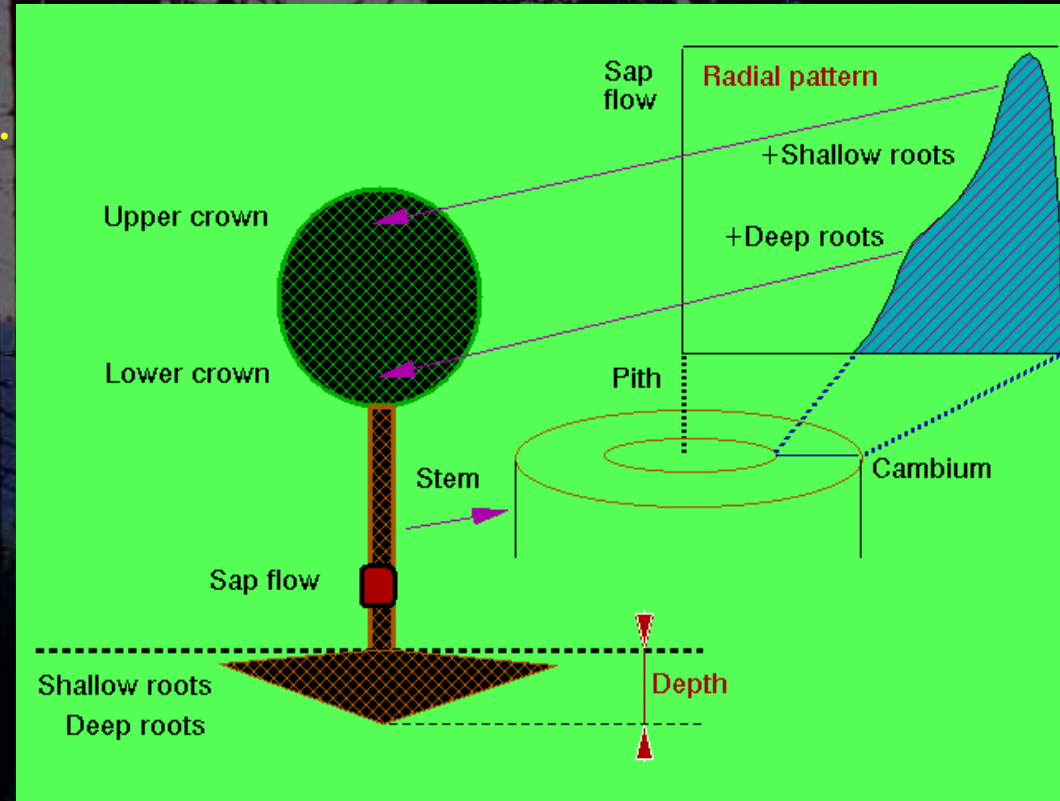
Metoda deformace tepelného pole (Naděždina, Čermák, Naděždin 1998)
(kruhové tepelné pole kolem vyhřívaného lineárního zdroje se prodlužuje s intenzitou proudu)
HFD umožňuje měření vektorů proudu a radiálního profilu proudu na průřezu běle kmene



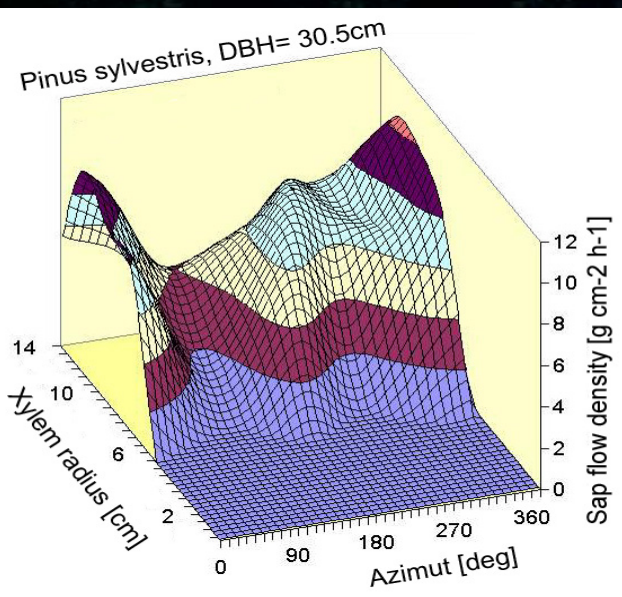
Variabilita hustoty proudu uvnitř kmene



Příklad
asymetrické
růstu
kořenů



Příklad hustoty proudu na
rozvinutém průřezu kmenem



Radiální profil hustoty proudu u base
charakterizuje absorpční aktivitu různě
hlubokých kořenů, je-li měřen výše,
transpiraci různých částí koruny

Měření transpiračního proudu v porostu

Švédsko – okolí Uppsaly

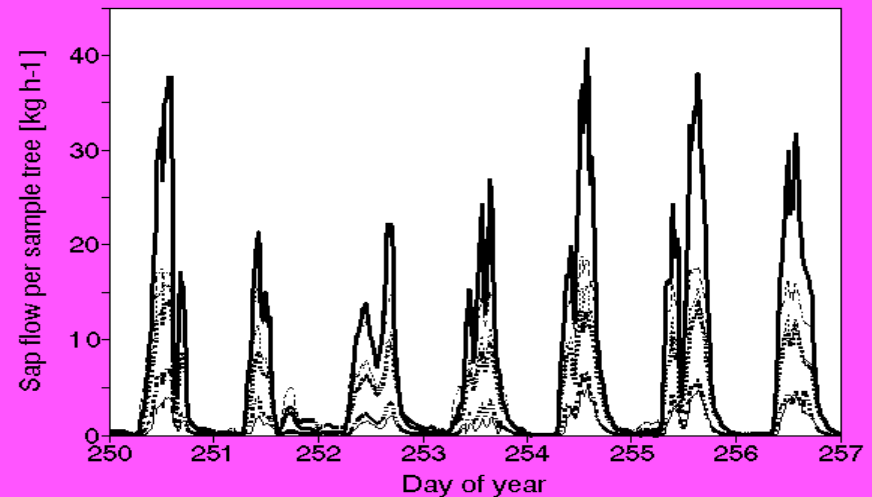


Měření je prováděno u série stromových vzorníků různé velikosti a druhu reprezentujících porost

Rusko - prameniště Volhy



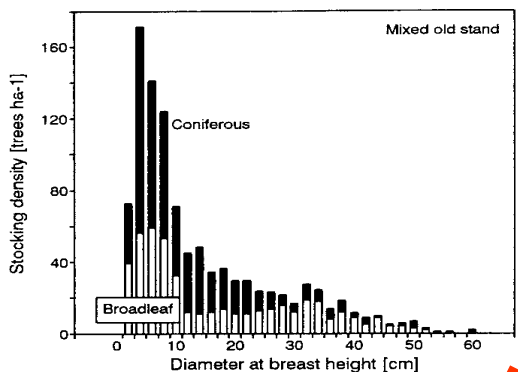
Floodplain forest, Lednice



Amplituda a dynamika je indikátorem situace

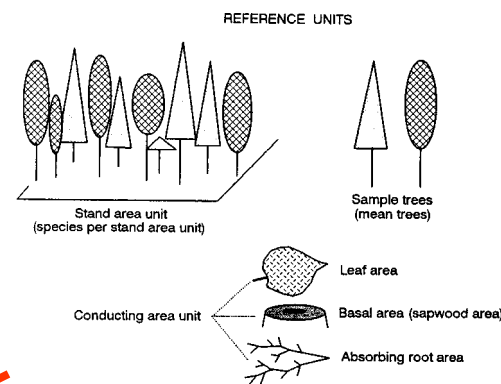
Přepočet dat ze vzorníků na porosty

Hustota porostu

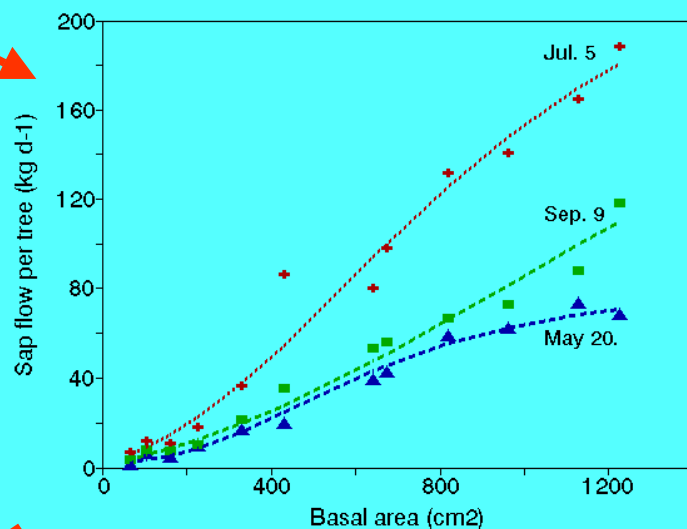
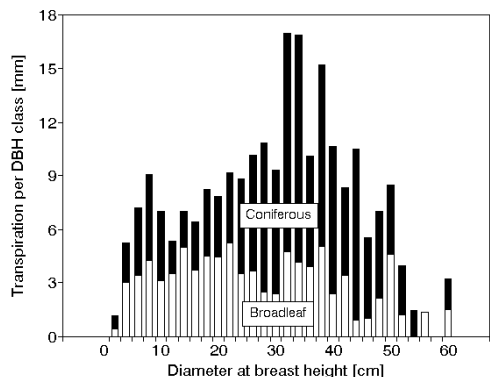


Rovnice přepočtu ze vzorníků na průměrné stromy tloušťkových tříd

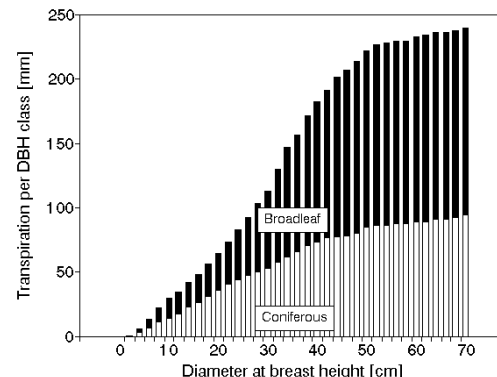
Výběr veličiny



Tloušťkové třídy



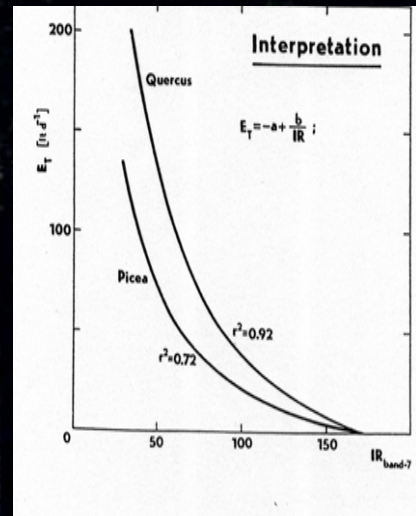
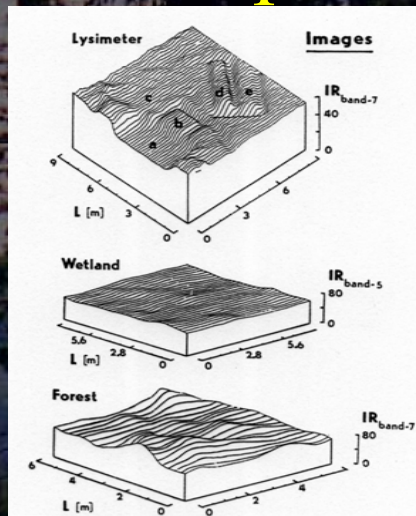
Výsledný porost



Sumarizace tříd

Přepočet transpirace z porostů na krajinu

1) Kalibrace IR snímků z dálkového průzkumu



2) Modelování s využitím stanovištních apod. dat

- stanovištní data
 - parametry porostů
 - meteorolog. data
 - další
-
- konstrukce modelu
 - verifikace výsledků
-
- výsledky platné pro danou oblast

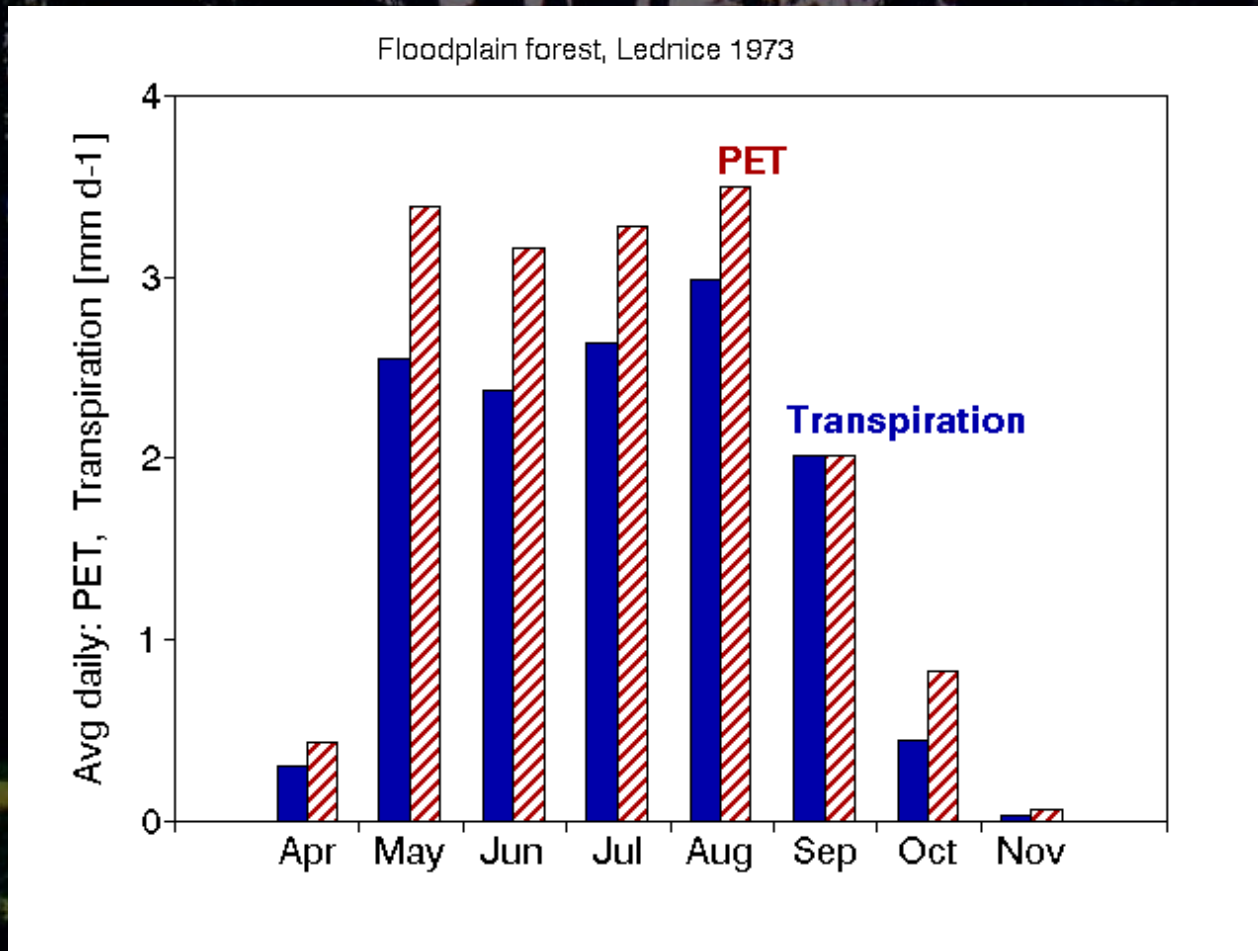
Příklad: Lesní porosty s kontrastní transpirací

Zaplavovaný lužní les
(Břeclavsko)
450 mm/sezonu

Chudý bor na pískovci
(Kokořínsko)
50 mm/sezonu



Příklad: Vysoká transpirace lužního lesa v období posledních záplav



Příklad: aplikace na prameništi Volhy

Modelovaná oblast
(cca 3500 km²)

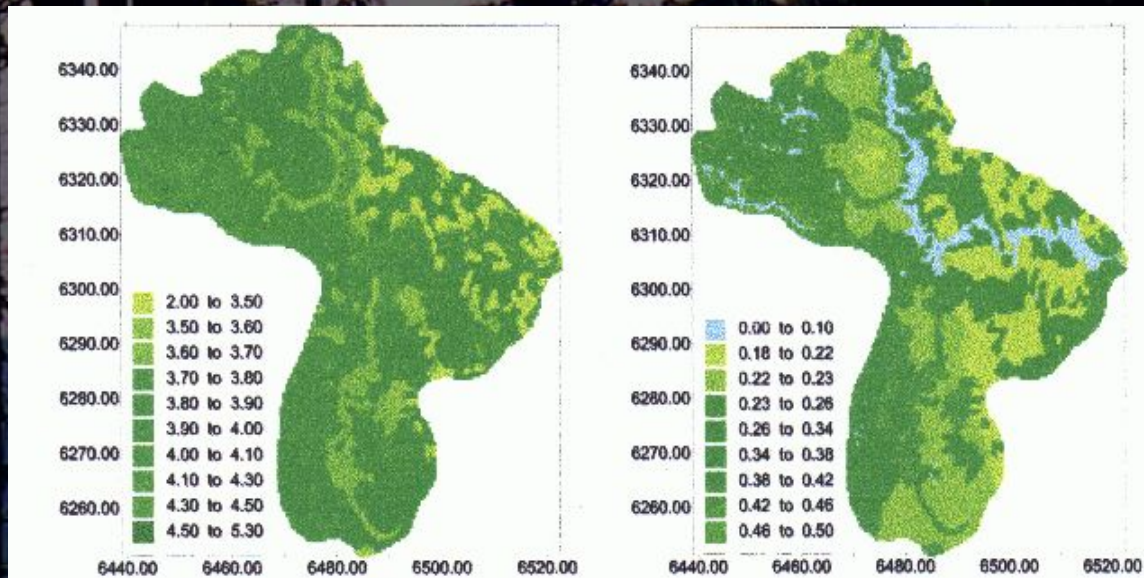


Fig. 12: Modelled daily total and understorey evapotranspiration for summer of 1999.

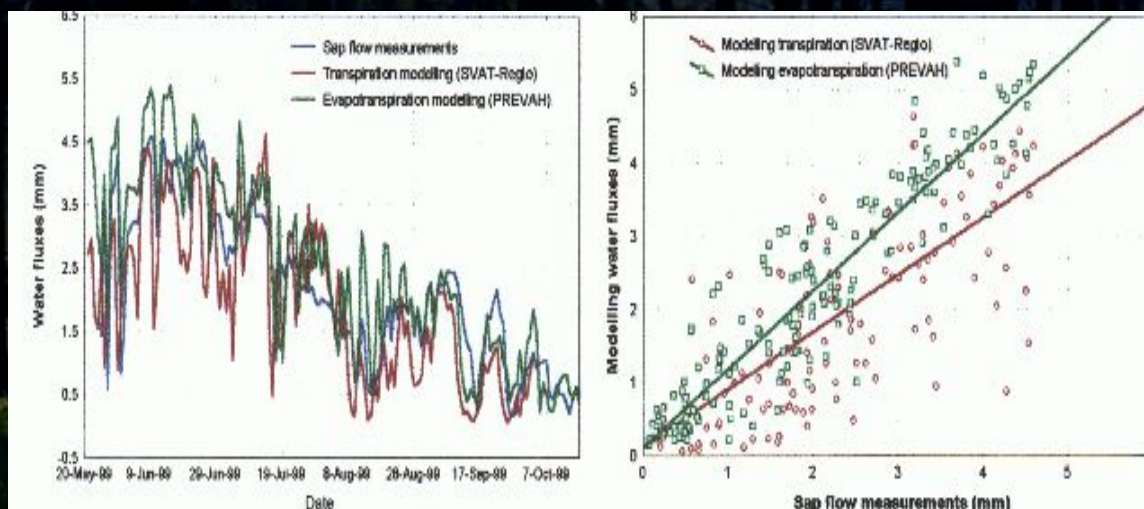


Fig. 5: Comparisons of modelled and measured fluxes at forest experimental site near Peno.

Verifikace použitých
modelů na základě
pozemních měření

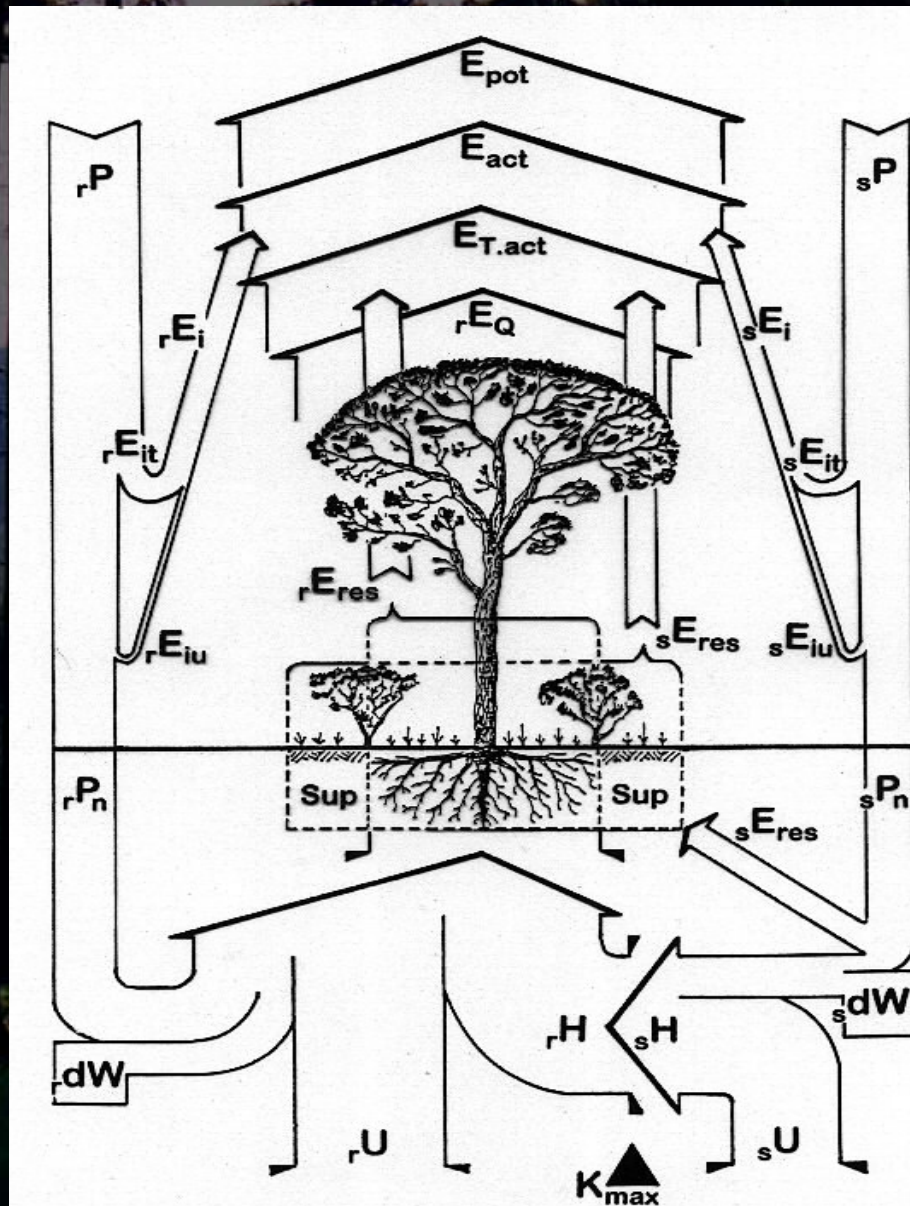
Význam transpirace ve vodní bilanci

Příklad situace v lužním lese na Břeclavsku při vysoké evapotranspiraci a optimální dodávce vody

(šipky znázorňují toky, jejich šířka odpovídá hodnotám toků v mm)

+ Komplexní informace

- Nutná dlouhodobá měření

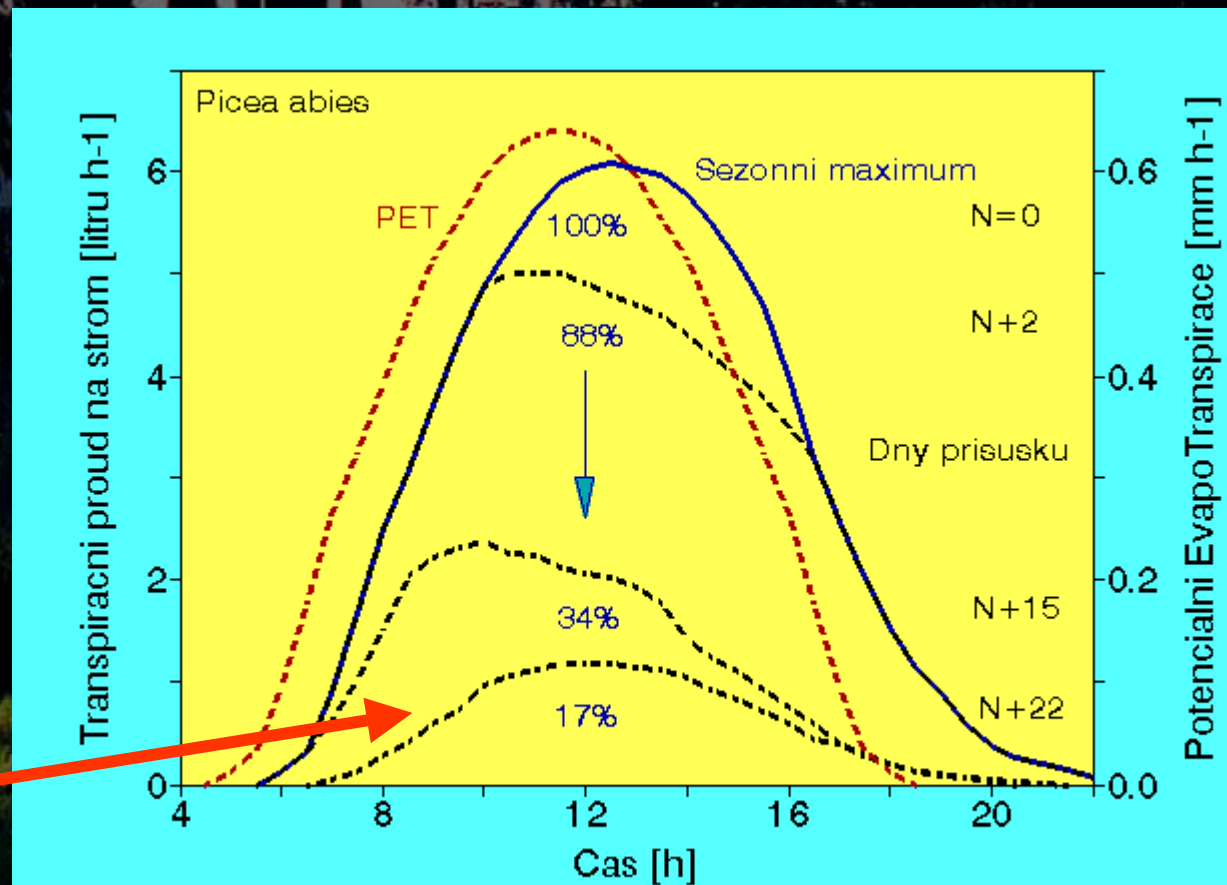


Příklad: detekce ohrožení smrku přísuškem

Změny - amplitudy (celkové hodnoty transpirace)
- tvaru denního průběhu transpiračního proudu

Hodnoceno pomocí modelů zahrnujících evaporační podmínky (PET) a vlhkost, resp. zásobu vody v půdě

Kriticky snížená hodnota proudu po 22 dnech beze srážek

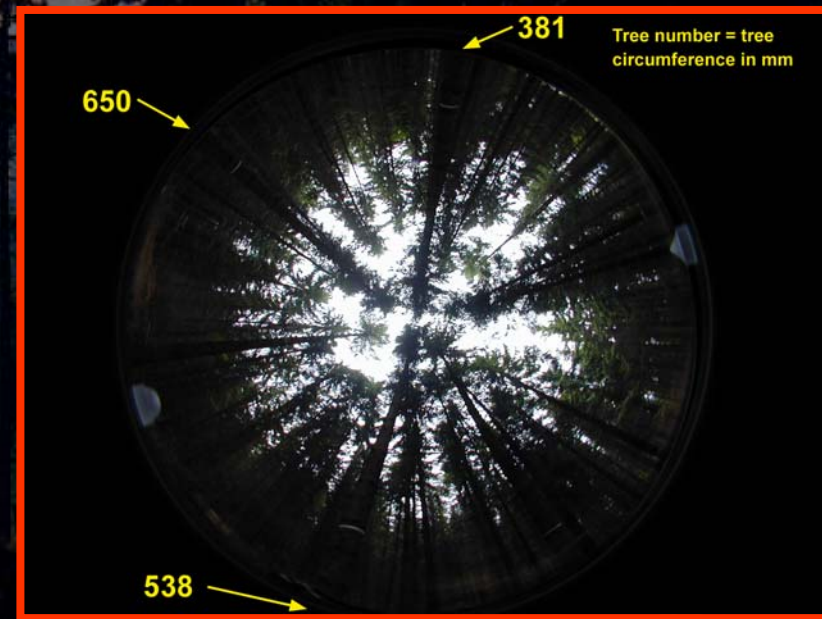


Měření funkční velikosti a struktury

Jak kvantifikovat biologicky významné
rozměry stromů?

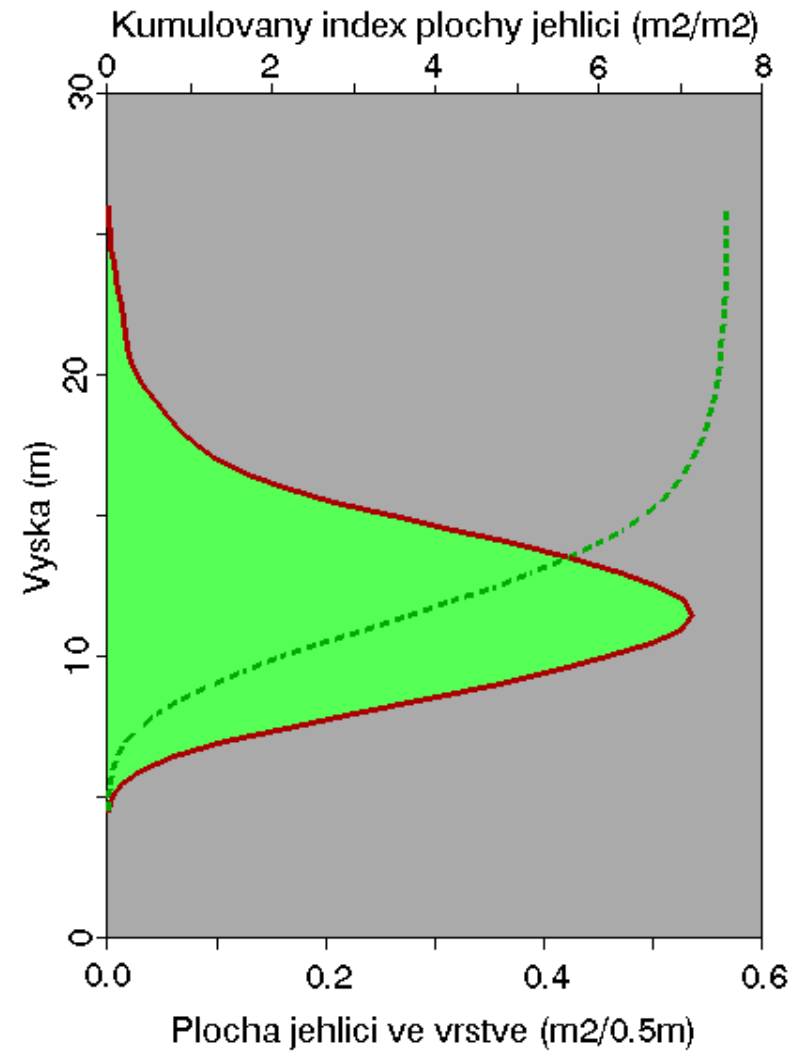
Přístrojová technika pro měření celkového množství a prostorové distribuce listoví

Dostupná optická technologie (např. systém. HemiView + digitální kamera) je běžně použitelná na úrovni celých porostů.



Výpočetní programy lze modifikovat pro práci s jednotlivými stromy

Příklad vertikální distribuce plochy jehličí v lesním porostu



Problematika měření kořenových systémů u velkých stromů



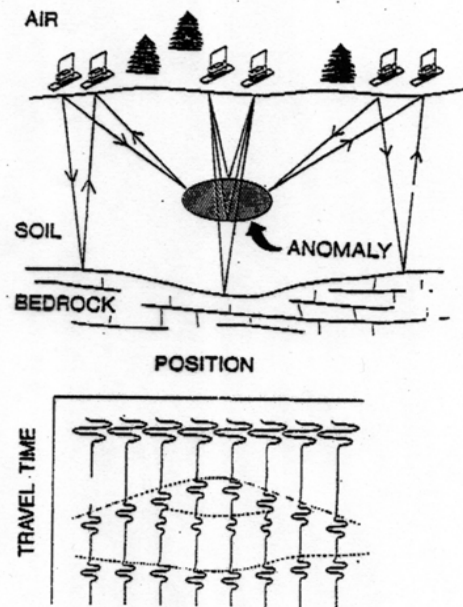
1) Odhad plošného rozsahu a hloubky zakořenění pomocí instrumentální vizualizace kořenů jako orgánů obvykle nedostupných pozorování

2) Kvantifikace kořenů, zejména pokud jde o jemné absorpční kořeny rostoucí na vodivě funkčních, větších skeletových kořenech



Visualizace kořenů pomocí georadaru

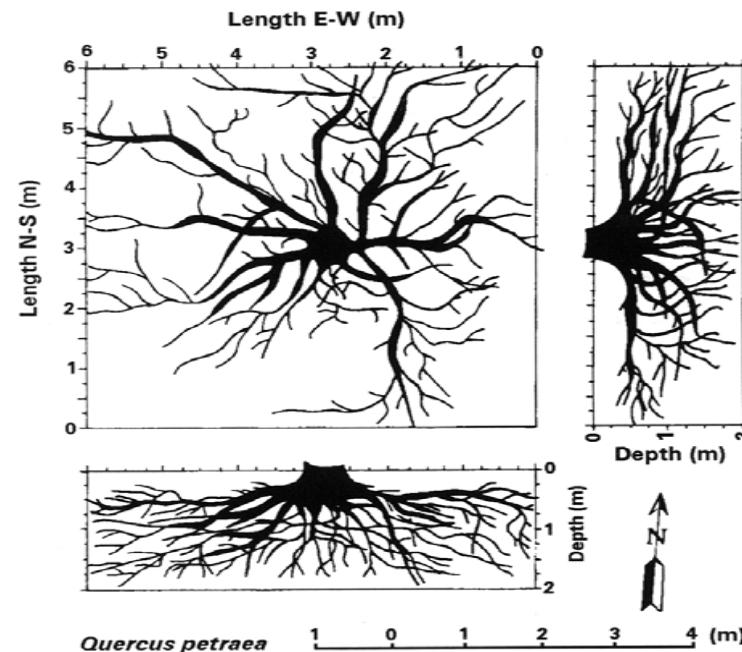
Princip:



Terénní práce
(pohyb antén
po povrchu půdy):



■
Výsledky:



Radar „vidí“ i skrze asfalt nebo vodu, avšak je schopen zachytit jen **skeletové** kořeny (tlustší než 2cm) a z nich lépe jen ty, rostoucí horizontálně (s chybou asi 20%), má problémy s detekcí vertikálních.

Odkryv kořenových systémů supersonickým proudem vzduchu



Vyžaduje **transport** silného kompresoru, což může být obtížné v těžkém terénu, ale metoda sama je velmi **efektivní**, za vhodné vlhkosti půdy dochází k **minimálnímu poškození kořenů**. To platí i pro jemné kořeny (o průměru kolem 1 mm), které lze bezpečně odhalit.

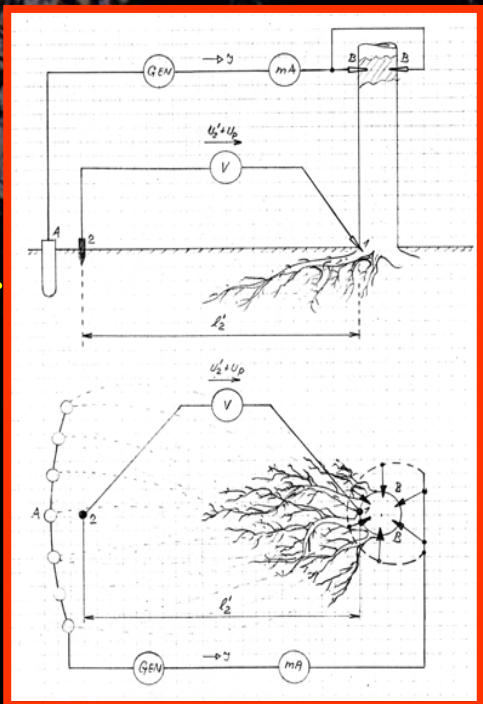


Proud vzduchu ovšem **jen zviditelní kořeny** jejich **kvantifikaci** je nutné provést dalšími metodami

Měření absorpčních povrchů kořenových systémů celých stromů

Princip: kontinuita proudu

(Staněk 1997, Aubrecht et al. 2004):



Logometer s příslušným generátorem elektrického proudu:

$= m^2, m, s$

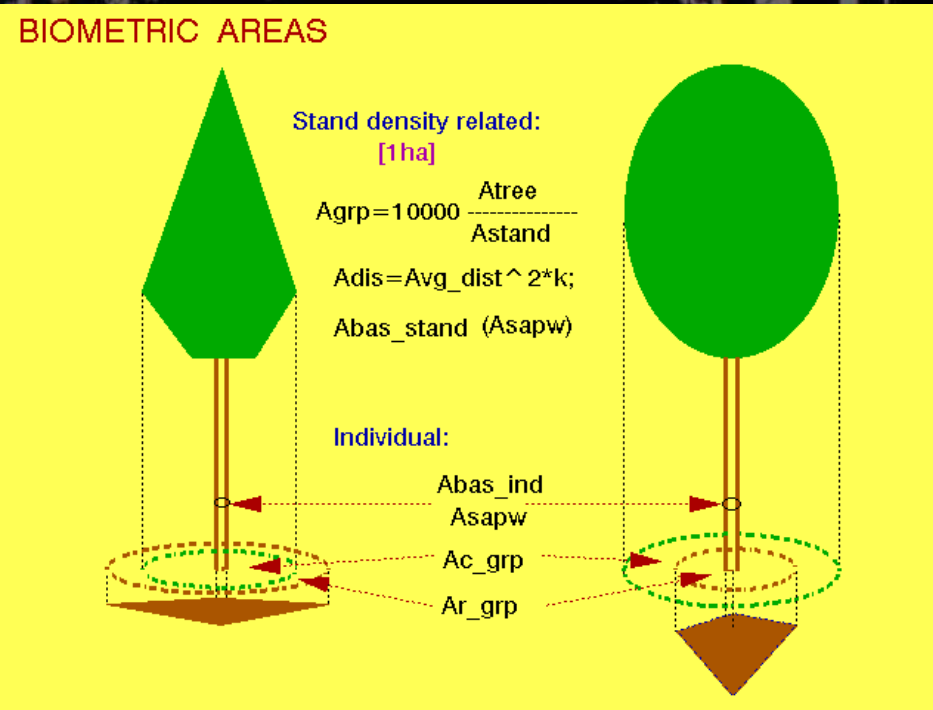
Elektrody v kmeni a půdě:



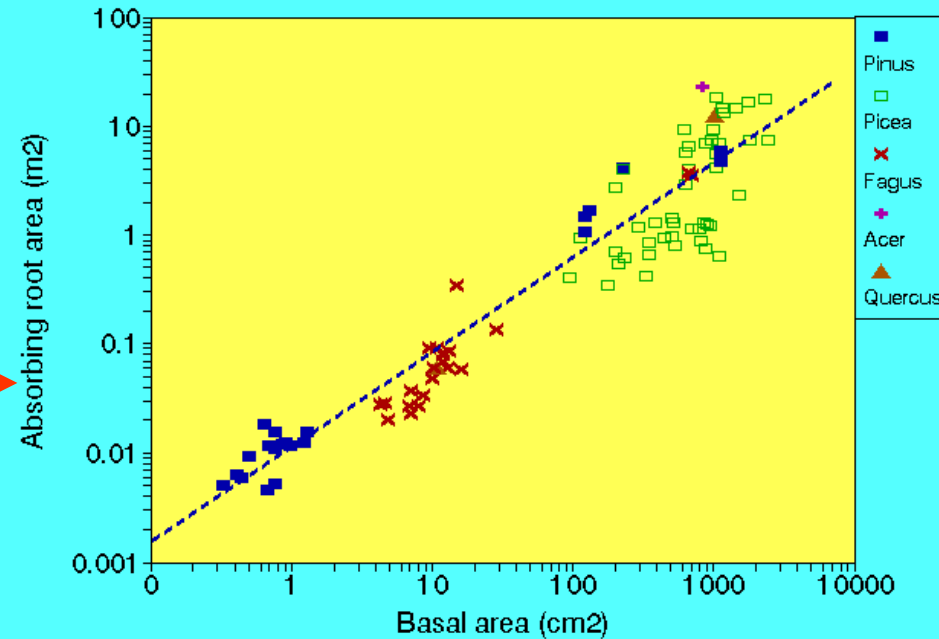
Dává čtvereční metry absorpčního povrchu konkrétního stromu, je to dosud jediná metoda umožňující **rychlou kvantifikaci** kořání v terénu (i když necharakterizuje strukturu)

Příklad závislosti mezi plochami u stromů

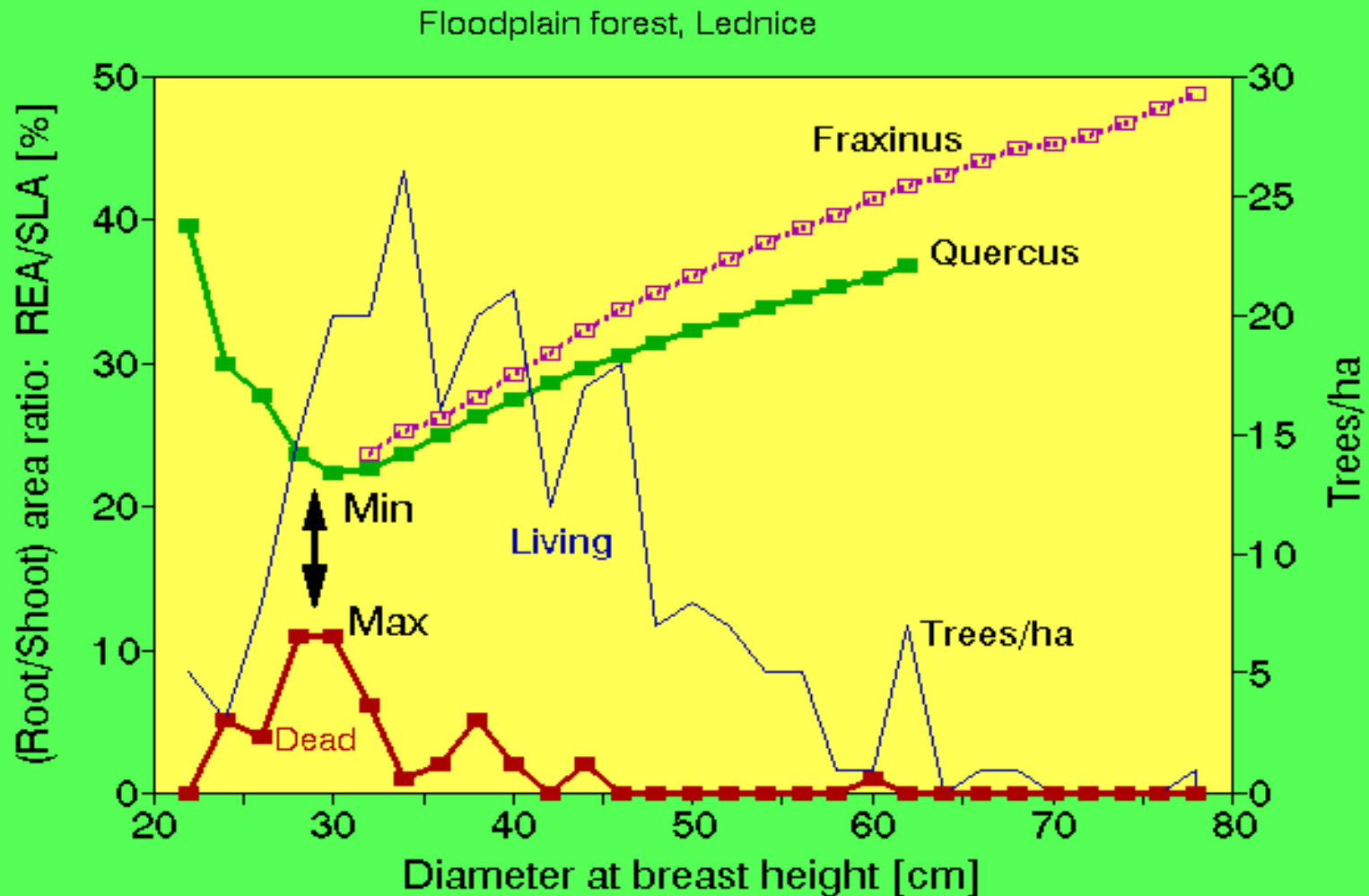
Biometrické plochy (povrchy) u stromů obecně



Poměr kořenů a kmene
(vztah indikuje fraktální
struktury v systému)



Příklad dopadu nevyvážené struktury stromů na jejich mortalitu v porostu



Z á v ě r

- **Současně dostupná technika umožňuje provádět v libovolném terénu kombinované studie transpirace a struktur významných z hlediska vodního provozu na úrovni celých stromů a lesních porostů**
- **Lze tak dále získat kvantitativní informace o funkční stabilitě případně situaci ohrožení lesů, resp. některých druhů v porostech která by mohla vést ke změně porostů v lokálním i oblastním měřítku (zejména v kombinaci s dálkovým průzkumem)**
- **Tyto informace jsou objektivním podkladem pro kvalifikované rozhodování o způsobech optimální a lokálně diferencované péče o lesní porosty**