

ČESKÁ LESNICKÁ SPOLEČNOST

pod odbornou záštitou a s finančním přispěním
MINISTERSTVA ZEMĚDĚLSTVÍ ČR, ÚSEKU LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ
s přispěním
VOJENSKÝCH LESŮ A STATKŮ ČR, s.p.



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ
ČESKÉ REPUBLIKY



PLOŠNÉ POŠKOZENÍ LESŮ způsobené povětrnostními vlivy

SBORNÍK ZE SEMINÁŘE



27. září 2006
Dům ČS VTS - sál č. 217
Praha - Novotného lávka

Odborný garant:**Ing. Ivo Vicena, CSc.**

vědecký pracovník a soudní znalec z Volar

telefon: 388 333 019

e-mail: vicena@tiscali.cz

Organizační garanti:**Ing. Pavel Kyzlík**

tajemník České lesnické společnosti

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel.: 221 082 384, fax: 222 222 155,

mobil: 603 163 409, e-mail: cesles@csvts.cz

Mgr. Iva Kubátová

Česká lesnická společnost

Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1

tel.: 221 082 384, fax: 222 222 155,

mobil: 731 576 727, e-mail: cesles@csvts.cz

Z povětrnostních vlivů mají na škody v lesích největší vliv větrné, sněhové a námrazové polomy, které způsobují dlouhodobě největší rozsah nahodilých těžeb. V posledních letech je rozkolísanost atmosféry zvětšená a to se projevuje a pravděpodobně bude projevovat zvýšeným podílem škod povětrnostními vlivy. A vždy následně hrozí i kůrovec. Těmto vlivům bude věnován hlavní program semináře.

Technická spolupráce:

Lesnická práce, s.r.o.

nakladatelství a vydavatelství

Zámek 1, 281 63 Kostelec nad Černými lesy

e-mail: lasak@lesprace.cz

ČS VTS - Česká lesnická společnost**ISBN 80-02-01838-9**

OBSAH

4

Ing. Ivo Vicena, CSc., vědecký pracovník a soudní znalec z Volar
Současný stav ochrany lesa proti polomům

9

Ing. Ladislav Půlpán, LČR s.p., Hradec Králové:
Živelná kalamita a její vliv na gradaci kůrovců

12

Ing. Miloš Juha, Ph.D, Vimperk
Vliv kůrovců a zvěře na stabilitu lesních porostů v horských polohách

19

Dr. Ing, Libor Jankovský, Dr. Petr Čermák, MZLU LDF Brno:
Hniloby jako predispoziční faktor nestability porostů

27

Prof. Dr. Jan Čermák, MZLU Brno:
Neinvazní studie asymetrie kořenových systémů pomocí přístrojové techniky

33

Dr. Luděk Praus, MZLU Brno:
Mechanická stabilita stromů a metody jejího zjišťování

42

Dr. Marian Slodičák, Ing. Jiří Novák, Ph.D, VÚLHM, VS Opočno:
Dlouhodobý efekt výchovy smrkových porostů na jejich odolnost vůči polomům

48

Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D, VÚLHM VS Frýdek-Místek
Ing. Š. Křístek, Ing. P. Rychtecká, Ing. N. Urbaňcová, Bc. O. Tomančák, Ing. P. Vojtelová,
Ing. J. Veska, ÚHÚL pobočka Frýdek Místek
**Poškození smrkových porostů sněhem v Moravskoslezských Beskydech
v zimě 2005 - 2006**

55

Ing. Pavel Kyzlík - tajemník ČLS Praha
Povodňové škody

SOUČASNÝ STAV OCHRANY LESA PROTI POLOMŮM

Ivo Vicena

Rozsah nahodilých těžeb je v České republice stále vysoký. V roce 1960 činila průměrně 10 %, od roku 1976 do r. 2004 již 38 %. Z toho zaujímaly polomy plných 84 %. Pozornost, kterou věnuje lesnická teorie biotickým škodám se nyní projevuje kladně v tom, že nahodilé těžby, způsobené hmyzem a houbami za léta 1999-2004 obnášely celkem 18 %. Tento příznivý výsledek je způsoben vědeckým zkoumáním biotických činitelů, stále dokonalejší integrovanou ochranou, aplikací pesticidů, používáním biologických metod ochrany, dokonalejší diagnostikou patogenů a také vývojem účinných technických prostředků včetně strojové a letecké techniky i geografickými informačními systémy (GIS).

Naproti tomu ve stejném období **abiotické** škody, především polomy větrem, sněhem a námrazou byly ve srovnání s r.1960 podle Pfeffera čtyřikrát vyšší. Tento výsledek není pro ochranu lesa příznivý. Je důsledkem dlouhodobého podceňování ohrožování lesa abiotickými vlivy se strany teoretických pracovišť vysokých škol a výzkumných ústavů, ale i lesnického provozu.

Tak např. v r. 2005 na semináři o ochraně lesa v Kostelci n. Č. lesy bylo předneseno 10 referátů, z nichž ani jeden se otázkami polomů nezabýval, v r. 2006 na semináři v Průhonicích bylo předneseno 13 referátů, z toho polomům byly věnovány 2 referáty. Podobně na semináři ekologů v Průhonicích v r. 1999 se z 10 příspěvků ani jeden nezabýval abiotickými škodami.

Mnozí ekologové zastávají názor, že stačí převést lesy z pasečného nebo podrostního tvaru na les podle jejich představ na „přírodní“ a tím bude po problému. Archivní záznamy však potvrzují výsledky německého badatele Röhrla z r. 1928, který se zabýval studiem přírodních lesů. Podle jeho šetření je průkazné, že i původní přírodní lesy byly polomovými kalamitami často postihovány. To potvrzují také četné místní názvy, které ukazují, že názvy míst, kopců a hor jako *polom* jsou mnohem starší, než v těchto místech začala větší těžba pro železářské nebo sklářské hutě.

Tyto skutečnosti by měly upozornit, že ani po převedení pasečných nebo podrostních lesů na přírodní stav nebude s polomovými kalamitami klid. Samotná přeměna lesů na les přírodě blízký bude trvat velmi dlouho.

Stav podceňování nebo přehlížení polomového nebezpečí není nadále únosný. Nedostatek znalostí o problematice polomů vytváří živnou půdu pro nejrůznější nevědecké názory, co všechno může být příčinou narůstajícího množství polomů od nekritického hodnocení globálních změn klimatu přes neověřené vlivy chemismu ovzduší, až po zcela fatalistické názory, že polomy jsou dány přírodou a nelze proti nim vůbec bojovat.

Aniž bych chtěl popírat celkové změny klimatu musím zdůraznit, že doposud podle sledování směrů, rychlostí a nárazovitostí větrného proudění na meteorologických stanicích nejsou změny větrů příčinou, proč rozsah polomových škod vzrostl proti obdobím před 40 lety čtyřikrát.

Na dnešním setkání je možno uvést jen některé hlavní otázky této problematiky, která se týká nejen vlastního oboru ochrany lesa, ale i otázek ekologických, pěstitelských i hospodářské úpravy. Také současný stav evidence polomů přes pokroky v počítačové technice je nevyhovující z hlediska příčin, lokalizace a podmínek, za nichž kalamity vznikly. Snahy o zdokonalení polomové evidence a popisů se setkávají s obtížemi a to jak u LČR, tak i u Lesní ochranné služby VÚLHM. Pro dnešní seminář je z široké polomové problematiky možno poukázat jen na některé otázky.

Otázka zpevňujících dřevin

Vyhláška MZe č.83/96 sice uvádí společně meliorační a zpevňující dřeviny pro jednotlivé hospodářské soubory, avšak ve skutečnosti jde pouze o dřeviny meliorační. O vlastních skutečně

zpevňujících dřevinách můžeme vést diskuse. Lze to uvést na příkladu HS 71 nebo HS 72 stanovišť horských poloh. Jako meliorační a zpevňující dřeviny jsou ve vyhlášce určeny k základní dřevině smrku buk, jedle, javor a jeřáb.

Statistický rozbor větrné polomové kalamity na Šumavě z r. 1955 ukázal, že ve stejnorodých smrčinách vznikl polom $42 \text{ m}^3 / \text{ha}$, v ideálně smíšených porostech se zastoupením smrku, jedle a buku byly polomy $48 \text{ m}^3 / \text{ha}$, tedy o 14 % vyšší. Jedním z důvodů pro toto zjištění byla mimo jiné větší porostní výška. Příměs buku a jedle patrně vedla patrně k vyšší úrodnosti humusu a půdy, stromy vyrostly do větší výšky i tloušťky a tak i tlak větru na ně působil větší momentovou silou. Příměsi jedle a buku zvýšily bonitu až o 2 stupně a prokázaly tak svůj zlepšující vliv na melioraci půd a její úrodnost.

Samotná **jedle** se však jako zpevňující dřevina neprojevila ani při větrných polomech na Šumavě ani při námrazových polomech na Českomoravské vrchovině a v Orlických horách v r. 1995/96. Porosty s příměsí jedle po vichřici v lednu 1955 vykazaly dokonce vyšší polomy než čisté smrčiny a to až o 79 %. U kalamity s mokřým sněhem na podzim r. 1956 byly polomy s příměsí jedle ve srovnání se stejnorodými porosty smrku dvojnásobné. Proti větru se neosvědčila jedle ani dřive, jak doložil pro Německo např. Stötzer nebo Wagner v r. 1907. To odpovídá mechanicko-fyzikálním vlastnostem jedlového dřeva, které jsou v ukazatelích pevnosti horší než u smrku, v tlaku a tahu o 7 % u pevnosti v ohybu o 9 %, v pevnosti ve smyku dokonce o 24 %. Také způsob jejího zakořenění podle Röhrlinga a tvar koruny je ve srovnání se smrkem méně příznivý. Horší mechanické vlastnosti jedle znali dobře již staří truhláři a tesaři, kteří u ní kladně hodnotili pouze vyšší trvanlivost.

Také hodnocení **borovice** vyžaduje zvláštní přístup. Při sněhových a námrazových polomech bývá borovice silněji poškozena, naproti tomu dospělé borovice jsou proti větru ve srovnání se smrkem poškozeny až o 70 % méně.

Nový přístup vyžaduje také hodnocení **modřínu**. V doporučeních pro hospodářské soubory podle vyhl. MZe č. 83 se ani v jednom případě neuvádí modřín jako dřevina zpevňující, i když příklady z Boubína po vichřici z r. 1984 a statistické šetření v Brdech po hurikánu Wiebke v r. 1990 prokázalo, že je modřín dřevinou odolnou a polomové škody v porostech alespoň s částečným podílem modřínu byly o 46 % nižší než v porostech smrkových. V KRNPu by přes jeho dobré vlastnosti mělo být jeho pouhé 1 % zastoupení modřínu zcela zlikvidováno. Hodnocení jeho původnosti v našich lesích podle nejnovějších pylových analýz Dr. Jankovské ukazuje, že byl i když v malém množství také na Šumavě již v období pleistocénu a na počátku holocénu a že je tedy dřevinou u nás původní.

Za odolnou dřevinu je možno považovat **buk** a to jak při polomech větrných, tak i námrazových a sněhových. Musíme však u něj posuzovat jeho prostorové rozmístění v porostech, aby nebyl jen dřevinou podúrovňovou a dále jeho kvantitu, neboť jeho výrazně zpevňující vliv se projeví až při jeho 40% podílu. Můžeme však také uvést řadu příkladů, kdy byly i stejnorodé bukové porosty postiženy jak větrem, tak i ledovkou.

Původnost dřevin

Snaha o uplatnění původních osvědčených dřevin má svoje oprávnění. Sběr semene, jeho skladování a evidenci podle nových směrnic o zacházení s reprodukčním materiálem je třeba podporovat. Otázkou je, jak zacházet s porosty již dříve založenými, u nichž můžeme jen odhadovat podle jejich fenotypického vzhledu jejich původ.

V této souvislosti je třeba upozornit na dvě důležité okolnosti. Podle znalce smrku Schmidt-Vogta (1989) nemusí být fenotypický výraz dokladem o původu. U smrku i u borovice je i na zcela původních stanovištích vždycky patrná určitá proměnlivost, kterou ani genetici nedokázali vysvětlit.

V našich poměrech musíme také vědět, že o tom, kam před lety bylo použito nakoupené semeno, se nevedla evidence a že pohyb semene přes výsev ve školce až po zalesnění nelze sledovat a prokázat. Smrk i borovice jsou dřevinami velmi plastickými a jak prokázal Fabricius již v r. 1938 jsou vlastnosti smrku dány z 80 % vlivem prostředí a jen z 20 % vlivem dědičnosti. U borovice je vliv prostředí 60%, z dědičnosti 40%. Proto stromy, které z cizího osiva u nás rostou již 100 let a obstály za tu dobu při 15 velkých větrných, sněhových a námrazových kalamitách, nejsou již stromy těch vlastností, s jakými byly zakoupeny.

Málo odolné jedince kalamity vyloučily, zůstaly stromy odolné. Představme si dále, jak vypadají mlaziny z přirozené autochtonní obnovy, kdy na ploše 1 ha roste 20-50.000 ks. Pokud ta-

kové třeba geneticky prvotřídní mlaziny nebudou dobře a včas pěstovány, nemohou být později odolné. Ekologům je třeba tyto skutečnosti zdůraznit, poněvadž ani dodržování genetických zásad bez dalšího pěstování nemůže vést k vyšší odolnosti lesa.

Význam dřevin při polomech

V řadách některých lesníků a ekologů se vytvořil dojem, jakoby na vznik polomů a jejich intenzitu měly vliv jenom dřeviny. Statistická šetření však prokázala, že na intenzitu polomu může mít vliv až 9 dalších číselně vyjádřených porostních charakteristik, k nimž patří vedle zastoupení dřevin ještě výška, tloušťka, štíhlost, věk, rozloha, bonita nebo terén spolu s expozicí a orografií.

Podle statistické významnosti na výši polomů se dřeviny zařazují u námrazových polomů až na sedmé místo až za štíhlost, věk, zakmenění, rozlohu, bonitu a výšku, u větrných polomů pak na 5. místo, až za zakmenění, tloušťku, výšku, štíhlost a bonitu. To platí i pro kalamity současné.

Při hodnocení větrné kalamity v Národním parku Šumava v r. 2002 se statisticky prokázalo, že největší polomy způsobilo prolomené zakmenění a porostní mezery, vzniklé nekontrolovaným žírem kůrovce. V mezerách o výměře 0,1 ha byly polomy jen 5%, při velikosti mezer přes 0,2 ha byly polomy již 2,5 krát větší. Tyto vztahy platí ve stejném rozsahu v hospodářském, ale i v přírodním lese. Proto nelze očekávat, že i po změně zastoupení dřevin tak, aby odpovídalo „cílové skladbě“ budou naše lesy už automaticky odolné. Tak tomu nebude. Samotná změna dřevin může stav částečně zlepšit, ale odolnost může zabezpečit jen komplexní řešení všech vlivů.

Obnovní těžba a výchova porostů

Při všech šetřeních se u polomů výrazněji než dřeviny projeví takové vlastnosti jako jsou rozměry stromů, hlavně výška, štíhlost kmenů a dále hlavně hustota porostů, vyjádřená zakmeněním.

Tak například výška se u polomů větrem uplatňuje 3x významněji než dřeviny, u polomů sněhem 6x významněji a je vyšší i u polomů námrazových. To potvrdila statistická šetření nejen před 40 lety, ale i při větrných polomech v Národním parku Šumava v r. 2002.

Podstatnější význam má i štíhlost stromů, vyjádřena poměrem jejich výšky k tloušťce a to po celé délce nebo výšce kmene. Štíhlost je při ochraně proti polomům o 24 % důležitější než zastoupení dřevin.

Významnější než dřeviny se uplatňuje provedená těžba a to jak z hlediska intenzity zásahu tak i doby, kdy se provádí. Lesníci se již dávno přesvědčili, že neuváženě silné zásahy nelze provádět v nepřipravených porostech, že silné zásahy jsou pro zpevnění významné, pokud se provedou v mladých porostech, nejlépe ještě do 20-30 let. Jde o ukazatele, které lesní hospodář svojí činností přímo ovlivňuje.

Tak například o významu zakmenění při ochraně lesa věděli lesníci již dávno. Václav Eliáš Lehnart o tom psal ve svém „Zkušeném naučení“ již v r. 1793. Bylo známo, že řídké porosty bývají často větrem prolámány, a proto se také do lesního zákona dostalo ustanovení, že zakmenění nesmí být snižováno pod hodnotu 0,7.

Jak si však máme vysvětlit přístup, uplatňovaný v poslední době na některých lesních závodech, kdy se k těžbě určují paušálně všechny porosty se zakmeněním vyšším než 0,7 jen aby se dosáhlo vysoké těžby, a to bez ohledu na žádoucí přirozenou obnovu, která vyžaduje citlivý přístup při uvolňování náletu a podpoře žádoucích stinných dřevin. Že se tím do budoucna ohrožuje stabilita proti větrným, sněhovým i námrazovým polomům je zřejmé.

Porosty se zakmeněním 0,7 byly větrem prokazatelně prolámány větrem a sněhem o 85 % intenzivněji nejen na Šumavě, ale i v Jeseníkách. U námrazových polomů byly porostní smrkové řediny postiženy o 50 % silněji.

Věk porostů

V minulých desetiletích se postupně zvyšovala doba obmýtní. Jak zjistila nová inventarizace lesů celkem 35 % z celkové porostní výměry má dobu obmýtní, která by vyžadovala snížení

o 10 let. Taková opatření jsou žádoucí. Vysoký věk porostů vede vždy k vyšším polomům. To prokázal rozbor námrazových polomů před 10 lety.

U 145 letých porostů byly námrazové polomy o 9 % vyšší než u porostů 125 letých. U větrných polomů byly v VII. věkové třídě polomy o 20 % vyšší než o porostů VI. věkové třídy a dokonce o 49 % vyšší než u V. věkové třídy.

Potvrdilo to i šetření větrných polomů z r.2002 v Národním parku Šumava, kde porosty 195 leté byly prolámány o 25-40 % více než porosty 125 leté. Každým rokem se u porostů starších 120 let zvyšují polomy o 0,5- 1 %.

Ohrožení porostů vyššího věku má několik hlavních příčin. Zhoršují se mechanicko-fyzikální vlastnosti dřeva především v důsledku nižšího podílu bělového dřeva, snížení vlhkosti ve dřevě. Starší porosty jsou přirozeným způsobem prořezávány a mají proto zpravidla nižší zakmenění a dále se ve kmenech zvyšuje podíl dřeva zasaženého hnilobou. Těchto vlastností si nejsou vědomi někteří ekologové, kteří předržováním lesů v národních parcích až do tak zvaného fyzického věku očekávají, že takové porosty budou proti polomům odolnější. V tomto směru se mýlí. V některých místech se polomy opakují periodicky vždy, když dosáhnou 100-140 let. To ukazuje, jaká by v rizikových místech měla být obmýtní doba. S věkem souvisí i doba počátku obnovy. Měla by být stanovena tak, aby se s obnovou začalo dříve, u jehličnanů nejlépe kolem 75-80 let, když stromy začínají plodit, u buku kolem 50-60 let, u javoru a jasanu již od 30-40 let.

Zdravotní stav porostů

O tom, že hniloba porostů ohrožuje jejich stabilitu, vědí lesníci i ekologové již dávno. Otevřená poranění stromů v kmenové i vrcholové části vedou vždy k infekcím parazitickými houbami. Již pouhé zamodránění dřeva znamená snížení jeho pevnosti o 15 %, tvrdá hniloba o 20 % a měkká hniloba o 40 až 100 %. V praxi to znamená, že zatímco zdravé dřevo odolá rychlosti orkánu 30 m/sec, nahnilé dřevo se zlomí již při bouřlivém větru s rychlostí 20 m/sec. Hlavní nebezpečí pro lesy pak spočívá v tom, že větrů s rychlostí 20 m/sec je 7x více než orkánu.

Jsou dvě hlavní příčiny hniloby stromů a celých porostů. Pokud vznikají nové lesní porosty jako **první generace na bývalých zemědělských půdách**, bývají napadány primárními kořenovými hnilobami. Tento druh hnilob napadá většinou středovou část stromů, jejich jádro. Z hlediska mechanické stability stromů jde o stav, kdy zdravá obvodová kruhová část zajišťuje poměrně velmi dlouho odolnost proti zlomení. Ještě v době, kdy tato středová hniloba rozložila 50% plochy, je únosnost průřezu snížena pouze na 90 %.

Pro hospodářské i ochranné lesy je důležité řešit **mechanické poškození stojících stromů**, které způsobují sekundární, ranové hniloby. Nedávné šetření na Dobříši prokázalo, že jedna čtvrtina stojící stromové zásoby je mechanicky poškozena a tím je snížena dlouhodobě odolnost stromů proti zlomení a vyvrácení. Poranění způsobuje jednak spárkatá zvěř loupáním a ohryzem a ve stejném rozsahu vyklizování a přibližování dřeva.

Rozsah tohoto poškození každým rokem vzrůstá, ohryz zvěře narůstá ročně v ČR o 9.000 ha a u vyklizování se zvyšuje každým novým zásahem o 5-10 %. O potřebě radikálního snížení stavů spárkaté zvěře víme již dávno, ale k účinným opatřením ke změnám dobu odstřelu a mysliveckého plánování nedošlo a ani nyní k němu není dostatek vůle. Snížení škod vyžaduje větší šetrnost při volbě vhodných mechanizačních prostředků a uplatňování hmotné zainteresovanosti. Pro porosty zasažené hnilobou ve větším rozsahu je třeba volit nižší obmýtní.

Zakořenění stromů

O způsobu zakořenění nejsou stále spolehlivé údaje. V souvislosti s doporučením některých orgánů přírodního prostředí a také lesů by měla být část hmoty stromů ponechávána ke shnití v porostech.

O významu pro lesní půdu by měly být poskytnuty dostatečně průkazné údaje. Pokud jde o smrk, který na shnilém dřevě vyrostl s chůdovými kořeny je možno výpočty prokázat, že odolnost takto zakořeněných stromů, jejichž silné kořeny jsou po rozkladu původního substrátu ve vzduchu, je až o 62 % snížena. Nevzniknou proto na shnilém dřevě v budoucnu odolné stromy.

Prostorová úprava

Nevhodné otevírání porostů na návětrných stranách a na stranách vystavených námrazovému proudění vedlo vždy a všude k polomům. V poslední době jsou patrné dobré snahy o přechod od stejnověkých monokultur na les přírodě blízký. K tomu je však potřebné uvést, že při tom bude hrát velkou úlohu prostorová úprava. Je důležitá u nově zakládaných větších porostů na kalamitních holinách, větších pasekách i nově vznikajících porostech na nelesních půdách. Jejich účelné prostorové řešení usnadní jejich bezpečnou obnovu až dosáhnou zralosti. Je však mimořádně důležitá v porostech již nyní zralých.

Příkladem odolnosti proti větru i sněhu je pro hospodářský smrkový i borový les rozvolněná struktura s volným stupňovitým zápojem a dlouhou pozvolnou obnovou. Takového stavu je však možno dosáhnout pouze tam, kde se volný zápoj vytváří již od raného mládí. Kladným krokem k tomu je předpis probírek do stáří 40 let. Netrpělivost některých lesníků a ekologů však vede často k tomu, aby na přírodě blízký les byly převáděny porosty i dospívající a mýtně zralé. Svádějí často k tomu přirozeně zmlazené skupiny. Podpora těchto skupin je však účelná a bezpečná v malých porostech, které lze kotlíkovou sečí dobře obnovit.

Ve velkých porostech však uvolňování takových skupin dostane brzy tvar mezer, které při překročení výměry 20 arů jsou vždy vstupní branou pro nápor větru i usazování námrazy. To prokázalo i šetření po námraze v r. 1996 na Českomoravské vrchovině a v r. 2002 po vichřici na Šumavě. Uvolňování většího počtu skupin, přirozených nebo uměle založených kotlíků vede vždy k postupnému prořezávání porostů a zvětšování návětrných stěn. V posledních fázích takové obnovy je 68 % plochy horní etáže ohroženo. Vytváří se nebezpečí velkoplošných polomů. Bezpečnější způsob obnovy je rozpracování pruhovými náseky s vhodným přiřazením clonné seče, vedenými na větru odvrácené straně, případně pruhovými náseky od severu podle Wagnera, případně i násečné pruhy vedené středem porostů ve směru větru.

Současný stav ochrany lesa proti polomům vyžaduje rozbor, hluboké zamyšlení a promyšlené kroky. K tomu účelu byl svolán dnešní seminář a proto předneseným příspěvkům věnujte pozornost.

Kontakt:

Ing. Ivo Vicena, CSc.

vědecký pracovník a soudní znalec z Volar

telefon: 388 333 019

e-mail: vicena@tiscali.cz

ŽIVELNÁ KALAMITA A JEJÍ VLIV NA GRADACI KŮROVCŮ

Ladislav Půlpán

V minulosti byla rozsáhlá živelná kalamita často prvotním impulsem pro vznik následující kalamity kůrovcové. Zřejmě nejobsáhlejší přehled o kůrovcových kalamitách a jejich příčinách je možné nalézt v knize Václava Skuhravého *Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.) a jeho kalamity* (Agrospoj, Praha, 2002). Tato kniha obsahuje velmi obsáhlý soubor poznatků o lýkožroutu smrkovém a měla by patřit mezi základní literaturu začínajících i pokročilých specialistů věnujících se ochraně lesa i provozních lesníků sloužících ve smrkových oblastech. V neposlední řadě je možné ji doporučit ochráncům přírody, tedy těm, kterým jde skutečně o zdravotní stav našich lesů.

Kniha mimo jiné obsahuje přehled kalamit nejen u nás, ale i v Evropě. Jednou z nejznámějších kalamit je kalamita šumavská z let 1868–1878 vyvolaná větrnou smrští. Zajímavý je ale i fakt, že tato kalamita měla svoji předchůdkyni v letech 1834–1839. Ta byla rozsahem menší, ale obě, stejně jako řada dalších kalamit, měly společné, že množství kůrovcového dříví bylo v obou případech větší než škody větrem. Je smutné, že současná kalamita svým scénářem předchozím „jako by z oka vypadla“, na rozdíl od předchozích však není u konce.

Podobný scénář, kdy větrná, sněhová či námrazová kalamita vyvolala kůrovcovou a narušené porosty byly dále rozvracovány větrem a polomy následně vedly ke kalamitě kůrovcové se vryl do podvědomí některých lesníků tak, že tento fakt byl brán téměř jako samozřejmost. V České republice lze za vrchol tohoto stavu považovat 80. léta minulého století, kdy harmonogramy zpracování živelných kalamit rozložené do více let nejen zkreslovaly statistiku, ale především trvale poskytovaly kůrovcům dostatek potravy a udržovaly je ve stavu dle dnešní terminologie na přechodu mezi zvýšeným a kalamitním stavem, takže gradace kůrovců po živelné kalamitě měla velmi rychlý průběh.

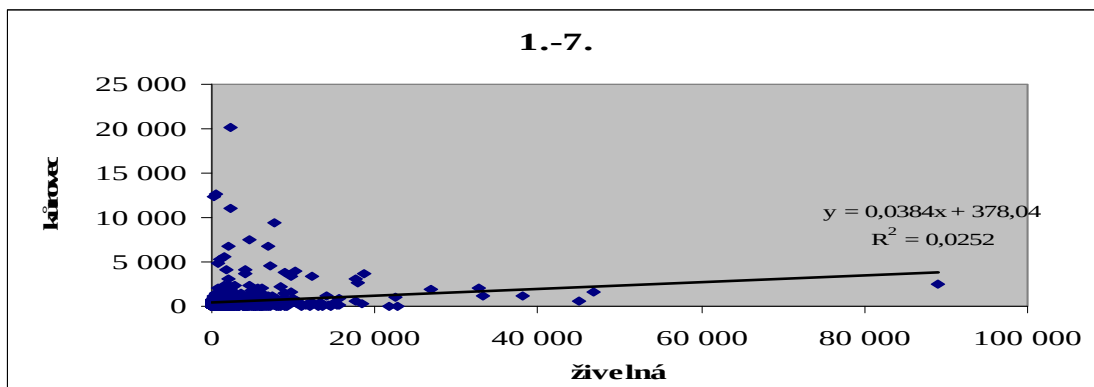
Mým hlavním úkolem od druhé poloviny 90. minulého století proto bylo tyto názory vyvrátit a zajistit, aby ke gradaci kůrovců nedošlo. V současné době již existuje řada dokladů, že kůrovcová kalamita skutečně nemusí následovat kalamitu živelnou a že tudíž lze škody minimalizovat na nejnižší možnou míru.

Jako příklad lze uvést zejména:

Rok 1996 – největší námrazovou kalamitu posledních let. V roce 1996 bylo zpracováno jen u LČR 2,29 mil. m³ dříví v důsledku živelných událostí, přesto kalamitní základ pro rok 2007 klesl na 28,5 % roku předchozího (s lapáky 193,8, resp. 163,0 tisíc m³ bez lapáků) a v roce 1997 bylo zpracováno 199 tisíc m³ (bez lapáků dokonce jen 86,3 tisíc m³).

Rok 2003 – po větrné smršti v listopadu 2002 bylo v roce 2003 zpracováno 2,650 mil. m³ dříví v důsledku živelných událostí. Kalamitní základ pro rok 2004 vzrostl na závratných 672 % roku 2003 (592 tisíc m³, resp. 544,5 tisíc m³ bez lapáků), což by mohlo svádět k myšlence, že příčinou je živelná kalamita, ale podrobnou analýzou jednotlivých revírů lze dovodit, že neexistuje přímá závislost mezi rozsahem živelné kalamity a gradací kůrovců (viz graf č. 1). Skutečnou příčinou byl především výskyt extrémního sucha a vysokých teplot v letním období 2003, který zrychlil vývoj kůrovců a oslabil stojící stromy. Tento fakt potvrzoval i zvýšený výskyt lýkožrouta lesklého v roce 2003.

Lokální kalamity, například 1997 – Náměšť nad Osl. (62 tisíc m³), Znojmo (61), Svitavy (42) 1998 – Teplá (89), Přimda (82), Planá (31), 1999 – Přimda (73), Teplá (64), 2001 – Bystřice pod Hostýnem (52 tisíc m³), kde žádná z těchto kalamit nebyla příčinou nárůstu kůrovcového dříví do kalamitního stavu.



Graf 1: Závislost kalamitního základu 2004 na objemu zpracované živelné kalamity za období 1. – 7. 2003

Uvedené příklady dokumentují, že kůrovcová kalamita zdaleka nemusí následovat kalamitu živelnou a tudíž, že lze narušené porosty postupně stabilizovat a bránit tak rozsáhlým kůrovcovým kalamitám, a to za následujících podmínek a pomocí následujících kroků:

Prvním předpokladem úspěchu je pomocí obranných opatření držet kůrovce v základním stavu. Množství kůrovců nalétajících na kalamitu je závislé na kalamitním základu. Při nízké populační hustotě je pak napadena pouze malá část ležícího dříví a to buď selektivně dle míry oslunění nebo slabým plošným náletem, s ohledem na teploty v době rojení. V případě delšího časového období nutného na zpracování se první generace z velké části přeroují do ležícího dříví, kde je následně likvidována.

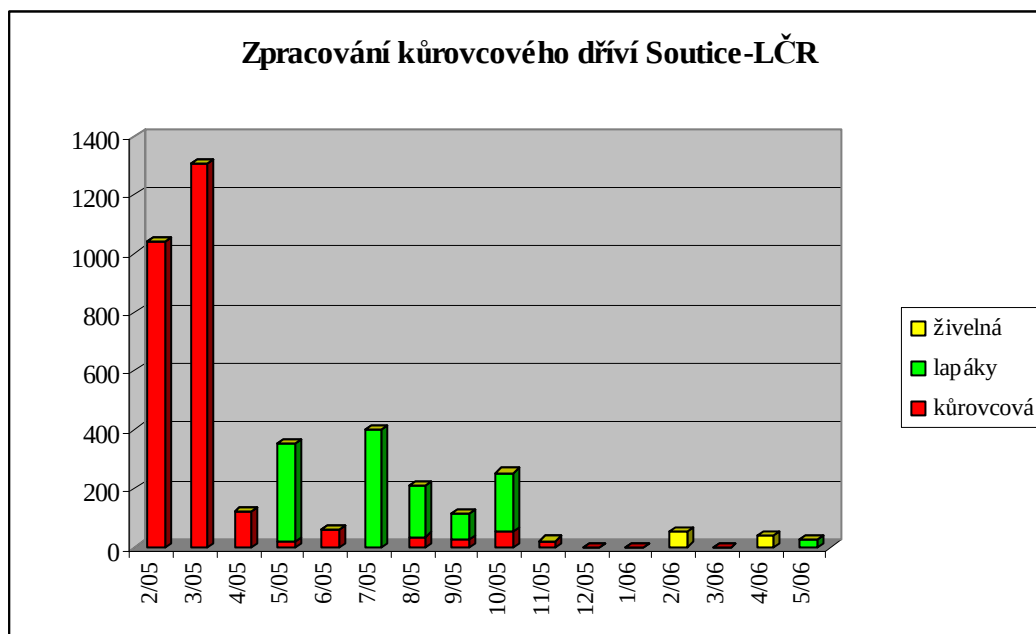
Druhým předpokladem je trvalá kontrola kalamitního dříví. Kontroluje se napadení i vývoj kůrovců. Při zpracování se preferují lokality osluněné, kde je vývoj často o několik týdnů rychlejší než u zastíněných, a lokality se zjištěným silným napadením, kde kůrovec nemá možnost přeroujení do ležícího dříví. V ohniscích s kalamitním základem je žádoucí počkat se zpracováním kalamitního dříví až po začátku rojení a využít ho tak v maximální míře jako lapáky. Na kalamitním dříví se vyskytuje i řada dalších druhů kůrovců, které však nepředstavují žádné ohrožení, proto je pro hodnocení rizik nutná i dobrá znalost jednotlivých druhů.

Třetím předpokladem je dočištění lokalit pomocí lapačů nebo lapáků. V nezpracovaných porostech nemá umístění obranných opatření smysl, protože ležící dříví plně nahrazuje lapáky a to v rozsahu výrazně vyšším než by bylo obvyklé umístění lapáků či lapačů. Naopak po zpracování kalamity je nutné zajistit odchyt kůrovců vyvíjejících se na nezpracovatelných těžebních zbytcích a chránit nově osluněné stěny. Použití lapáků je v tomto případě omezené vzhledem k nutnosti vázat kapacity na zpracování dříví. Nesmí se zapomenout i na zimující generaci a pro jarní rojení přiměřeně zvýšit obranná opatření zejména na nově vzniklých stěnách, kam se kůrovec bude přirozeně stahovat.

Riziko kalamity vzrůstá s jejím rozptýlením – nejméně rizikové jsou soustředěné kalamity vzniklé větrnou smrští a nejrizikovější jsou rozptýlené kalamity v prořezaných porostech. V zapojených porostech u zlomů často dochází ke znehodnocení lůžka zakvašením a jeho obsazení lýkohubem obecným, dřevokazem čárkovaným a jinými nekalamitními druhy kůrovců, u kterých asanace není nutná. U zlomů je pro šíření lýkožrouta smrkového rozhodující ležící část. Stojící část je rychle zavalena vodou a je obsazována zmíněnými druhy. V případě nedostatku kapacit je proto nutné zpracovat atraktivní ležící dříví a ponechat stojící části stát – pokácením dochází ke ztrátě atraktivnosti (pokud již mezitím nedošlo k jejímu zakvašení). S ohledem na minimalizaci rizik se osvědčilo ponechávat stát zlomy se čtyřmi a více přesleny. Část těchto stromů v následujících letech ale postupně odumírá, proto je nutné počítat se zvýšeným výskytem souší. Na nich svůj vývoj prodělává lýkohub matný, který však nepředstavuje riziko pro životaschopnou kostru porostu a po odstranění těchto stromů se jeho populace vrací rychle k normálu.

Na závěr malá ukázka, že lze kalamitní stav kůrovců při dodržení potřebných kroků zastavit prakticky kdykoliv. Na počátku roku 2005 se nám podařilo docílit rozdělení majetku velkostatku Soutice, kde LČR měly původně menšinový podíl. Většinový vlastník nám v něm znemožnil hospodaření a způsobil gradaci kůrovců. Po rozdělení majetku bylo v naší části zpracováno od února do počátku dubna 2470 m³ především alespoň částečně opuštěných či ptáky oklovaných

kůrovcových stromů. K odchytu rojících se kůrovců bylo v průběhu letního období použito 1193 m³ lapáků a cca 70 lapačů. Odchyty na všech zařízeních lze hodnotit jako extrémně silné, přesto se kalamitní základ podařilo snížit na 138 m³ průběžně vyhledávaných kůrovcových stromů, tj. došlo k poklesu na 6% výchozího stavu v objemu kůrovcového dříví a ještě mnohem většímu poklesu zimujících kůrovců. Úměrně tomu mohlo dojít ke snížení obranných opatření pro jaro 2006. Průběh zpracování zachycuje graf 2.



Kontakt:

Ing. Ladislav Půlpán
 Lesy České republiky, s.p.
 Přemyslova 1106
 501 68 Hradec Králové
 e-mail: pulp@lesy.cz

VLIV KŮROVCŮ A ZVĚŘE NA STABILITU LESNÍCH POROSTŮ V HORSKÝCH POLOHÁCH

Miloš Juha

Nahodilé těžby způsobené kůrovci (zejména lýkožroutem smrkovým) v horských polohách jsou stále významnější. Lýkožrout smrkový destruktivně ovlivňuje nejstarší smrkové porosty. Následky jeho působení nespočívají pouze v primárním odumření mateřského porostu, ale i v následném narušení stability lesa. Převládající západní vítr může, po porušení zápoje lesního porostu vlivem kůrovců, způsobit totální rozvrat horských smrčin.

Kůrovci (lýkožrout smrkový) působí převážně na nejstarší věkové třídy lesních porostů. Naopak zvěř znemožňuje vznik přirozené obnovy a působí největší škody v nejmladších věkových třídách. Její vliv znemožňuje vznik přirozené obnovy smíšených porostů i tam, kde to složení dřevin mateřského porostu umožňuje.



Ještě před patnácti až dvaceti lety byl vliv kůrovců na horské smrčiny poměrně podceňován. Podceňování jejich vlivu bylo způsobeno především podvědomím spjatým s výskytem nižších teplot ve vysokých horských polohách během vegetační doby. Nižší teploty byly spojovány dále s omezenou dobou pro vývoj kůrovců. O horských polohách existovaly rovněž rozšířené do-

mněnky o tom, že není možný vznik více než jedné generace lýkožrouta smrkového během jedné vegetační sezóny. V současné době je možno pozorovat v horských polohách takové počty rojení, kdy je zakládána výjimečně i třetí generace. Její založení je ale možné jen v případě teplého a dlouho trvajícího podzimu. K dokončení vývoje u třetího rojení lýkožrouta smrkového v horských polohách však nikdy nedochází. Třetí generace má přes zimu vysokou mortalitu a lze říci, že přezimování počátečních vývojových stádií lýkožrouta smrkového, v horských polohách, je většinou neúspěšné.

Smrkové porosty jsou poškozovány ve většině případů na jejich okrajích. Při souběhu mimořádně vysokých teplot v době rojení dochází ke vzniku ohnisek žíru i uvnitř kompaktních porostů. Lýkožrout smrkový využívá především porostní mezery, již o velikosti několika arů a osluněné části lesních porostů, které nemají silně zavětvené kmeny až

k zemi. Nejvhodnější lokality pro působení lýkožrouta smrkového se nacházejí ve většině případů na jihozápadní expozici. Jedná se o osluněné kmeny v době mezi 13 a 17 hodinou. Lesní porosty jsou vlivem žíru lýkožrouta buď postupně prořezávány a nebo zcela otevírány od jihozápadu. Vzhledem ke směru prořezání dochází ke snížení odolnosti vůči převládajícím západním větrům. Západní vítr často způsobuje totální rozvrat porostů pokud jeho rychlost překročí kritickou mez. Kritickým momentem bývá rychlost větru přes 110 km/h.

Totální rozvrat porostů způsobí při přemnožení ale i sám lýkožrout smrkový. K velkoplošnému rozpadu smrkových porostů může dojít pouze při ponechání kůrovce bez omezování jeho rostoucí populace. V případě, kdy dojde k nárůstu populace lýkožrouta smrkového na stav kalamitní, tak dochází k velkoplošnému odumírání smrkových porostů. Současně s velkoplošným odumíráním smrkových porostů dochází i ke vzniku velkoplošných holin tam, kde je prováděna asanace napadených stromů, aby bylo šíření kůrovců zamezeno. Velkoplošné odumírání lesa, vlivem kůrovců, bylo možné v největším rozsahu pozorovat v minulém desetiletí v NP Bavorský les a na Šumavě. Jednalo se o lavinovité odumírání lesa na plochách o rozloze několika tisíc hektarů. Při této gradaci odumíraly lesní porosty bez ohledu na jejich genetickou kvalitu. Po velkoplošném žíru zůstávaly dočasně neporušeny malé části smrkových porostů a jednotlivé stromy. Vzdálenost mezi jednotlivými přežívajícími smrky byla často několik set metrů.

V té době byly zbytky kůrovci neobsazených skupin stromů a jednotlivých smrků často označovány za stromy vůči kůrovcům rezistentní. Následující roky však potvrdily nesprávnost domněnek. Zbylé skupiny smrků a jednotlivci byly během následujících let lýkožrouty napadeny. Do dnes je možné pozorovat odumírání zbývajících smrků vlivem kůrovců. Tyto smrky se často nachází uprostřed několika set hektarových ploch se soušemi odumřelými před několika lety.

Zbylé nenapadené smrky nebyly mezi soušemi uchráněny ani před větrem. Po ztrátě asimilačních orgánů stromů napadených lýkožrouty byly stromy se zelenými korunami vystaveny působení převládajících západních větrů. Velmi často po odumření sousedních stromů podlehl zbylé žijící smrky silnému větru. Každý z vývrátů umožnil další a intenzivnější gradaci kůrovců.

Ke zbytečnému prořezávání lesních porostů může docházet i vlivem nevhodného a nebo nadměrného použití klasických lapáků. Mnohokrát byla dokázána ale i vhodnost použití klasických lapáků pro odchyt širokého spektra kůrovců. Použití klasických lapáků má i dobrou referenční schopnost při zjišťování druhu a vývoje kůrovců. Proto bych jejich použití spíše doporučil především pro monitoring vývoje populace a jejího stavu. Na klasické lapáky je vhodné využít vývraty a nebo smrky, které po pokácení neovlivní stabilitu porostu ve kterém byly káceny. Správný výběr takových stromů je vždy problematický a často může být pokácen právě smrk, který je v porostní stěně stabilizačním prvkem.

Pro přímou a účinnou obranu smrkových porostů je z mého pohledu vhodnější používat ostatní metody, které nenarušují kompaktnost horských smrkových porostů. Ostatní metody ochrany lesa proti kůrovcům jsou jednak více selektivní a ve většině případů nenarušují stabilitu lesa. U některých ostatních metod ochrany lesa proti kůrovcům je možné využívat i přirozené obranyschopnosti stromů, což klasický lapák neumožňuje. Poměrně často se stává, že množství položených lapáků nevystihuje skutečný stav kůrovců v době rojení a v daném porostu je pak lapáků příliš mnoho a nebo naopak nedostatek.

A to i tehdy, kdy je počet klasických lapáků správně vypočten. Stanovení přesného počtu klasických lapáků tak, aby byly lýkožrouty co nejvíce obsazené a aby měly i dostatečnou kapacitu je poměrně složité. Tato skutečnost je pro naše omezené lidské schopnosti často obtížně řešitelná. Proto bývá většinou počet lapáků naddimenzován, aby nedošlo k zbytečnému šíření kůrovců. To má ovšem často negativní dopad na stabilitu porostu.

Stabilitu smrkových porostů v horských polohách je nutné trvale zvyšovat a věřím, že to je i většinový názor. Je skutečností, že právě smrkové porosty na hřebenových partiích nejvíce trpí vlivem působení silného větru a často jsou jím rozvráceny. Po pádu porostů v hřebenových partiích pokračuje rozvrat sousedních porostů v nižších polohách, kde vítr působí vzhledem k vyšší porostní výšce mnohem intenzivněji.

Zvyšování stability lesa v horských polohách je nelehký úkol. Tento nelehký úkol ještě ztěžuje možnost volby dřevin v osmém vegetačním stupni, kterou nelze v podstatě téměř ovlivnit. Ostatní dřeviny, jako je například jeřáb apod. jsou vzhledem k době růstu smrku jen dočasným doplňkem. Plní tedy svoji funkci při vzniku porostu a s přibývajícím věkem postupně mizí. Ve starších věkových třídách vždy opět převažuje pouze smrk. Smrkové monokultury, vzhledem k jeho kořenovému systému, reprodukuje kalamitní jevy. Rozpad smrkových porostů ovlivňuje jejich vysoké stáří a věk smrkových porostů má přímou souvislost s jeho výškou. Překročení určité věkové hranice souvisí s jeho náchylností na působení lýkožrouta smrkového. Výška porostu souvisí s jeho stabilitou při působení intenzivního větru.

Příkladem relativně stabilního smrkového porostu v horských polohách může být porost s nízkým zakmeněním a hluboce zavětvenou korunou. Smrkový porost podobných vlastností může vzniknout vhodným způsobem výchovy. Asi si lze jen těžko představit vznik takového smrkového porostu přirozenou obnovou, která umožňuje, téměř vždy, vznik porostu s plným zakmeněním. Velmi řídký smrkový les s příznivým štíhlostním koeficientem je velmi odolný vůči působení abiotických činitelů.

Tento typ smrkového porostu, podle mého názoru, lépe odolává i působení kůrovců. Částečnou rezistenci ovlivňuje teplota kůry plně zastíněného kmene. Potřebná teplota má vliv na kůrovce při výběru stromu vhodného k založení nové populace. V tomto případě jsou vhodným příkladem, těch částečně rezistentních, stromy z okrajových částí porostů, které ve značné míře odolaly náporu lýkožrouta smrkového i během rozsáhlých kůrovcových kalamit. Tyto enormně zavětvené porosty nemají velký ekonomický přínos při zpeněžení dřevní hmoty. Dá se ale usuzovat, že takový typ porostu bude mít příznivý vliv na stabilitu horských smrčín. Právě tato stabilita hřebenových partií nejvyšších poloh může ovlivňovat sousední lesní porosty do budoucnosti a vhodně ovlivňovat ekonomický přínos ochráněných porostů.

Tak jako lýkožrout smrkový intenzivně působí na nejstarší věkové třídy smrkových porostů, tak zvěř naopak působí na nejmladší věkové třídy. Dlouhodobé působení zvěře může způsobit nevratné škody na lesních porostech. Mimo to i neúměrně vysoké stavy zvěře mohou zcela znemožnit vznik lesa přirozenou cestou i tam, kde je vhodné zastoupení lesních dřevin v mateřském porostu.

Z tohoto důvodu je potřebné, abychom se ještě více zabývali jednotlivými způsoby ochrany lesa proti zvěři. Pro omezení tlaku zvěře na lesní porosty napomáhá snižování jejich stavů odstřelem na únosnou míru a aplikace individuální a skupinové ochrany kmenů. Způsobů snižování stavů zvěře je mnoho.

Jedním z posledních způsobů je intervalový odstřel aplikovaný v některých národních parcích v Německu (např. Harz). Jedná se o společný lov na čekané, kdy je obsazena jedna část honitby velkým počtem střelců na pět za sebou jdoucích lovů. Tak je využíván moment překvapení zvěře po delší době klidu. Důvodem intervalového lovu je klid zvěře po další následné období. Způsob lovu je používán v Harzu u lokalit turisticky velmi frekventovaných a tak je jeho využití a zdůvodnění v takových podmínkách poněkud zvláštní.

Dalším způsobem jsou zástřely zachycené zvěře v přezimovacích obůrkách nebo v jejich předobůrkách. Takto například řeší lov zvěře v Národním parku Bavorský les z téměř osmdesáti procent celkového odstřelu. Popsané způsoby lovu jsou prostředkem pro redukci zvěře bez ohledu na její chov a na myslivost jako takovou. Při takovém lovu nemůže být dobře posuzována chovnost zvěře. Tu lze, podle mého názoru, posuzovat mnohem lépe až po dlouhodobějším pozorování. Odstřel celého množství odchycené zvěře v přezimovací obůrce nemá již nic společného s tradiční myslivostí. Stejně tak dlouhodobé zadržování zvěře v přezimovacích obůrkách vede k její postupné domestikaci.

Snižování stavů zvěře je vhodné pro lesní porosty, ale nesmí být pouze jednostranně zaměřeno. Domnívám se, že k redukčnímu odstřelu by mělo být přistupováno tak, jako k integrované ochraně lesa. Ta zohledňuje jednotlivé vazby, které nesmí být při celkovém pohledu na jednotlivé ekosystémy narušovány.

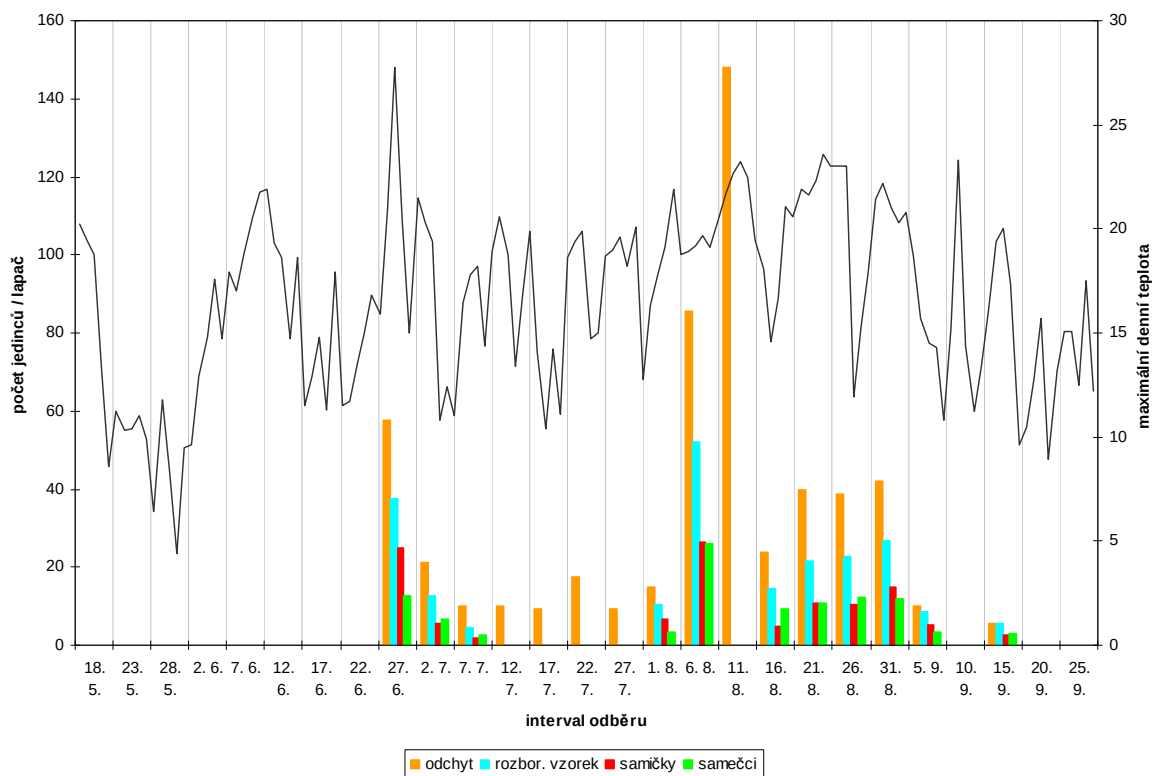
Ochrana deficitních dřevin se často řeší i pomocí individuálních ochranných opatření. To je bezesporu správné řešení. V této souvislosti je nutné si uvědomit, jakou kvalitu by individuální ochrany měly splňovat. Při volbě individuálních ochranných opatření je nutné zohledňovat druh chráněné dřeviny. Rychle rostoucí dřeviny mohou být chráněny méně kvalitním způsobem, protože většina individuálních ochranných opatření splní svoji funkci a ochrání je, než odrostou kritické výšce.

Vysoké požadavky na kvalitu individuální ochrany je nutno klást zejména při ochraně jedlových výsadeb. V tomto případě je nutné zohlednit velmi dlouhou dobu, po kterou musí individuální ochrana plnit svoji funkci. Jednotlivé jedle vzniklé přirozenou obnovou a nebo z podsadeb musí být dlouhodobě chráněny proti okusu a později i proti ohryzu. Pokud chceme dochovat jednotlivé jedle do věku, kdy již jejich poškození nemůže být akutní, tak musí individuální ochrany plnit svoji funkci několik desítek let.

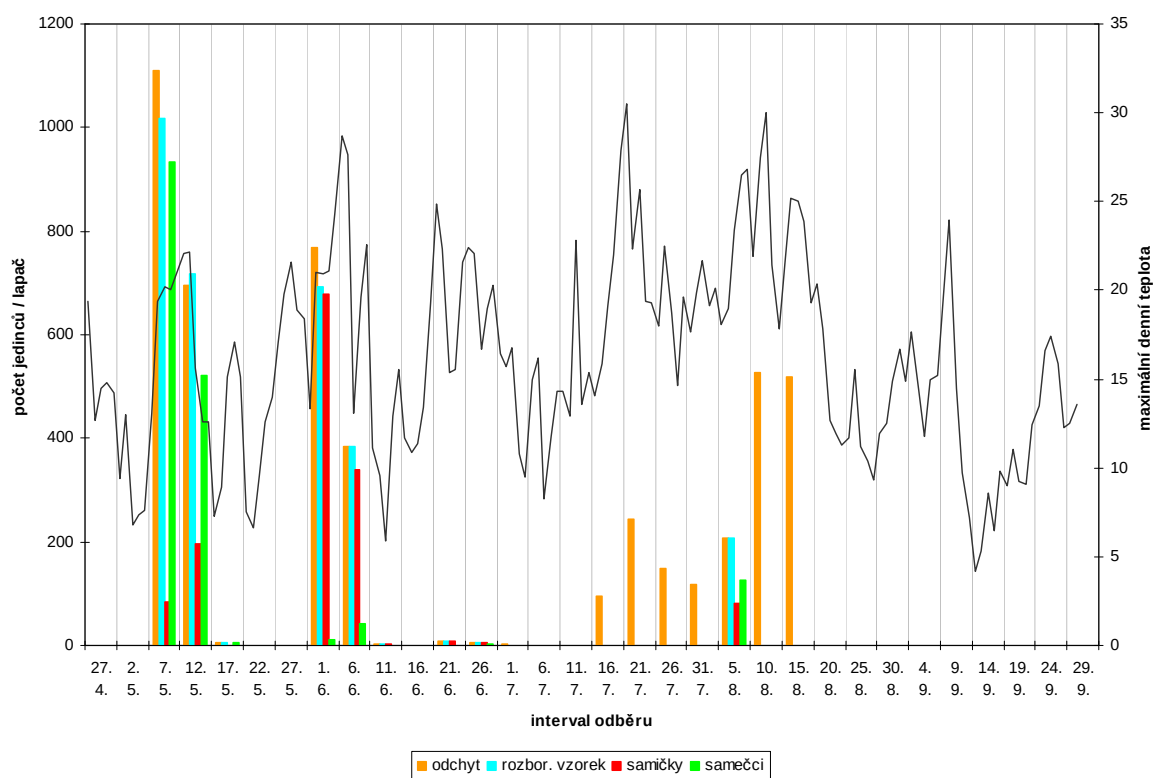
Tento referát postihuje pouze část velmi obsáhlé problematiky. Proto bych chtěl přispět, alespoň ke změně názoru na některé základní otázky, jakými jsou např. vznik odolnějších horských smrčů vůči kůrovcům a dlouhodobá ochrana smíšených porostů proti působení zvěře. V souvislosti s trvalým úsilím o zvyšování stability lesních porostů musíme mít na paměti některé historické události. Následky intenzivního působení kůrovců a zvěře mi často připomínají slova našich předků, obsažená v historických dokumentech, po velké kalamitě na Šumavě kolem roku 1870. Tehdy si naši předkové kladli za cíl, aby již nikdy k takové kalamitě nedošlo. Cílem bylo založení a ochrana stabilních smíšených porostů tam, kde je to růstově možné. Po více než sto letech ale naopak nestabilních porostů neúměrně přibývalo. Zcela pochopitelně si můžeme položit otázku, proč? Na tuto otázku je jednoduchá odpověď. Po těchto zkušenostech si musíme uvědomit, že založení smíšených porostů je jen počátek dlouhodobé a intenzivní práce. Tu můžeme ukončit jen tehdy, kdy jsou založené smíšené porosty dostatečně odolné vůči abiotickým a biotickým činitelům. V horských smrčích je možno příznivě ovlivnit stabilitu smrčových monokultur jen jejich vhodnou výchovou od vzniku porostu.

Příloha 1: Porovnání letové aktivity lýkožroutů smrkových v jednotlivých letech zachycených do lapače. Lapač byl umístěn na stejném místě cca (1100 m.n.m.).

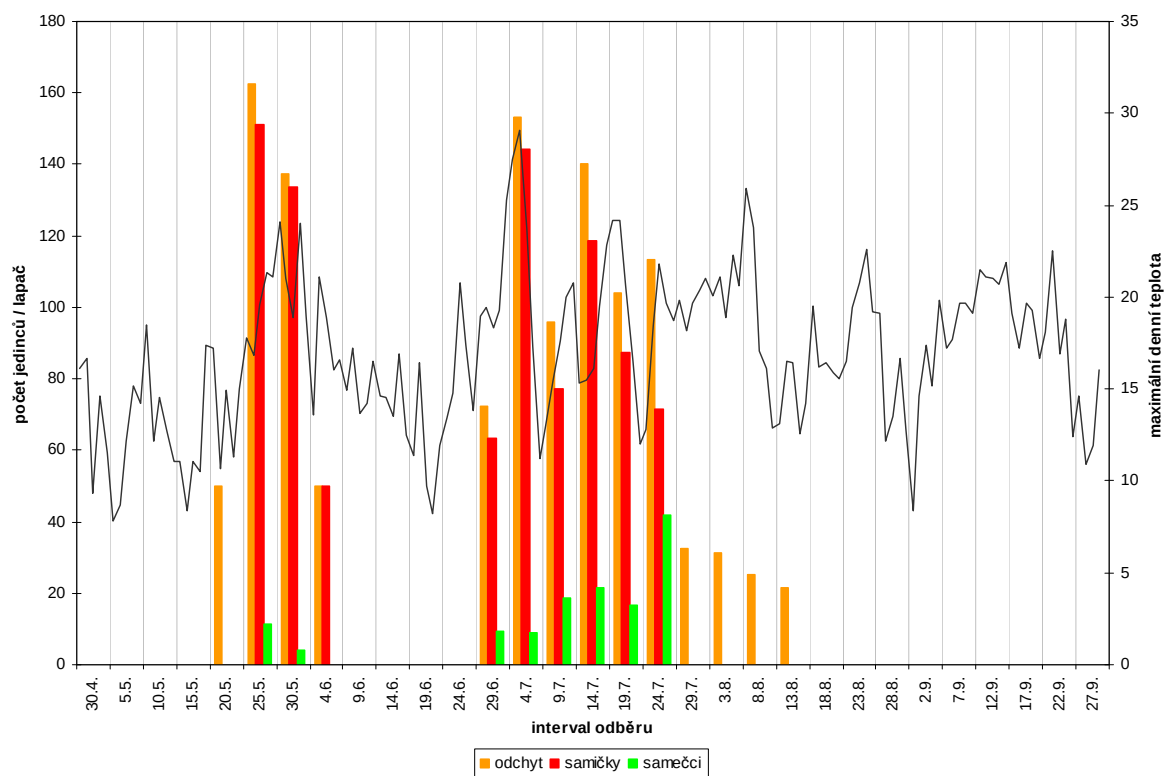
Monitoring odchytu kůrovce do lapače s teplotou vzduchu v roce 1997



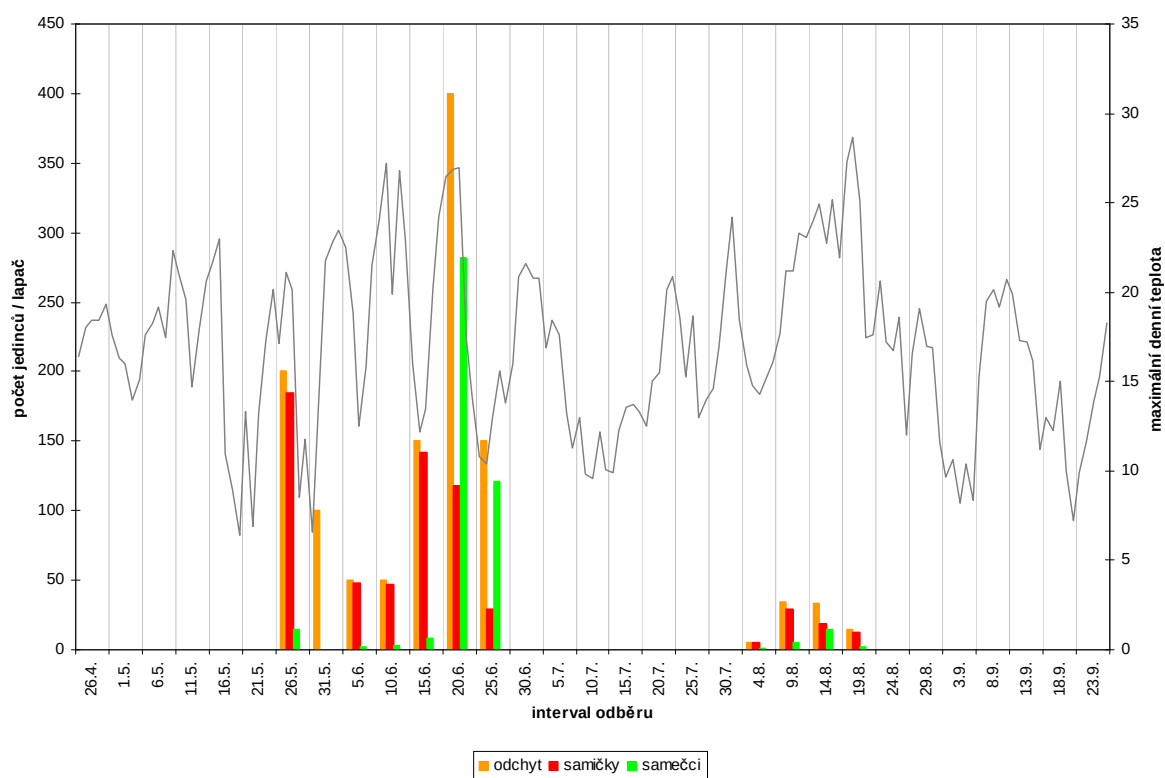
Monitoring odchyty kůrovce do lapače s teplotou vzduchu v roce 1998



Monitoring odchyty kůrovce do lapače s teplotou vzduchu v roce 1999

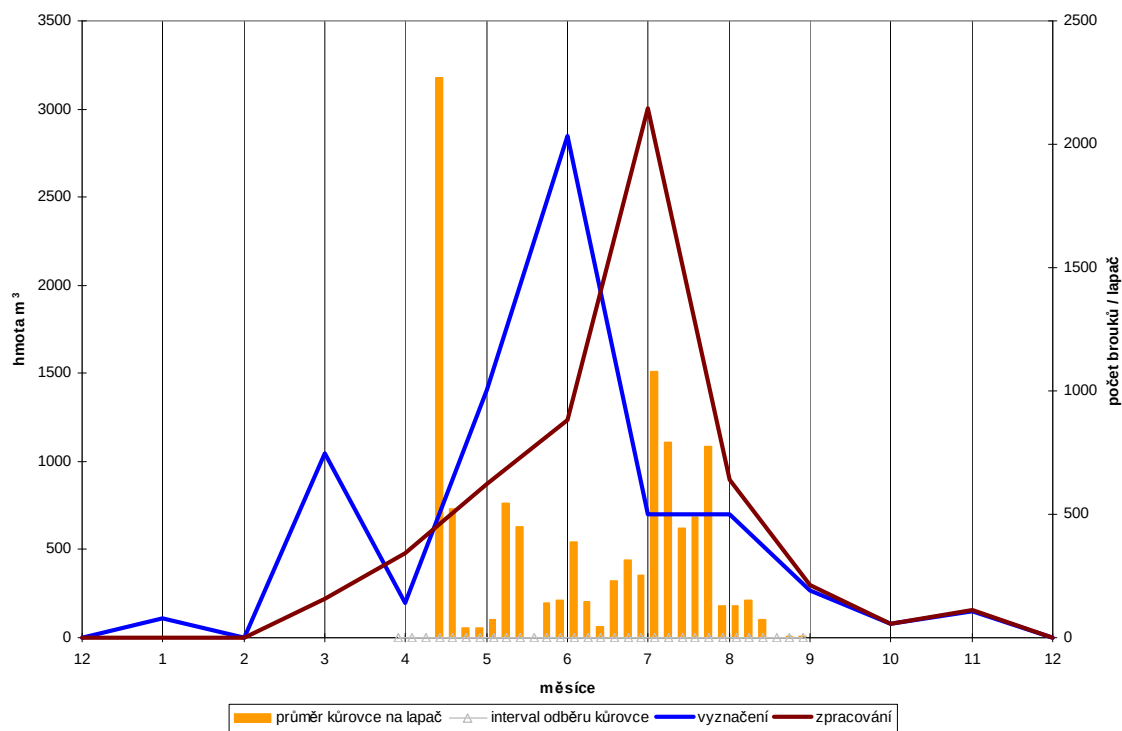


Monitoring odchyty kůrovce do lapače s teplotou vzduchu v roce 2000

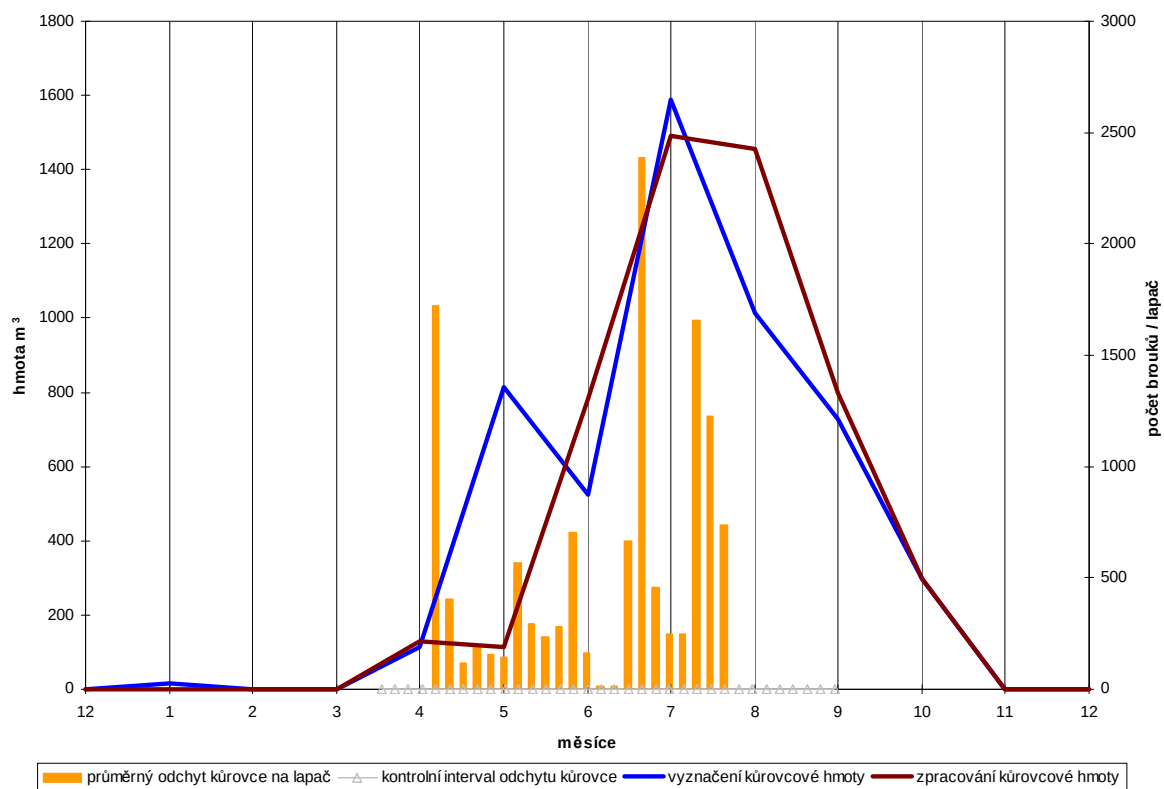


Příloha 2: Porovnání asanace kůrovcového dříví v souvislosti s rojením lýkožroutů a vyznačením napadených stromů.

Vyznačování a zpracování kůrovcového dříví s odchytem lýkožrouta smrkového do lapačů v roce 1997 (později prováděná asanace)



Vyznačování a zpracování kůrovcového dříví s odchytem lýkožrouta smrkového do lapačů v roce 1998
(včas prováděná asanace)



Kontakt:

Ing. Miloš Juha, Ph.D,
Vimperk

HNILOBY JAKO PREDISPOZICNI FAKTOR NESTABILITY POROSTŮ

Libor Jankovský a Petr Čermák

ABSTRAKT

K VĚTRNÝM KALAMITÁM JSOU VÝRAZNĚ PREDISPONOVÁNY SMRKOVÉ POROSTY INFIKOVANÉ V KOŘENOVÉM SYSTÉMU A NA KME-
NECH HNILOBAMI DŘEVNÍCH HUB, PŘEDEVŠÍM VÁCLAVKAMI, KOŘENOVNÍKEM VRSTEVNATÝM, PEVNÍKEM KRVAVĚJÍCÍM, POUZE
V INDIVIDUÁLNÍCH PŘÍPADECH I DALŠÍMI DRUHY DŘEVNÍCH HUB. MOŽNÝM OPATŘENÍM, KTERÉ BY ZAMEZILO ŠKODÁM JE OBECNĚ
VÝRAZNÉ OMEZENÍ ZASTOUPENÍ SMRKU. SNÍŽENÍ NEGATIVNÍCH DOPADŮ JE MOŽNO DOSÁHNOUT SNÍŽENÍM OBMÝTÍ U SMRKOVÝCH
POROSTŮ NA NEJVÍCE VÁCLAVKAMI OHROŽENÝCH ŽIVNÝCH STANOVISTIŠTÍCH NIŽŠÍCH A STŘEDNÍCH POLOH. ELIMINACE KOŘENOVNÍ-
KU PŘEDPOKLÁDÁ VEDLE ÚPRAVY DRUHOVÉ SKLADBY ROVNĚŽ MAXIMALIZACI SPONU SMRKU PŘI VÝSADBĚ. U HNILOBY PEVNÍKU
KRVAVĚJÍCÍHO JSOU OPATŘENÍ RELATIVNĚ NEJJEDNODUŠŠÍ, DODRŽOVAT ÚNOSNÉ STAVY ZVĚŘE

KLÍČOVÁ SLOVA: DŘEVNÍ HOUBY, VĚTRNÉ KALAMITY, SMRK, CHŘADNUTÍ SMRKU,

Úvod

Rozklad dřeva je přirozeným procesem, kdy dřevní houby rozkládají lignocelulózy, které představují jeden z nejdokonalejších přírodních polymerů. Mechanická stavba dřeva je zároveň dokonalým konstrukčním prvkem, odolávajícím extrémnímu mechanickému namáhání. Zatímco celulózy mohou být rozkládány a využívány řadou organismů, od bakterií až po savce, lignin je toxický prakticky pro všechny organismy. Dřevní houby jako jediné organismy produkují komplex enzymů, rozkládající všechny složky dřeva, včetně ligninu. Bakterie, ani žádné další organismy nejsou schopny kompletně rozkládat dřevo.

Dřevní houby rozkládají dřevo jak odumřelých dřevin či jejich částí, tak i infikují dřevo stromů živých. Právě schopnost kolonizovat živé stromy představuje pro parazitické dřevní houby významnou konkurenční výhodu při osídlování substrátu. Z hlediska fungování ekosystému se pak tento faktor výrazně uplatňuje při obnově přirozených lesních ekosystémů, kdy houbové infekce výrazně mechanicky a posléze i fyziologicky narušují stabilitu jednotlivých stromů a zároveň zkracují jejich fyziologický věk.

Běžné dělení dřevních hub na saprofyty a parazity je schematické a nevystihuje pestrost ekologických vztahů. Dřevní houby rozkládají vyzrálé dřevo a minimálně interferují se živými buňkami. Některé druhy jsou však schopné pronikat do běli a produkcí enzymů a toxinů přímo poškozovat živé buňky. Dřevní houby rozkládající dřevo padlých kmenů a odumřelých souší se nejčastěji označují jako saprofyty. Řada těchto organismů je však schopna jako nekrotrofní parazité napadat již živé stromy. Některé druhy během infekčního cyklu poměrně dlouhou kolonizují živé kmeny, tvoří ve vnitřní části kmene hnilobu a dřevo rozkládají i po odumření kmeny. Na živém stromě pak nemusí být aktivita pro strom nutně škodlivá, vesměs však není prospěšná. Pro tyto případy se používá i pojem saproparazit, případně saprogen.

V hospodářských porostech se aktivita dřevních hub projevuje nejvíce na snížení statické stability jednotlivých stromů i celých porostů. Zatímco v porostech listnatých dřevin jsou hniloby chápány spíše jako fenomén, přirozeně provázející přestárlé porosty bez masového plošného rozšíření, ve smrkových porostech je poškození dřevními houbami vesměs plošného rozsahu a dochází k rozsáhlé destabilizaci postiženého porostu a zvýšené predispozici proti působení dalších stresových faktorů jako biotických činitelů, hmyz apod. Zákonitě dochází ke znehodnocení dřevní hmoty a výrazným ztrátám na produkci i stabilitě krajiny. U jehličnanů, jmenovitě u smrku, působí rozsáhlé hniloby pouze několik druhů dřevních hub s vážnými ekonomickými i environmentálními dopady.

V hnilobami poškozených porostech se velmi pravděpodobně budou zesíleně projevovat také dopady dalších biotických a antropogenních stresorů. Stromy s vyšším podílem hniloby mají narušený vodní provoz a sníženou úroveň fotosyntetické asimilace. Díky tomu jsou zranitelnější při přísušku či při extrémních letních teplotách. Hniloby jsou tak v současném českém lesnictví chápány jako ekonomicky i ekologicky závažný problém.

V minulosti byla problematika dřevních hnilob věnována řada setkání, seminářů, sympozií a konferencí. V České republice např. v roce 1983 seminář Hniloby lesních dřevin a ochrana

proti nim na LDF MZLU v Brně, v roce 2001 seminář Hniloby, přehlížený problém lesního hospodářství v České republice aj. V rámci IUFRO je kořenovým a kmenovým hnilobám věnována celá sekce.

Cílem příspěvku je zhodnotit dopad kořenových a kmenových hnilob na stabilitu lesních ekosystémů v České republice a zhodnotit možnost nápravných opatření. Příčiny vysokého podílu hnilob zvláště smrkových porostů jsou však v České republice notoricky známy a po dlouhá desetiletí nejsou přijímána dostatečná opatření ke zlepšení stavu. Příspěvek se bude zabývat přednostně problematikou smrkových porostů, které jsou hnilobami poškozovány nejvíce.

Materiál a metody

Hniloby kořenového systému

Přítomnost dřevních hub na kořenovém systému bývá často konstatována až po vyvrácení stromu, kterému předcházela dlouhodobá infekce kořenů. K primárně parazitickým dřevním houbám na smrku, které pronikají do stromů bez nutnosti mechanického poškození, jsou řazeny václavky *Armillaria* spp., na smrku především václavka smrková *Armillaria ostoyae* (ROMAGN.) HERINK, a kořenovník vrstevnatý *Heterobasidion annosum* (FR.) BREF. Tyto houby infikují kořenový systém a výrazně tak narušují nejen jeho funkčnost, ale především pak zakotvení, resp. statiku stromu. Důsledkem je pak vyvrácení kmenů, ať již s celým kořenovým talířem, či jeho částí. Výrazně zvyšují predispozici vůči působení větru, často v koincidenci s podmáčením kořenového systému, nebo narušením zakotvení stromů v důsledku extrémních pedologických a hydrických podmínek.

Zatímco hniloba působená václavkami vystupuje plamencovitě středovou částí kmene maximálně do výšky 1 m, hniloba kořenovníku prostupuje až do výšky 8 – 12 m. V současnosti je možno na některých lokalitách České republiky pozorovat významný vzestup václavek jako mortalitního stresoru. Václavky reagují zejména na zvýšenou predispozici smrku v důsledku působení klimatických extrémů.

Podobně je destabilizován kořenový systém smrku kořenovníkem vrstevnatým *Heterobasidion annosum* na stanovištích s vysokou hladinou spodní vody, případně zakládaných na bývalých zemědělských půdách či na půdách skeletnatých. Povrchový kořenový systém smrku je náchylný na přísušky, při kterých dochází kromě zavadání i k mechanickému roztrhání kořenů v důsledku objemových změn v půdě. Otevírají se tak vstupní místa pro infekci. Výrazně extenzivní povrchový systém smrk vytváří na bývalých zemědělských půdách, kde je v proorávaných půdních horizontech dostatek živin, zejména dusíku. Rovněž i zde představují primární riziko přísušky. Ve srovnání s lesními půdami zde nejsou v takové míře kořeny chráněny peritrofní mikroflórou kořenů, včetně mykorrhiz.

Ze sekundárně parazitických dřevních hub, které pronikají do stromů poraněními v bazální části kmene je častým původcem hnědé hniloby kořenů a bazální části jehličnanů hnědák Schweinitzův *Phaeolus schweinitzii* (FR.) PAT. Nejvíce bývá postižen modřín opadavý *Larix decidua*, douglaska tisolistá *Pseudotsuga menziesii*, vejmutovka *Pinus strobus* aj. Infikované stromy se vylamují v bazální části kmene jako důsledek proniknutí hniloby k obvodu. Ďubkatec smrkový *Onnia circinata* (FR.) P. KARST. proniká rovněž do kořenového systému a šíří se podobně jako kořenovník vrstevnatý kořenovými srůsty mezi jednotlivými stromy.

Z hlediska poškození kořenového systému listnáčů je nejvýznamnější dřevní houbou dřevomor kořenový *Ustulina deusta* (FR.) Petrak (syn. *Hypoxylon deustum* (Hoffm.: FR.) Grev. Nejvíce jsou touto houbou narušovány bělové dřeviny, především pak buk lesní *Fagus sylvatica*, javory *Acer* spp, lípy *Tilia* spp. aj.

Bazální část kmenů a kořeny listnáčů mohou být rovněž výrazně poškozeny lesklokorkou ploskou *Ganoderma applanatum* (PERS.) PAT, v parcích lesklokorkou tmavou *Ganoderma adspersum* (S. SCHULZ) DONK, případně lesklokorkou pryskyřičnatou *Ganoderma resinaceum* BOUD. IN PAT.. Výskyt plodnic těchto hub po obvodu báze kmene signalizuje statické narušení kmene. Destrukci kořenů působí u dubů rovněž infekce monofágním parazitem kořenů dubů rezavce kořenového *Inonotus dryadeus* (PERS.: FR.) MURRILL. Stejně jako u jiných kořenových hub tento druh narušuje statickou stabilitu stromu.

Výčet druhů, které poškozují kořeny a bazální část kmenů listnáčů by bylo možno rozšířit i o trsnatec lupenitý *Grifola frondosa* (DICKS: FR.) S.F.GRAY, trsnatec obrovský *Meripilus giganteus* (PERS.: FR.) P. KARST, troudnatec jasanový *Perenniporia fraxinea* (BULL.: FR.) RYVARDEN, penízov-

ku vřetenonohou *Collybia fussipes* (BULL.: FR.) DUEL. aj. Obecně nejsou dřevní houby, resp. kořenové hniloby listnatých dřevin tak závažným problémem jako v případě jehličnatých dřevin. Důvodem je především menší plošné rozšíření a pěstování v podmínkách ekologického optima.

Hniloby kmenů

Sekundárně parazitické dřevní houby pronikají místy mechanického poranění kmenů. Druhé spektrum dřevních hub u listnáčů je ve srovnání s jehličnany velmi široké a v tomto kontextu je vhodnější spíše hovořit o biodiverzitě, než o ekonomické škodlivosti. I infekce nejběžnějšími druhy jako je troudnatec kopytovitý *Fomes fomentarius* má z hlediska stability porostů, částečně i ekonomiky pouze okrajový význam, pokud ovšem pomineme následnou tvorbu nepravého jádra jako důsledek i lokálních houbových infekcí.

Diametrálně odlišná je situace u jehličnanů. Úzká skupina dřevních hub, jako je pevník krvavějící, zde působí rozsáhlé ekonomické ztráty a významně destabilizuje porosty. Pevník krvavějící *Stereum sanguinolentum* infikuje kmeny sloupané zvěří či jinak poraněné. Jde o nejvýznamnější problém českého lesnictví, pokud jde o škody působené hnilobami. Z infikovaných poranění mohou vyrůst i jiné houby. Častá je například hlíva dubová *Pleurotus dryinus* (PERS.: FR.) KUMMER, pevník smrkový *Amylosterum areolatum* (FR.) BOLDIN.

Hnědou hnilobu působí troudnatec pásovaný *Fomitopsis pinicola*, charakteristický konzolovitými plodnicemi s nápadným zabarvením klobouku. Hnědá hniloba rychle proniká až do běli a kromě narušení vedení vody zásadně narušuje statickou stabilitu kmene. Troudnatec pásovaný je častý je v kůrovcových souších, kdy proniká do kmenů výletovými otvory a především v horských oblastech pak urychluje rozlamování smrkových souší již v horizontu 2 – 3 let po odumření.

Ďubkatec smrkový *Onnia circinata* infikuje smrky poraněními na kmeni, infekce se šíří i kořenovými srůsty a následně vznikají ohniska infekce. .

Poraněním do kmenů vniká také bělochoroš hořký *Postia stiptica*, nápadný bílými plodnicemi, jejichž dužnina je hořká. Od místa infekce se spíše lokálně šíří hnědá hniloba. K narušení statické stability vesměs nedochází. Podobně se chová i bělochoroš pýchavkovitý *Oligoporus ptychogaster*.

V místech přirozeného výskytu smrku je možno najít i další dřevní houby na živých smrcích. Ohňovec smrkový *Phellinus chrysoloma* tvoří voštinovou hnilobu v celém průřezu kmene. Ohňovec ohraničený *Phellinus nigrolimitatus*, který začíná tvořit plodnice až na padlých kmenech. K infekci však dochází na živých stromech smrků pouze v horských oblastech. Plstnateček severský *Climacocystis borealis* je nápadný svými bělavými plodnicemi hojně porůstající infikovaný kmen, hniloba rychle proniká do běli a strom záhy odumírá. Infikované kmeny se poté lámou i bazální části kmene. Dřevomorka lesní *Merulius himantoides*, případně dřevomorka domácí *M. lacrymans* tvoří v bazální části kmenů hranolovitě se rozpadající hnědou hnilobu až do výšky 4 m.

Hniloby a mechanická stabilita stromu a porostu

Hniloba stromu výrazně snižuje pevnost dřeva ve všech a tím i mechanickou stabilitu stromu. VICENA (2001, 2002) uvádí, že hodnota momentu setrvačnosti klesá u obvodových hnilob podstatně rychleji než u středových. Stabilita je závislá na směru působení větru. Působí-li vítr kolmo na směr šíření hniloby, jsou stromy o 20–48 % méně ohroženy ve srovnání se stavem, kdy vítr působí ve směru šíření hniloby. V případech, kdy je hnilobou zasažena celá polovina průřezové plochy, bude únosnost průřezu 50 % nebo také jen 24 % oproti původní. Podobným způsobem se projevuje zatížení sněhem a námrazou. Pokud hniloba rozložila polovinu průřezové plochy, činí únosnost průřezu pouze 15 % z původní hodnoty u zdravého dřeva (u středové hniloby přitom stále ještě přes 90 %).

Při zasažení plochy průřezu přibližně z 80 % (VICENA 2001) dojde s velmi vysokou pravděpodobností ke zlomu. Budeme-li tuto hranici aplikovat na výsledky průzkumů realizovaných Ústavem ochrany lesů a myslivosti v letech 2002–2004 na ŠLP Křtiny, dosahovalo úrovně vysoké pravděpodobnosti zlomu cca 10 % hodnocených vzorníků, podobné hodnoty řádově kolem 10–20 % lze považovat ve středně sloupaných porostech alze je doložit i z jiných lokalit.

Snížení mechanické stability jednotlivých stromů se pochopitelně odráží na ohrožení celých porostů. Pravděpodobnost větrného, sněhového či námrazového polomu vzrůstá nejen se stále se snižující stabilitou stromů, ale také s postupným prolamováním porostu. Proředený porost je ve větší míře vystaven větrnému proudění i možnosti vytváření námraz, z průzkumů nahodilých těžeb lze doložit, že při sníženém zakmenění k úrovni 0,8 se objem polomového dříví při kalamitě výrazně zvyšuje (dvoj i vícenásobně, dle dalších okolností). Příklady navýšení polomové hmoty ve sloupaných porostech demonstruje například VICENA (2001) z území Šumavy a Brd. Tam, kde rozsah porostní zásoby, poškozené loupáním, nepřesáhl 10 %, bylo polomů v průměru $10 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, u porostů poškozených z cca 50 % byla intenzita polomu cca $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, u zcela poškozených bylo polomů 3krát více. Při polomech se navíc ve sloupaných porostech ve srovnání se zdravými porosty zvyšuje podíl zlomů a naopak se snižuje podíl vývrátů a ohnutých stromů (VICENA 1995).

Poškození lesních porostů hnilobami se odrazilo (zejména v 70 a 80. letech) ve výši živelných nahodilých těžeb v ČR. I když je třeba brát v úvahu klimatické změny, které sebou přinesly vyšší četnost extrémních klimatických jevů (což platí ovšem spíše pro 90. léta) a řadu dalších faktorů, celková výše polomů s poškození velkých ploch porostů loupáním a ohryzem bezpochyby souvisí. V období let 1974–1997 nebyly živelné nahodilé těžby v žádném roce nižší než 2 mil. m^3 , roční průměr činil cca 4 mil. m^3 , což bylo cca 65 % všech nahodilých těžeb, celkový trend živelných nahodilých těžeb v období 1963–2004 je mírný nárůst. PFEFFER (1961) udával objem polomů cca 10 % z celkové těžby, VICENA (2001) pro období 1960–1975 cca 17 % z celkové těžby, na konci 70.let a v 80. letech byl podíl polomů od 15 % až do téměř 70 % celkové roční těžby.

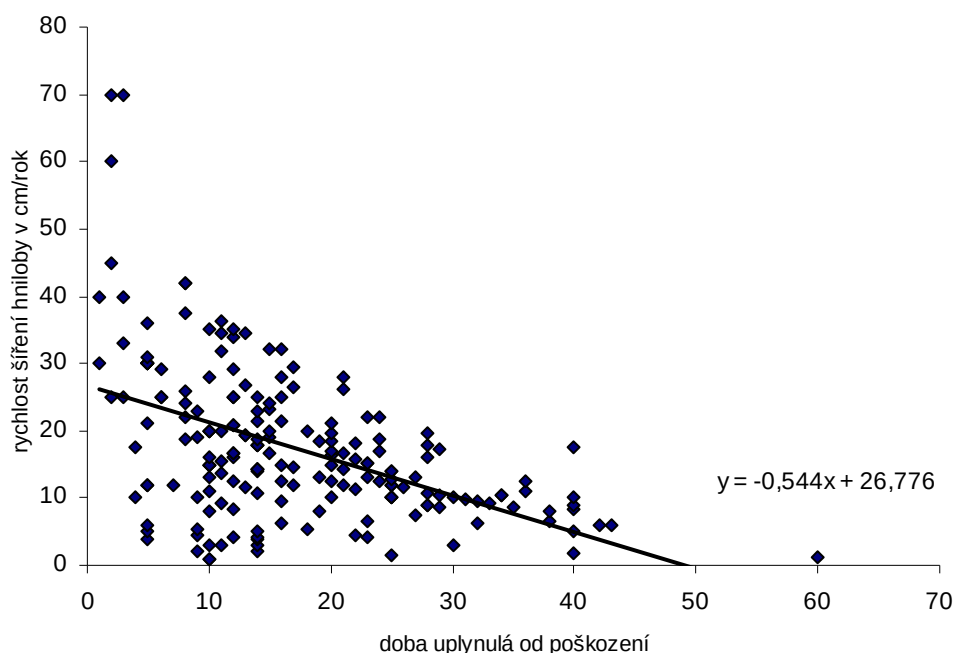
Rychlost pronikání hniloby ve kmeni

V rámci našich průzkumů byla zkoumána především rychlost pronikání hniloby pevníku krvavějícího *Stereum sanguinolentum*, u které je možno dobře odhadnout počátek vzniku infekce jako dobu vzniku poranění na kmeni. U jiných hnilob tyto údaje schází. Lze však předpokládat, že budou silně druhově specifické a závislé na místních klimatických podmínkách.

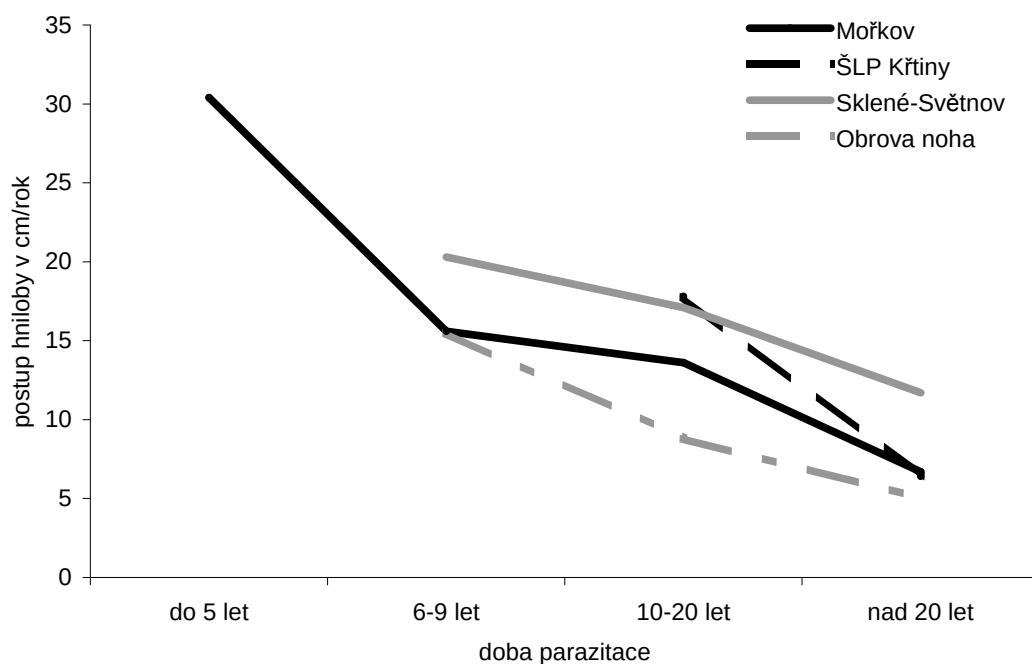
Rychlost vertikálního šíření hniloby kmenem se v průzkumech realizovaných našim ústavem pohybovala v širokém rozpětí hodnot, a to od několika cm do několika desítek cm (Tab. 1.). Největších hodnot dosahuje v prvních letech po infekci, se vzrůstající dobou parazitace klesá (ČERMÁK et al. 2004). Konkrétní údaje o rychlosti postupu hniloby v závislosti na době uplynulé od poškození jsou obsaženy v Obr. 1, 2.

Tab. 1 Postup hniloby pevníku kmenem.

postup hniloby	oblast	pramen
11 cm.rok ⁻¹ (1–28 cm.rok ⁻¹)	LHC Obrova noha, Konická vrchovina	ČERMÁK, MALÍK (2005)
15 cm.rok ⁻¹ (4–35 cm.rok ⁻¹)	Sklené–Světnov, Žďárské vrchy	ČERMÁK, STREJČEK (2005, nepublikováno)
16 cm.rok ⁻¹ (1–36 cm.rok ⁻¹)	ŠLP Křtiny, Dražanská vrchovina	ČERMÁK et al. (2004b)
24 cm.rok ⁻¹ (1–70 cm.rok ⁻¹)	LS Frenštát p. R., Beskydy	ČERMÁK et al. (2004a)
24 cm.rok ⁻¹ (5–42 cm.rok ⁻¹)	LS Morávka, Beskydy	JALŮVKA (2004)
26 cm.rok ⁻¹ (4–52 cm.rok ⁻¹)	LS Ostravice, Beskydy	PEKA (1996)
5–40 cm.rok ⁻¹	LS Nové Hrady, Novohradské hory	BŘEZINA (1994)
7–83 cm.rok ⁻¹	Jizerské hory, Severočeská pískovcová plošina	ŠTIPL (2004)



Obr. 1: Vztah mezi dobou uplynulou od poškození kmene a rychlostí vertikálního šíření hniloby (Mořkov, ŠLP Křtiny, Sklené-Světnov, Obrova noha).



Obr. 2 Průměrný roční postup hniloby v závislosti na době parazitace – revír Mořkov (Beskydy) a ŠLP Masarykův les Křtiny (2002–2003), Sklené-Světnov a LHC Obrova noha (2004–2005).

Délka kmene zasaženého hnilobou se nejčastěji pohybuje v rozmezí 2–4,5 m. Maximální délka hnilobou zasaženého kmene byla v našich průzkumech 5,5 m (Proklest). ŠTIPL (2004) uvádí maximální délku hnilobou zasaženého kmene dokonce až 7,9 m. Vertikální postup hniloby je ve funkční závislosti k době uplynulé od vzniku poškození, průběh funkce závislosti se přitom liší podle jednotlivých lokalit. Působí na něj zřejmě především klimatické podmínky dané jak mezoklimatem, tak porostním mikroklimatem.

Horizontálním směrem (zvětšování plochy hniloby na řezu) se hniloba šíří rychlostmi od několika cm^2 do několika desítek cm^2 . Při průzkumech na ŠLP Křtiny se hniloba šířila průměrnou rychlostí $35 \text{ cm}^2 \text{ rok}^{-1}$, v rozpětí hodnot od $2 \text{ cm}^2 \text{ rok}^{-1}$ do $133 \text{ cm}^2 \text{ rok}^{-1}$, na lokalitě Sklené–Světnov průměrnou rychlostí $31 \text{ cm}^2 \text{ rok}^{-1}$, v rozpětí od $5 \text{ cm}^2 \text{ rok}^{-1}$ do $78 \text{ cm}^2 \text{ rok}^{-1}$. Při této rychlosti šíření zaujímal plocha hniloby na řezu v místě rány v průměru na ŠLP Křtiny 45%, na lokalitě Sklené–Světnov 43%. Zjištěné údaje odpovídají závěrům podobného průzkumu ze severní Evropy (VASILIAUSKAS, STENLID 1998a), kde byl průměrný podíl hnilobou zasažené plochy na řezu v místě rány 36,8 %. ČERNÝ (1976) udává pro pevník krvavějící a další hniloby hodnoty horizontálního šíření cca $20 \text{ cm}^2 \text{ rok}^{-1}$, stejný údaj udávají z Litvy i VASILIAUSKAS a STENLID (1998a).

Problematika smrkových porostů

Z hlediska poškození lesních porostů hnilobami a následné zvýšené predispozice k větrným poryvům jsou nejrizikovější v podmínkách České republiky smrkové porosty. Jednotlivé vývraty, často uvnitř porostu jsou charakteristické pro infekci kořenového systému václavkami na živných stanovištích nižších a středních poloh. Plošné vývraty jsou typické pro stanoviště smrku, jehož kořenový systém je kromě deformace kořenového systému vysokou hladinou spodní vody poškozen infekcí červenou hnilobou kořenovníku vrstevnatého *Heterobasidion annosum*, pro který jsou rovněž typické zlomy ve výši 2–4 metrů jako důsledek hniloby vnitřní části kmene. Ke zlomům ve výši 1,5–2 metrů jsou rovněž predisponovány smrky, které byly v minulosti sloupány a následně infikovány hnilobou pevníku krvavějícího *Stereum sanguinolentum*.

Podle MÁLKA (1966, 1967, 1973) se poškození smrkových porostů václavkami projevuje nejčastěji na stanovištích skupin lesních typů řad B a C na minerálně bohatších půdách ve 2.–4. lesním vegetačním stupni. Podle rozlohy lesních půd je v České republice potenciálně ohroženo václavkou asi 31 % lesů. Infekce nastává v půdě přes kořeny. Do kmene plamencovitě proniká pouze do bazální části. Hnilobou je nejvíce postižen kořenový systém. Význam poškození smrku václavkou vzrůstá s postupujícím chřadnutím lesů v důsledku jiných příčin, jakými jsou aktuální srážkový deficit, časté letní přísušky a následné kalamity hmyzích lesních škůdců. Důsledkem jsou pak jednotlivé vývraty a souše v porostech s postupujícím snižováním zakmenění. Typické pro václavky je, že se stromy „zpola“ vylamují v bazální části, kdy část kořenů a kmene zůstává zakotvena, část kořenů a kmene se vyvrací. Jako opatření je možno realizovat snížení obmýtlí ohrožených smrkových porostů na 60–80 let, kdy lze částečně eliminovat nahodilé těžby, jako je ohrožení větrem, znehodnocení oddenku hnilobou a zmenšení přírůstků v důsledku kořenové hniloby václavkou. Pěstebními zásahy je možno částečně eliminovat nejvíce napadené kmeny sanitárním zásahem, ten však ve svém důsledku spolu s nahodilými těžbami vede k postupnému snižování zakmenění. Snižování obmýtlí však není kompatibilní se současnou právní úpravou a je rovněž otázkou, zda - li je žádoucí i s ohledem na další funkce lesa mít ve středoevropské krajině krátkověké smrkové porosty, de facto plantáže na dřevo. Za současné situace extrémně vysokých nahodilých těžeb je však zkrácení obmýtlí ve smrkových porostech na živných stanovištích nižších a středních poloh spolu s následnou změnou druhové skladby možným řešením předcházejícím plošným rozpadům. Předpokladem je přijetí dalších opatření pro podporu zachování věkově u druhově pestré skladby lesů v krajině. Současné dřevařské technologie jsou schopny zpracovat a preferují dřevo menších dimenzí. Na stanovištích nejvíce ohrožených václavkou (*Querceto-Fagetum*) je tak třeba především více respektovat přirozenou dřevinnou skladbu a vyloučit plošně rozsáhlé monokultury smrku. Při obnově stávajících smrkových porostů na živných stanovištích 3.lvs (zhruba 40 % rozlohy ŠLP) preferovat buk a jedli s příměsí modřínu, dubu a cenných listnáčů.

Kořenový systém smrku je nejvíce destabilizován červenou hnilobou kořenovníku vrstevnatého na vodou ovlivněných oglejených stanovištích, bývalých zemědělských půdách a na skeletnatých stanovištích. Kolísavá hladina spodní vody, nedostatek kyslíku v půdě ve spojení s častými přísuškami jsou příčinou extrémně povrchového kořenového systému a vysoké náchylnosti k infekci červenou hnilobou. Hnilobou postižený kořenový systém je pak extrémně náchylný vůči působení větru, postižené porosty se vyvrací na velkých plochách. Na redukovaných kořenových koláčích je zřejmá přítomnost červené hniloby a na obnažených kořenech se posléze tvoří rourkové plodnice. Oproti václavkám proniká hniloba kořenovníku do kmenů, které se při silných větrných poryvech lámou ve výši cca 4 m. Riziko červené hniloby a následné nízké stability vůči větrům je možno částečně eliminovat pouze při zakládání porostů. Předpo-

kladem je úprava druhové skladby. Pomineme-li extrémní vypuštění smrku druhové skladby, je možné realizovat snížení počtu sazenic smrku na hektar, tak aby se maximálně zvětšil spon smrku a eliminovalo se šíření infekce v ohniscích kořenovými srůstami. Přepokládá to však změnu zažitých výchovných postupů smrku a podporu dalších dřevin, v současné právní úpravě označovaných jako meliorační a zpevňující dřeviny. Týká se to v první řadě zalesňování bývalých zemědělských půd.

Hniloba pevníku krvavějícího *Stereum sanguinolentum* predisponuje kmeny ke zlomům ve výši 1, 3 – 4 m. Nejčastěji se lámou kmeny uvnitř porostů již v krátkém intervalu po loupání a následné infekci, dochází k postupnému snižování zkamenění. Na zlomech se pak tvoří ideální podmínky pro namnožení některých skupin podkorního hmyzu a nastartování kalamitních situací. Otevírá se rovněž cesta pronikání větru do porostů a spolu s hnilobou uvnitř kmenů se zásadně zvyšuje riziko rozvrácení i okolních porostů větrem. Při hodnocení škod zvěří nejsou vesměs tyto následné škody a rizika zohledňovány. Jediným možným řešením je držet stavy zvěře na takové úrovni, aby se předešlo loupání a následným hnilobám. Další opatření, jako je individuální ochrana kostry porostů, zdravotní výběr apod. nejsou účinné.

Další druhy dřevních hub se na vývratech, resp. polomech smrku podílí minimálně, často ve spojení se shora zmíněnými druhy.

Závěr

K větrným kalamitám jsou výrazně predisponovány smrkové porosty infikované v kořenovém systému a na kmenech hnilobami dřevních hub, především václavkami, kořenovníkem vrstevnatým, pevníkem krvavějícím, pouze v individuálních případech i dalšími druhy dřevních hub. Na živných stanovištích nižších a středních poloh je dominantním fenoménem infekce kořenového systému hnilobou václavky. Dochází ke jednotlivým vývratům uvnitř porostu, porosty se otevírají větru, plošně se pak snižuje stabilita porostů vůči působení větru. Z hlediska plošného poškození jsou nejvíce ohroženy větrem porosty na oglejených stanovištích smrku, na kterých je běžná infekce červenou hnilobou kořenovníku vrstevnatého *Heterobasidion annosum*. Na těchto stanovištích dochází jak k vývratům kořenového systému, tak i ke zlomům ve výši 2–4 m. Aktuálním problémem je hniloba pevníku krvavějícího *Stereum sanguinolentum* ve sloupaných porostech. Charakteristickým rysem jsou zlomy ve výši 1,3–2 metrů.

Možným opatřením, které by zamezilo škodám je obecně výrazné omezení zastoupení smrku. Snížení negativních dopadů je možno dosáhnout snížením obmýtí u smrkových porostů na nejvíce václavkami ohrožených živných stanovištích nižších a středních poloh. Eliminace kořenovníku předpokládá vedle úpravy druhové skladby rovněž maximalizaci sponu smrku při výsadbě. U hniloby pevníku krvavějícího jsou opatření relativně nejjednodušší, dodržovat únosné stavy zvěře.

Poděkování

Práce byla podpořena projektem MSM 6215648902 Les a dřevo a projektem COST č. 10074/2005 – 32 Vliv lesnického managementu na biodiverzitu a ekologickou stabilitu lesních ekosystémů s různým statutem ochrany.

Literatura

BŘEZINA, J., 1994. Škody způsobené ohryzem a loupáním jelení zvěří a následnými hnilobami na smrku ztepilém na LS Nové Hradky. Diplomová práce, VŠZ Brno, 93 s.

ČERMÁK, P., GLOGAR, J., JANKOVSKÝ, L., 2004a. Damage by deer barking and browsing and subsequent rots in Norway spruce stands of Forest Range Mořkov, Forest District Frenštát p. R. (the Beskids Protected Landscape Area). *Journal of Forest Science*, 50(1):24-30.

ČERMÁK, P., JANKOVSKÝ, L., GLOGAR, J., 2004c. Progress of spreading *Stereum sanguinolentum* wound rot and its impact on the stability of spruce stands. *Journal of Forest Science*, 50 (8): 360-365.

ČERMÁK, P., JANKOVSKÝ, L., LIČKA, D., BERÁNEK, J., GLOGAR, J., 2004b. Damage to spruce stands by deer barking and subsequent rots in Forest Range Proklest, the Křtiny Training Forest Enterprise "Masaryk Forest" (the Drahaný Upland). *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun.* (Brno), 52(2):165-174.

ČERMÁK, P., MALÍK, J., 2005: Rot caused by *Stereum sanguinolentum* and its spread through the Norway Spruce stem in the LHC Obrova Noha Management-plan area (Municipal Forests Prostějov). *Acta univ. agric. et silvic. Mendel. Brun.*, v tisku.

JALŮVKA, J., 2004. Ohryz a loupání jelení zvěří a napadení sekundárními houbovými patogeny ve smrkových porostech (LS Morávka, Beskydy). Diplomová práce LDF MZLU v Brně, 59 s.

MÁLEK, J. 1966. Zur Verbreitung des Hallimasches - *Armillaria mellea* (Vahl.:Fr.) Kumm und Rotfaule in den Waldtypen - grupen. *Česká mykologie* 20: 221 - 225.

MÁLEK, J. 1967. O ekologii václavky a červené hniloby a jejich rozšíření v lesních biogeocenózách. *Lesnický časopis* 13: 545 - 562.

MÁLEK, J. 1973. Ekologické optimum václavky a rozsah hniloby smrku v lesních biogeocenózách. In *Symposium o václavce obecné Armillaria mellea (Vahl:Fr.) Kumm. Sborník referátů LF VŠZ v Brně*: 67 - 80.

PEKA, T., 1996. Škody způsobené ohryzem a loupáním jelení zvěří a následnými hnilobami na smrku ztepilém v revíru Samčanka, LS Ostravice. Diplomová práce, FLD MZLU v Brně, 65 s.

ŠTIPL, P., 2004. Únosnost ztrát působených zvěří na lese. Disertační práce, LDF MZLU v Brně.

VASILIAUSKAS, R., STENLID, J., 1998a. Spread of *Stereum sanguinolentum* vegetative compability groups within a stand and within stems of *Picea abies*. *Silva Fennica*, 32(4): 301–309.

VICENA, I., 1995. Hospodaření v porostech poškozených loupáním. Sborník z konference „Škody zvěří a jejich řešení“, MZLU v Brně:95–97.

VICENA, I., 2001. Hniloby stromů a polomy. Zprávy lesnického výzkumu -- Reports of Forestry Research, 46 (2/2001): 125–127.

VICENA, I., 2002. Hniloby stromů a polomy. *Lesnická práce* 81(11): 499.

Kontakt:

Dr. Ing. Libor Jankovský

Dr. Petr Čermák

Ústav ochrany lesů a myslivosti

Lesnická a dřevařská fakulta

Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně

Zemědělská 3, 613 00, Brno

jankov@mendelu.cz

cermacek@mendelu.cz

NEINVAZIVNÍ STUDIE ASYMETRIE KOŘENOVÝCH SYSTÉMŮ POMOCÍ PŘÍSTROJOVÉ TECHNIKY

Jan Čermák a kolektiv

Studie vzrostlých stromů rostoucích v lesích porostech stejně jako u solitérních jedinců prováděné na Ústavu ekologie lesa Mendelovy zemědělské a lesnické univerzity v Brně zahrnují jejich nadzemní i podzemní části. Podrobnou znalost příslušných parametrů lze pak aplikovat pro popis funkce systémů (např. posouzení jejich stability z ekofyziologického hlediska) i při hodnocení jejich struktury (např. vzhledem k mechanické stabilitě stromů).

Speciálně měření celých kořenových systémů u vzrostlých stromů bylo dosud značně obtížné a donedávna bylo prováděno jen manuální technikou. Přístrojová technika prakticky neexistovala. Až v současné době se situace významně obrací k lepšímu díky aplikaci nových principů a technologií. To se týká jak architektury kořenových systémů a kvantifikace jejich fyzikálních parametrů, tak i funkce kořenů, jmenovitě absorpční funkce tenkých kořenů i jejich schopnosti dálkového transportu vody. Pro studium architektury kořenových systémů se osvědčila např. měřicí metoda s využitím podzemního radaru a ve zvláštních případech exkavační metoda supersonického proudu vzduchu. Pro studium absorpční a vodivé funkce kořenů jsou velmi dobré zkušenosti s využitím metody elektrické impedance a měření vektorů transpiračního proudu.

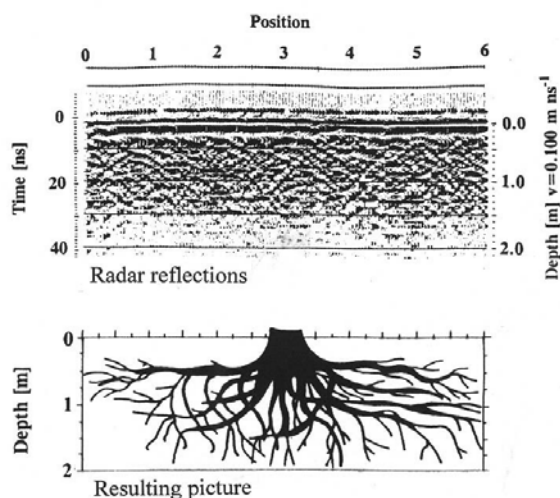
1. ARCHITEKTURA KOŘENOVÝCH SYSTÉMŮ

Visualizace kořenů pomocí podzemního radaru

Podzemní radar (ground penetrating radar, GPR) byl aplikován na kořenový systém ve spolupráci s Geofyzikou Brno v několika předchozích studiích [6, 9, 13, 23]. Měřicí systém sestává z přenosného vysílače a přijímače, typ pulsní EKKO 1000TM GPR systém (Sensors & Software Inc., Mississauga, Ontario, Canada) při použití frekvence signálu 450 Mhz. Anténní část přístroje je postupně (s krokem 5 cm) přemísťována po půdním povrchu podél vyznačených linií (vzdálených 25 cm), na kterých je např. položeno pásmo. Zmíněné linie jsou provedeny ve dvou na sebe kolmých směrech. Celková délka linií činí podle velikosti stromu cca 300 až 500 m, což odpovídá cca 6000 až 10000 radarových snímků na jeden strom. Efektivní rychlost přenosu radiového signálu do půdy činila $v=0.085$ m/ns a je zjišťována přímým měřením rychlostí v jednotlivých vrstvách půdy, při čemž jsou dle zkušeností známy hodnoty pro různě zrnité půdy. Elektronicky zaznamenaná data (**Obr. 1 nahoře**) jsou zpracována pomocí softwarových balíčků Ekko Tools 4.22 (Sensors & Software Inc., Mississauga, Ontario, Canada) and Reflex 3 (K.J. Sandmeier, Karlsruhe, Germany - oba balíčky jsou standardní geofyzikální, jmenovitě georadarové a seismické programy. Tímto způsobem zpracování je možné zhodnotit z daného hlediska nejzajímavější charakteristiky zkoumaného půdního profilu a potlačit pro zvolený účel nezajímavé informace [12, 13]. Tak jsou např. potlačeny obrazy půdního skeletu a kořenů jiných stromů kolem pokusného jedince (nebo jiné odrazy), aby byl minimalizován rušivý vliv mnoha půdních objektů.

Vybrané snímky kořenových systémů (půdorys, bokorys a nárys) derivované počítačem jsou zobrazovány na obrazovce a pro tisk zachycovány na papír (**Obr. 1 dole**). Kvantifikace obrazových údajů je dále prováděna metodami počítačové analýzy obrazu. Radar rozlišuje větve kořenového skeletu s průměrem nad 2 cm, tudíž nikoli tenké vodivé a tím méně absorpční kořeny (o průměru cca 0.1 až 1 mm). Shora uvedená frekvence dovoluje rozlišit vertikální i horizontální stavby, radar zachytí do hloubky 30 a více metrů [14]. Zmíněná metoda zásadním způsobem přispívá k poznání jinak obtížně zviditelnitelné kořenové architektury. Měření je možné provádět i skrze nepropustné povrchy jako dlažba, asfalt ap.- viz [6] nebo z lodky

u kořenu pod vodní hladinou apod. Vzdálenosti jsou detegovány s chybou cca 5 cm a kořeny lze rozlišit do hloubky cca 2.5 m. Radar celkově pracuje s přesností asi 80%, chyby vznikají vlivem obtížného rozlišení odrazu kořenů od jiných lineárních objektů, při křížení na rozdíl od doteku kořenů ap. [23, 24]. Velkou výhodou je možnost kdykoli měření zopakovat a sledovat tak dynamiku růstu nebo dekompozice kořenů.



Obr. 1: Příklad radarového záznamu v počítači (nahore) a výsledné vizualizace kořenového systému vzrostlého jedince dubu zimního na vysychavé půdě v příměstských lesích Brna – dole (ze získaného tří-rozměrného obrazu je znázorněn jen boční pohled) - Hruška et al.(1999).

Exkavace kořenů pomocí supersonického proudu vzduchu

V některých případech nestačí zviditelnit strukturu nebo funkci kořenů, ale je nutné je odkrýt a to pokud možno bez poškození. Klasickým postupem používaným pro odkryv kořenů je archeologická metoda (s použitím rýčku a štetce), která je ovšem mimořádně časově náročná na ruční práci a tudíž drahá. Výzkum raketové techniky na půdě NASA nečekaně přinesl novou možnost exkavace kořenů a to použití jako laser tenkého, supersonického proudu vzduchu [21]. Příslušné nástroje (tzv. vzdušný rýč, "air-spade" např. typ vyráběný firmou Air-Spade Technology, Verona, PA, USA - model 150/90 spojený s kompresorem Ingersoll-Rand s výkonem 0.8 m³s⁻¹ při 6*10⁵Pa dává proud o rychlosti dvou machů. Tento proud nepůsobí tlakem, ale svou rychlostí. Půda je rozprášena a zůstanou v ní nepoškozené silné i tenké kořeny (**Obr. 2**) stejně jako jiné choulostivé předměty (údajně např. i miny). Na těžkých půdách systém pracuje pomaleji (jsou málo pórovité), na suchých půdách jsou jemné kořeny velmi pevně drženy půdou a dochází k jejich většímu poškození.

Metoda je vhodná pro vědecké účely např. při verifikaci distribuce kořenů stanovených jinými metodami nebo např. je-li nutné provést řez určitých kořenů (jak tomu bývá u budov ve městech). Ale osvědčila se i pro technické účely, jako ukládání kabelů nebo potrubí v místech se vzrostlou zelení s použitím minimálních výkopů apod.

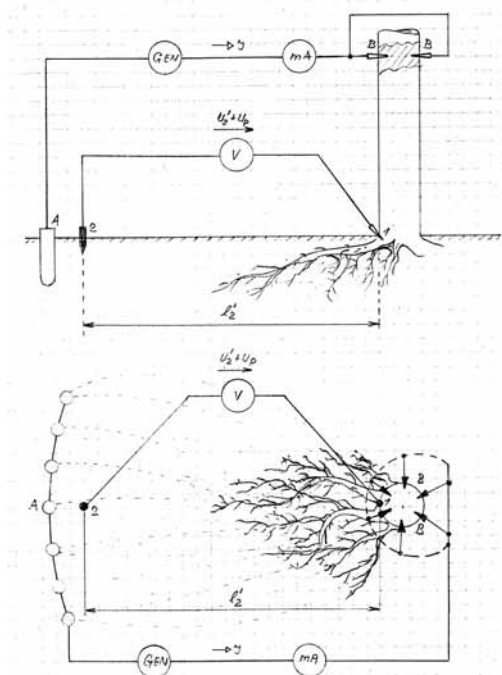


Obr.2: Odkryv kořenového systému smrku na ŠLP Křtiny pomocí supersonického proudu vzduchu (použitý systém Air-Spade Technology, spojený s kompresorem Ingersoll-Rand) – Naděždina a Čermák (2003).

2. FUNKCE KOŘENŮ

Měření velikosti povrchu absorpčních kořenů

Technickým základem metody pro měření velikosti povrchu absorpčních kořenů (absorpčních zon, AZ) je potenciálová charakteristika [1, 22]. Je to průběh potenciálu (resp. napětí) mezi proudovou elektrodou ve kmeni (C_1) a proudovou elektrodou v půdě (C_2) ve zvoleném radiálním směru (**Obr. 3**).



Obr. 3. Schéma zapojení elektrod v systému strom-půda při měření absorpčního povrchu kořenů metodou modifikované impedance půdy (Staněk 1997, Aubrecht et al. 2006).

Charakteristika má několik význačných úseků. První je mezi C_1 a P_1 a odpovídá délce ψ a úbytkem napětí U_ψ . Následující úsek „0“ je ve hmotě kořene a tvoří část vzdálenosti mezi P_1 a nejvzdálenější polohou P_2 . Nejdůležitější (z hlediska měření AZ) je nelineární úsek I v půdě a v těsné blízkosti AZ a jeho přechod do lineárního úseku II. Úsek III má opět relativně velkou strmost a nelineární průběh. Reprezentuje totiž stále se zmenšující prostorový rozsah proudového pole v půdě v souvislosti s blízkostí elektrody C_2 . Potenciálová charakteristika je měřitelná na povrchu půdy tak, že s určitým krokem přemisťujeme elektrodu P_2 a čteme napětí na voltmetru. Průběh potenciální charakteristiky v úsecích I, II III znázorňuje hustotu ekvipotenciálních ploch, které jsou v kterémkoli bodě půdního poloprostoru kolmé na proudová vlákna. Jelikož proud zavedený do stromu elektrodou C_1 vytéká do půdy

v bodě (v místě) AZ, je zde největší hustota proudových i ekvipotenciálních ploch. Pro kvantifikaci předpokládaných poměrů na kontaktu půda – kořen (resp. jeho AZ) slouží jako základ obecná rovnice kontinuity elektrického proudu

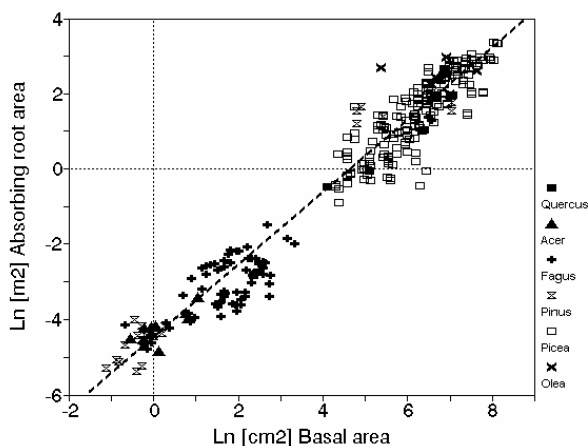
$$\oint_S \vec{j} \cdot d\vec{S} = \oint_{S_1} \vec{j} \cdot d\vec{S} + \oint_{S_2} \vec{j} \cdot d\vec{S} = -I + I = 0 \dots \dots \dots [1]$$

Při tom S je celkový povrch vodiče, dS je vektorový element povrchu, S_1, S_2 jsou plochy, jimiž proud do (z) vodiče vstupuje (vystupuje), j je vektor proudové hustoty a $+I$, $-I$ je proud do vodiče vstupující (z vodiče vystupující). Naměřená čísla dosadíme do výsledného vzorce pro výpočet absorpční plochy kořenů, při čemž $R_{\log o}$ je udáván poměrovým měřidlem.

$$S_{AZ} = \frac{\rho_{dr} L_{stf}}{R_{\log o}} \xi \eta g [m^2, \Omega m, m, \Omega] \dots \dots [2]$$

kde ρ je elektrická rezistivita kořenového zakončení. Bezrozměrný koeficient ξ zohledňuje vzájemné elektrické stínění kořenů, způsobuje nevelkou zápornou chybu v určení ploch AZ. Bezrozměrný koeficient η respektuje mechanické poškození kořenů a způsobuje malou kladnou chybu. Bezrozměrný koeficient g představuje malou zápornou chybu vyvolanou el. proudem tekoucím při měření jinými cestami než je měřený segment.

Výsledky [11] ukazují jasnou závislost absorpčního povrchu kořenů na velikosti výčetní základny stromů (Obr. 4), při čemž její logaritmický charakter indikuje existenci fraktálů v systému. Metoda poskytuje přímé údaje o velikosti absorpčních kořenů i jejich přibližné distribuci po obvodu stromu, tedy umožňuje postihovat a kvantifikovat případné asymetrie rozložení kořenů.

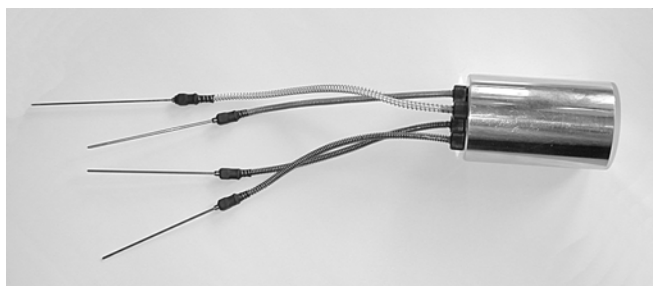


Obr. 4. Závislost absorpčního povrchu kořenů na výčetní základně šesti druhů stromů v rozmezí velikostí dvou řádů (tloušťka kmene od 0.5 do 55 cm) – Čermák et al. (2006).

Měření vektorů transpiračního proudu

Absorpční funkci kořenů (právě tak jako transpiraci listů) je možné dobře sledovat na základě měření transpiračního proudu (tj. průtoku vody vodivou částí xylému), který při měření na dřevních částech většího průměru integruje chování velkého počtu tenkých kořenů nebo listů. K měření transpiračního proudu je užívána celá řada metod. Mezi nejčastěji používané typy patří metoda tepelného pulsu, tepelné bilance kmene, rozptylu tepla a deformace tepelného pole. Přehled těchto metod uvádí např. [5, 15, 25] aj. Čidla pro měření transpiračního proudu jsou obvykle umísťována ve výčetní výšce (1,3 m nad zemí) nebo kdekoli na kmeni pod korunou, jde-li o získání dat platných pro celý strom. Právě tak dobře je možné lze čidla většiny systémů instalovat na jednotlivých kořenech nebo větvích, jde-li o studie dílčích orgánů různě rozložených v prostoru.

Měření množství vody přijaté stromy z půdy se současným měřením změn vlhkosti půdy umožňuje odvození celkové hloubky zakořenění a horizontálního dosahu kořenového systému [2, 3, 4]. K měření vektorů transpiračního proudu, zejména jeho radiálního profilu se v současné době jeví nejvhodnější metoda deformace tepelného pole, založená na měření poměru toku tepla v kmeni v axiálním a tangenciálním směru [10, 17, 19]. Multibodové čidla (**Obr. 5**) sestávají ze série dvojic termočlánků měď-konstantan a odporového tepelného zdroje instalovaných v tenkých nerezových jehlách. Tepelný výkon je dodáván z 12 V baterie prostřednictvím regulátoru. Proud je obvykle měřen z několika stran kmene (cca 2 až 8) v závislosti na typu experimentu. Data jsou zaznamenávána vícekanálovými měřicími ústřednami (datalogery).



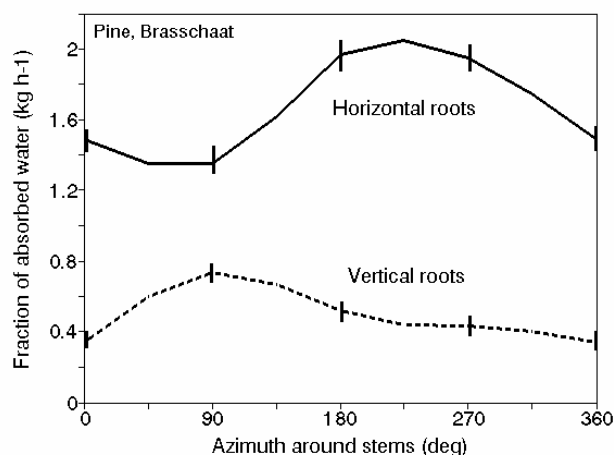
Obr. 5. Multibodové čidlo pro měření transpiračního proudu v radiálním profilu vodivého xylému pomocí metody deformace tepelného pole - ve válečku je měřicí ústředna konstrukce EMS Brno (Naděždina et al. 1998, Čermák et al. 2004).

Měření radiálního profilu transpiračního proudu má specifický význam proto, že vrstvy dřeva nacházející se v různých hloubkách pod kambiem jsou anatomicky spojeny s různě hluboko položenými kořeny nebo v různých místech v koruně se nacházejícími větvemi. Množství absorbované nebo vytranspirované vody různými vrstvami koruny nebo kořenů je tedy možné dle tvaru radiálního profilu proudu rozlišit [16, 18, 20].

Tato metoda nedává viditelný trojrozměrný obraz absorpčních kořenů, ale bezpečně určuje jejich aktivitu (odumřelé kořeny vodu neabsorbují, snížený příjem vody z některých kořenů ukazuje na jejich poškození). Lze přibližně určit směr odkud je voda čerpána dle polohy kořenových náběhů na kmeni. Dále lze z radiálního profilu průtoku v kmeni stromu stanovit hloubku, ze které je čerpáno v daném směru určité množství vody, resp. podíl vody čerpaný hlubo-

kými nebo mělce rozloženými kořeny. Tím lze získat informace o rozložení absorpčních kořenů po obvodu kmene i v různých hloubkách půdy. Z allometrických zákonitostí nutně vyplývá, že velikost absorpčních kořenů je úměrná velikosti vodivých skeletových kořenů, s tím že obojí se účastní na mechanické stabilitě stromů.

Aplikace metody pro studium statiky stromů je ilustrována na příkladě borového porostu nacházejícího se pod vlivem převládajícího silného západního větru. Ten způsobil značný (o 10 stupňů) náklon stromů východním směrem. Distribuce povrchových horizontálních a hlubokých vertikálních kořenů se dané situaci přizpůsobila (**Obr. 6**). Větší podíl vertikálních kořenů na nakloněné straně indikuje jejich spíše opěrnou funkci, kdežto větší podíl horizontálních kořenů na návětrné straně indikuje jejich spíše tažnou funkci.



Obr. 6. Příklad distribuce povrchových horizontálních a hlubokých vertikálních kořenů (odvozené na základě měření podílu jejich absorpční funkce) u borovice lesní v důsledku převládajícího západního větru silně (o 10 stupňů) nakloněné k východu (jsou znázorněny průměrné hodnoty a střední chyba u souboru 14ti vzorků). S ohledem na stejnou měřenou veličinu lze použitou škálu vyjádřit i v hodnotách absorpčního povrchu kořenů. Větší podíl vertikálních kořenů na nakloněné straně indikuje jejich spíše opěrnou funkci, kdežto větší podíl horizontálních kořenů na větrné straně indikuje jejich tažnou funkci (výsledky Česko-Vlámské spolupráce 2006).

ZÁVĚR

Nově aplikované čtyři nezávislé fyzikální principy a s jejich využitím zkonstruované přístroje umožňují (s jedinou výjimkou) nedestruktivní, daleko rychlejší a podrobnější studium architektury a funkce kořenových systémů stromů než tomu bylo kdykoli v minulosti. Některé z uvedených metod zviditelňují strukturu kořenů, jiné charakterizují činnost kořenů a dávají kvantitativní výsledky použitelné při studiu fyziologických procesů, i funkční a mechanické stability stromů, případně jejich celých porostů.

Poděkování

Příspěvek byl sestaven na základě výsledků předchozích studií díky poskytnutí prostředků z Výzkumného záměru MSM 6215648902 a s využitím některých výsledků projektu Česko-Vlámské spolupráce č.1-2006-19.

Literatura

- [1] Aubrecht L., Staněk Z., Koller J. (2006): Electric measurement of the absorbing surfaces in whole tree roots by the earth impedance method - I. Theory. *Tree Physiology*, 26: 1105-1112.
- [2] Čermák, J., Huzulák, J., Penka, M. (1980): Water potential and sap flow rate in adult trees with moist and dry soil as used for the assessment of the root system depth. *Biol. Plant. (Praha)* 22:34-41
- [3] Čermák, J. and Kučera, J. (1990a): Scaling up transpiration data between trees, stands and watersheds. *Silva Carelica* 15:101-120.
- [4] Čermák, J., Kučera, J. (1990b): Water uptake in healthy and ill trees, under drought and hypoxia and non-invasive assessment of the effective size of root systems. (p.185-195) In: *Proc. COST 612 Workshop "Above and below-ground interactions in forest trees in acidified soils"* Persson H. (ed.), Simlångsdalen, May 21-23, 1990, Sweden.
- [5] Čermák, J. (1995): Methods of studies of water transport in trees, especially the stem heat balance and scaling. In: *Proc. 32th Course in Applied Ecology, San Vito di Cadore, Univ. Padova, Italy Sep. 4-8.*
- [6] Čermák, J., Hruška, J., Martinková, M., Krejzar, T., Šustek, S., Naděždina, N., Tatarinov, F. (1997): Situace vzrostlých stromů a jejich vliv na konstrukci veřejných lázní v Brně-Zábřovicích. *Výzkumná studie ÚEL-MZLU Brno, pro Městský úřad Brno*, 49p.
- [7] Čermák, J. and Nadezhdina, N. (1998): Sapwood as the scaling parameter - defining according to xylem water content or radial pattern of sap flow? *Ann. Sci. For.* 55:509-521.

- [8] Čermák, J. and Prax, A. (2001): Water balance of the floodplain forests in southern Moravia considering rooted and root-free compartments under contrasting water supply and its ecological consequences. *Ann.Sci.For.* 58: 1-12.
- [9] Čermák, J., Hruška, J., Martinková, M. a Prax, A. (2000): Urban tree root systems and their survival near houses analyzed using ground penetrating radar and sap flow techniques. *Plant and Soil* 219: 103-116.
- [10] Čermák J., Kučera J. and Nadezhdina N. (2004): Sap flow measurements with two thermodynamic methods, flow integration within trees and scaling up from sample trees to entire forest stands. *Trees, Structure and Function* 18: 529-546.
- [11] Čermák J., Ulrich R., Staněk Z., Koller J., Aubrecht L. (2006): Electric measurement of the absorbing surfaces in whole tree roots by the earth impedance method - II. Verification based on allometric relationships and root severing experiments. *Tree Physiology*, 26: 1113-1121.
- [12] Conyers, L.B. and Goodman, D. (1997): *Ground penetrating radar. An introduction for archeologists.* Altamira Press, a Division of Sage Pub. Inc. Walnut Creek, London, New Delhi, 238p.
- [13] Hruška, J., Čermák, J., Šustek, S. (1999): Mapping of tree root systems by means of the ground penetrating radar. *Tree Physiology* 19: 125-130.
- [14] Hruška, J. and Klablana, J. (1997): Geological profile along the planned tunnel (in Czech). *Resp.Rep., Geofyzika a.s., Brno.*
- [15] Kostner, B., Granier, A., Čermák, J. (1998): Sap flow measurements in forest stands – methods and uncertainties. *Ann.Sci.For.* 55:13-27.
- [16] Jimenez, M.S., Nadezhdina, N., Čermák, J., Morales, D. (2000): Radial variation in sap flow rate in five laurel forest tree species in Tenerife, Canary Islands. *Tree Physiology* 20(17): 1149-1156.
- [17] Nadezhdina, N. & Čermák, J. (1998a): "The technique and instrumentation for estimation the sap flow rate in plants" Patent No.286438(PV-1587-98).
- [18] Nadezhdina, N. and Čermák, J. (1998b): Responses of sap flow in spruce roots to mechanical injury. *International workshop EFI, MUAF na IUFRO "Spruce Monocultures in Central Europe: Problems and Prospects". Brno 22-25.June 1998.*
- [19] Nadezhdina, N., Čermák, J., Nadezhdin, V. (1998c): Heat field deformation method for sap flow measurements. *Proc. 4th. International Workshop on Measuring Sap Flow in Intact Plants. Židlochovice, Czech Rep., Oct.3-5,1998.* 72-92 pp. IUFRO Publ. Pub.house of Mendel Univ. Brno.
- [20] Nadezhdina, N. & Čermák, J. (1999): Responses of sap flow rate along tree stem and coarse root radii to changes of water supply. *Plant and Soil* 12:1-12.
- [21] Nadezhdina, N. and Čermák, J. (2003): Instrumental methods for studies of structure and function of root systems in large trees. *J.of Experimental Botany* 54 (387): 1511-1521.
- [22] Staněk, Z. (1997) "Physical aspects of resistance measurement in plants and their ecological applications" (in Czech). *Assoc. Prof. Thesis, Dept. of Physics, Faculty of Electrical Engineering, Czech Technical University in Prague,* 166p.
- [23] Stokes A., Fourcaud T., Hruška J., Čermák J., Nadezhdina N., Nadezhdin V., Praus L. (2002): An evaluation of different methods to investigate root system architecture of urban trees in situ. I. Ground penetrating radar. *Journal of Arboriculture* 28-1:1-9.
- [24] Šustek, S., Hruška, J., Druckmüller, M., Michálek, T. (1998): "Root surfaces in the large oak tree estimated by image analysis of the map obtained by the ground penetrating radar" (in Czech). *Lesnictví-Forestry* 45(3):139-143.
- [25] Swanson, R.H. (1994): Significant historical developments in thermal methods for measuring sap flow in trees. *Agr.For. Meteorol.* 72:113-132.

Kontakty:

Čermák J.¹, Nadezhdina N.¹, Staněk Z.², Hruška J.³, Ulrich R.¹

¹Ústav ekologie lesa, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Zemědělská 3, 61300 Brno.
Tel/Fax: +545-134-181, e-mail: cermak@mendelu.cz

²Katedra fyziky, Fakulta elektrotechnická, Česká technická univerzita v Praze, Technická 2, 16627 Praha 6.

³Kolejconsult & servis spol., s.r.o., Středisko geofyziky 2000, Křenová 131/35, 60200 Brno.

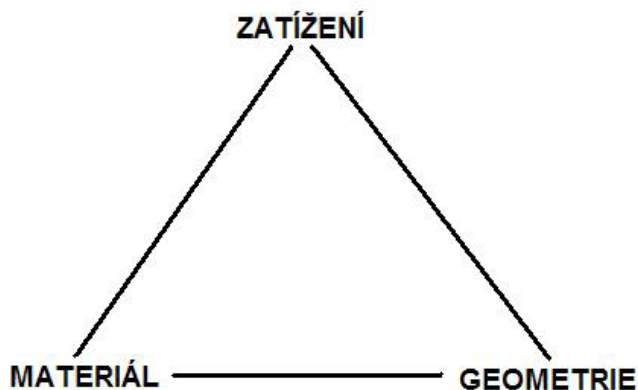
MECHANICKÁ STABILITA STROMŮ A METODY JEJÍHO ZJIŠŤOVÁNÍ

Luděk Praus

Stabilita stromu je definována vztahem mezi působícím zatížením a pevností kořenů, kmene a větví stromu. Ze zdrojů zatížení převládá vítr, další důležité faktory jsou vlastní hmotnost stromu a přídatná zátěž (ledu, sněhu). Struktura koruny umožňuje efektivní snížení vznikající síly pomocí rekonfigurace a streamliningu. Stabilita je dána množstvím, distribucí a kvalitou materiálu. Kvalita je definována materiálovými vlastnostmi dřeva, z nichž jsou důležité parametry tuhosti a pevnosti. Mechanické vlastnosti lze zjistit *in situ* nebo z předešlých měření. Množství a distribuce materiálu je definována geometrií stromu a jeho částí. Sleduje se zejména výška, průměr kmene, jejich vzájemná adekvátnost a výskyt defektů. Kvalitní a hodnověrné zhodnocení stability stromu je možné pouze tehdy, jsou-li postiženy obě strany pomyslné rovnice zatížení vs. odolnost proti zlomu a vyvrácení.

Stabilitu stromu je nutno vnímat jako součást ekofyziologických charakteristik jedince. Pro naši potřebu zúžíme pojem stability na mechanickou stabilitu, kterou můžeme definovat jako schopnost přenést mechanické namáhání bez porušení zlomem či vyvrácením.

K selhání dojde tehdy, pokud zatížení překročí pevnost materiálu. Pravděpodobnost selhání je určena velikostí zatížení (a výskytem extrémů) a pevností a tuhostí stromu (a její (ne)dosta- tečností). Odolnost vůči zlomu stromu je definována materiálem, z něhož je strom „sestaven“, tedy dřevem, a jeho množstvím a rozložením v prostoru, tedy velikostí a tvarem kmene a vět- ví. Odolnost vůči vyvrácení je limitována mechanickou pevností ukotvení stromu, a ta je defi- nována množstvím kořenů (a jejich kompartmentací, DANJON ET AL., 2005), prostorovým uspo- řádáním kořenového systému a vlastnostmi půdy. Výše uvedené lze shrnout v grafickém vyjá- dření, které označujeme jako trojúhelník stability stromu (**Obr. 1**).



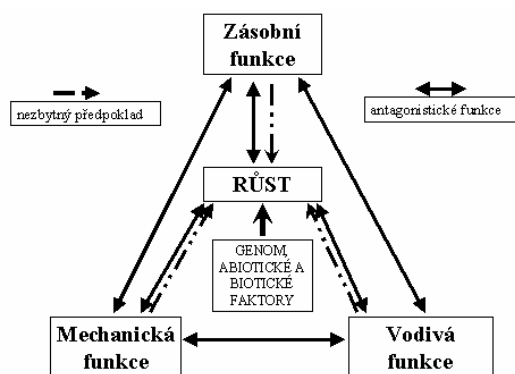
Obr. 1: Schéma trojúhelníku stability (WESSOLLY, ERB, 1998).

V případě porostu lze schéma modifikovat: zatížení – prostorová struktura porostu (lokalizace stromů, zakmenění, velikost stromů) – stabilita jedince.

K určení stability jedince, a potažmo po- rostu, nestačí pouhá znalost geometrie, zejména je-li redukována na jeden para- metr, např. štíhlostní koeficient, ale je nutno zvážit všechny vrcholy pomyslného obrazce.

Pro stabilitu jedince platí uvedené para- metry (**Obr. 1**), ve volném prostoru i v uzavřeném porostu. Nejvýrazněji se mění způsob zatížení a síla vlivu jedno- tli- vých ekologických faktorů (kompetice

o světlo, živiny). Dva aktivně ovlivňované parametry, geometrie a materiálové vlastnosti, jsou reakcí stromu na zakoušené namáhání (NIKLAS, 1992, TELLEWSKI, PRUYN, 1998). Tvar stromu i vlastnosti materiálu musí odpovídat velikosti zatížení, není-li tomu tak, strom selže. Velikost a geometrie jedince, i každé jeho části, je kompromisem, zajišťujícím naplnění všech potřeb v alespoň minimální nutné míře (dostatek světla, dostatek vody, dostatek živin, dostatečná pevnost a tuhost). Klíčovým dějem, zajišťujícím optimální nastavení parametrů, je adaptační růst (**Obr. 2**).



Obr. 2: Trojúhelník propojení funkcí stromu (MOSBRUGGER, 1991).

Proč se zabývat stabilitou jedince?

Jak bylo uvedeno výše, v rámci porostu je energie mechanického namáhání absorbována v určitém materiálu (reprezentovaném jednotlivými stromy), více či méně vhodně rozloženém v prostoru (prostorová úprava porostu). To jsou dva parametry, které můžeme ovlivnit. Aktivně je měněna a ovlivňována stabilita jedince rostoucího v porostu (tedy „materiál“), prostorové uspořádání vyžaduje spíše zásah zvenčí. Otázku prostorové úpravy ponecháme těm, kterým náleží, a pokusíme se popsat stabilitu jedince a možnosti jejího zhodnocení.

Stabilita stromu

Rozlišujeme dva základní módy selhání stromu – zlom a vývrát. V obou modech je stejné zatížení. Hodnocení odolnosti vůči zlomu je již poměrně běžnou záležitostí, i když podrobná analýza zatím naráží na nedostatečné vybavení (hardware) a neznalost vstupních parametrů. Je prováděno jak vizuálně tak pomocí počítačových modelů. Vetknutí (tedy mechanická charakteristika komplexu půda – kořenový systém) je uvažováno jako tuhé. Materiálové vlastnosti jsou obvykle získávány z dostupné odborné literatury, méně často jsou měřeny *in situ*. Geometrická složka stability je interpretována nejčastěji třemi parametry: plochou průřezu (normálová namáhání) a momentem setrvačnosti plochy (I), nebo jeho derivátem, průřezovým modulem (obvykle značen W). Vizuálně jsou hodnoceny nepravidelnosti stavby nosného aparátu stromu.

Hodnocení odolnosti vůči vývratu je komplikováno nedostupností kořenového systému (za předpokladu, že chceme strom zachovat živý a funkční), velkou variabilitou distribuce kořenů, která je náhodná, a těžko určitelnými mechanickými charakteristikami ukotvení stromu (kam kromě vlastností dřeva kořenů přibývá mechanika půdy). Pro popis mechanické funkce kořenů jsou používány počítačové modely a nebo je kořenový systém řešen jako celek, jsou zjišťovány jeho mechanické charakteristiky ze vztahu působící síla – vznikající náklon (MATTHECK ET AL., 1997, WESSOLLY, ERB, 1998, DANJON ET AL., 2005, NICOLL ET AL., 2006).

Zatížení

Zatížení stromu (silové působení větru, tíha stromu a tíha případné přídavné zátěže) je postupně disipováno deformací řapíků listů, výhonů a větví, i celého kmene, kořenů a zbytek je nakonec přeměněn na energii tření mezi částicemi půdy a kořeny. Určitá část energie je spotřebována tlumením kmitů stromu odporem vzduchu a nárazy korun sousedních stromů. Postihnout všechny tyto procesy je v současné době ještě neproveditelné, jednak z důvodu náročnosti výpočtu s tolika vstupními parametry, jednak z důvodu neznalosti u některých parametrů.

Hlavním zdrojem zatížení stromů je vzhledem k velikostem napětí a frekvenci zatížení vítr. Struktura koruny umožňuje efektivní snižování vznikajících sil. Listy i výhony se natácejí po směru proudění a vystavují proudě vzduchu svůj nejmenší rozměr (tzv. streamlining, NIKLAS, 1992). Zároveň dochází ke sklonění větví, koruna se stává jakoby kompaktnější, zmenšuje se náporová plocha (rekonfigurace, NIKLAS, 1992). Vliv těchto efektů lze vyjádřit jako zmenšení plochy koruny. BRÜCHERT, GARDINER (2000) uvádí, že při rychlosti větru do $11 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ je redukce plochy 20 %, při rychlostech nad $20 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ 60 %.

Ve většině případů je zatížení větrem vypočítáváno dle klasické Newtonovy rovnice pro odpor kapalin:

$$F = 0,5 \cdot \rho \cdot A \cdot C_w \cdot v^2 \quad [1]$$

kde F je vznikající síla, C_w je koeficient aerodynamického odporu, A je náporová plocha, ρ je hustota vzduchu a v je rychlost proudění.

Je nutno si uvědomit limity tohoto způsobu výpočtu, který počítá s nestlačitelnou kapalinou a laminárním prouděním. Navíc se jedná o statické zatížení, nikoliv dynamické. Navzdory tomuto je výpočet obecně užíván, v některých případech je modifikován pomocí koeficientů (WESSOLLY, ERB, 1998). Problematické je určení koeficientu aerodynamického odporu a integrální výpočet zatížení (volba vhodné distribuce rychlosti proudění a provedení výpočtu). Představovaný koncept je i přes tato nutná zjednodušení široce používán pro hodnocení pravděpodobnosti selhání významných stromů. Po celém světě již bylo úspěšně zhodnoceno několik desítek tisíc stromů.

Koeficient aerodynamického odporu

Vyjadřuje odpor koruny vůči pronikání vzduchu. Někdy bývá také označován jako prodouvavost, koeficient prodouvavosti, který je stanoven jako podíl mezi množstvím vzduchu před a za korunou (VICENA ET AL., 1979, WESSOLLY, ERB, 1998). Velikost C_w u stromu není konstantní. Je funkcí druhu stromu a rychlosti proudění vzduchu. Vliv druhu je dán anatomickými, morfologickými a mechanickými rozdíly v architektuře koruny, struktuře a vlastnostech dřeva kmene a větví. Jak je uvedeno výše, závisí také na rychlosti proudění.

Hodnota koeficientu odporu koruny je v literatuře udávána od 0,20 do 0,45 (MAYHEAD, 1973, WESSOLLY, ERB, 1998, PELTOLA ET AL. 1997, NIKLAS, 1992, GARDINER, PELTOLA, KELLOMÄKI 2000). GAFFREY (2000) udává $C_w=0,25$ při $20 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, při $33 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ $C_w= 0,22$. Problematický je způsob získávání těchto koeficientů, které je prováděno buď v aerodynamických tunelech nebo za pomoci vozidel, vždy na malých vzorcích, malých stromech či jednotlivých větvích.

Vertikální distribuce rychlostí proudění

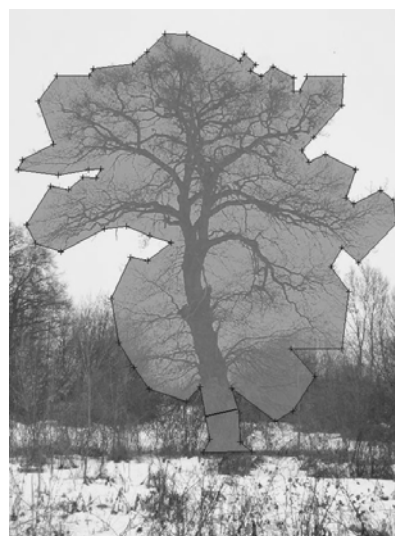
Při zátěžové analýze je nutné brát do úvahy také vertikální distribuci rychlostí větru. Jsou využívány různé funkce. NIKLAS a SPATZ (2000) sledovali vliv pěti různých způsobů výpočtu rozložení rychlosti větru po výšce (Obr. 3). Jako obecně uznávaný a platný označují logaritmický profil). I další autoři (např. WESSOLLY, ERB, 1998) uvádějí nelineární průběh rozložení rychlostí větru po výšce (DIN 1055 a DIN 1056, DAVENPORT, 1960).

V naší práci využíváme funkce popsané NIKLASEM a SPATZEM (2000), výpočet dle DIN 1055 1056 a výpočet dle EUROCODE 1. Výběr konkrétní funkce se řídí stanovištěm, většinou se jedná o EUROCODE 1 na běžných stanovištích a o konstantní profil tam, kde je považujeme za vhodné vytvořit určitý bezpečnostní polštář a naddimenzovat vznikající sílu (stromy na frekventovaných místech).

Výpočet zatěžovací funkce může proběhnout na několika úrovních přesnosti (a tím náročnosti). Základní model je i) nahrazení plochy koruny vhodným geometrickým útvarem a vynásobení příčnými parametry, dále pak ii) co nejpřesnější zjištění náporové plochy a integrální výpočet zatížení dle vhodné zvolené křivky a iii) výpočet pomocí vhodného řešiče některou z numerických metod.



Obr. 4: Vektory působícího větru na plášti stromu, snímek z numerické analýzy (KOŇAS ET AL., 2004)

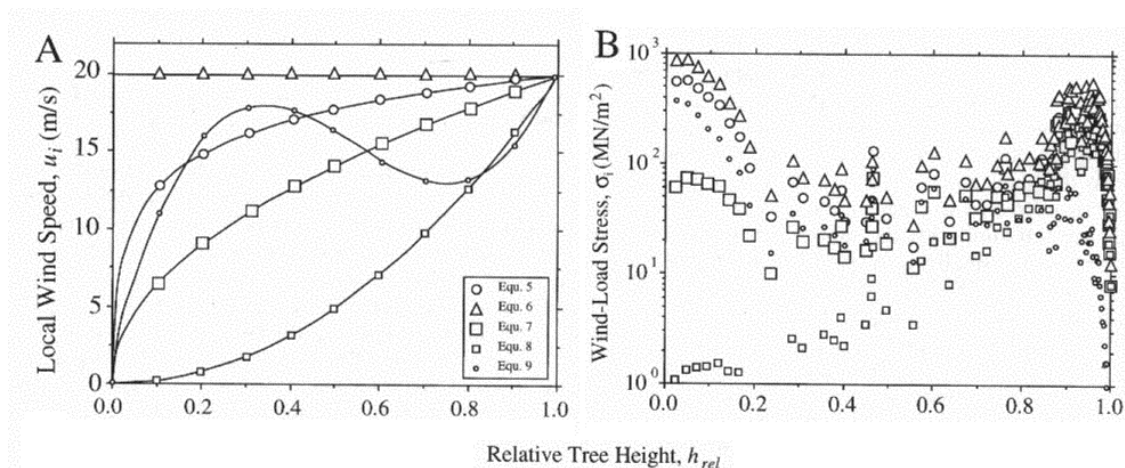


Obr. 3: Náporová plocha stromu měřená v programu Treestab ($h=25 \text{ m}$).

Příklad: pro strom na Obr. 4 byla v programu Treestab zjištěna náporová plocha $316,3 \text{ m}^2$ (výška 25 m) a hodnota vznikající síly při rychlosti větru $32 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ vypočtena na 47 kN při konstantním profilu rozložení rychlostí, resp. 21 kN při použití odmocninného profilu (viz 1)). Orientačním výpočtem (viz 1)) byla určena plocha $362,9 \text{ m}^2$ (nahrazeno elipsou) a zatížení $64,7 \text{ kN}$.

Ad i) Prosté vynásobení patřičných parametrů lze doporučit pouze pro orientační zátěžovou analýzu, bez závazných rozhodnutí o osudu stromu. Síly, vypočtené touto cestou jsou veliké a dle členitosti koruny lze očekávat poměrně velké předdimenzování vznikající síly.

Ad ii) Tento postup je uplatňován při zátěžových analýzách pro běžnou potřebu zhodnocení provozní bezpečnosti stromů. Na našem pracovišti je prováděn pomocí programu Treestab pracujícím na platformě Matlab. Několik obdobných prostředků je používáno ve světě, např. mezinárodní skupinou SAG Baumpflege. Nevýhodou je redukce problému do 2D (Obr. 4).



Obr. 5: Schemata různých modelů rozložení rychlostí větru a vznikajících napětí (NIKLAS, SPATZ, 2000). Equ.5 – logaritmický profil, Equ.6 – konstantní profil, Equ.7 – mocninný profil, Equ.8 – odmocninný profil, Equ.9 – polynomičtý profil (3 řádu).

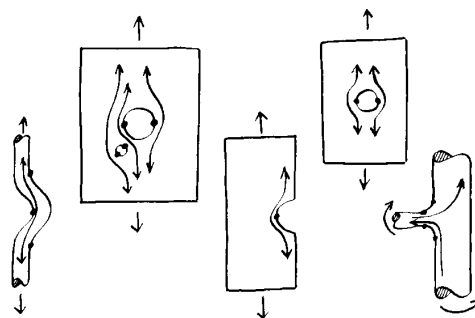
Ad iii) Využití vhodného programu pro numerická řešení (např. Comsol, Ansys) umožňuje asi nejpreciznější výpočet vznikajících napětí (Obr. 5). Je nutno mít na paměti, že příprava a výpočet těchto úloh patří mezi velmi náročné jak hardwarově, tak obslužně. Je nutno vytvořit co nejpresnější geometrický model, řešit proudění v jeho okolí a následně přenést sílu proudícího media do strukturální analýzy (viz KOŇAS ET AL., 2004). Hromadné využití je zatím ještě daleko.

Výhodou však je možnost přenosu dat mezi měřítky, tedy v našem případě z jedince na porost a z porostu na území a naopak. Nevýhodou je náročnost na operátora a vybavení. Doposud není uspokojivě vyřešen přenos komplikované geometrie, náročný materiálový model.

Geometrie

Tvar jednotlivých částí stromu je nejvýznamnějším zdrojem informací pro hodnocení stability. Hodnotíme základní dendrometrická data a pravidelnost stavby. Dendrometrická data určují (zjednodušeně řečeno) velikost vznikajícího napětí a jejich vzájemnou adekvátnost a množství materiálu pro jeho přenos. Pravidelnost struktury odkazuje na rovnoměrnost napěťového pole, výskyt lokálních špiček napětí.

Základní metodou je vizuální zhodnocení stavby kmene a výskytu případných defektů a jejich potenciálního vlivu na stabilitu. Výhodou je jednoduchost, nevýhodou je zvýšená náročnost na kvalifikaci posuzovatele a subjektivní zatížení hodnocení, hodnověrnost vizuálního zhodnocení je závislá na zkušenosti posuzujícího.



Obr. 6: Tok napětí na kmeni. Převzato z Mattheck, 1991

Metodika vizuálního hodnocení vychází ze znalosti šíření napětového pole ve kmeni. Geometrie stromu je významně vázána na mechanickou funkci, např. kořenové náběhy, modifikace průřezů kořenů, asymetrický průřez větve či kmene (Mattheck, 1991). Způsob růstu dřevin umožňuje sledovat dlouhodobé trendy změn napětového pole a tak detekovat slabá místa stromu, vnitřní defekty (dutiny) a nepravidelnosti v zatížení (např. převládající krut). Tam kde



Obr. 7: Kmen buku s prasklou tlakovou vidlicí.

je kmen či jeho část necelistvý, je porušen (poškození, praskliny, trhliny, dutiny), nebo je kmen nepravidelně tvarován (defekty), dojde k lokálním změnám ve velikosti a směru napětí, které mohou vést až k selhání stromu či jeho části (Obr. 6). Výskyt defektu také upozorňuje na lokální snížení pevnosti a tuhosti dané části stromu, např. nedokonalé vetknutí větve.

Podle rozsahu defektu se usuzuje na velikost pravděpodobnosti selhání. Také váha jednotlivých defektů se liší. Mezi nejvýznamnější patří tzv. tlaková vidlice (Obr. 7), různé dutiny a praskliny, přičemž uzavřená centrální dutina je výrazně méně nebezpečná, než např. tlaková vidlice či trhlina, o čemž se lze snadno přesvědčit výpočtem zbytkové nosnosti kmene s centrální dutinou.

Geometrickou složku tuhosti a pevnosti stromu popisuje moment setrvačnosti plochy (I) a průřezový modul (W).

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} = \frac{\pi \cdot d^3}{32} \quad [2; 3]$$

Oba parametry vyjadřují vliv geometrie na odpor kmene, větve, či obecně nosníku, vůči přetvoření (zejména v ohybu, vzpěru či krutu). Geometrická složka tuhosti roste se čtvrtou, resp. třetí mocninou průměru kmene.

Tabulka 1: Srovnání nosnosti plného a dutého průřezu. Dutý průřez má při zhruba poloviční ploše nosnost zmenšenu pouze o 25 %.

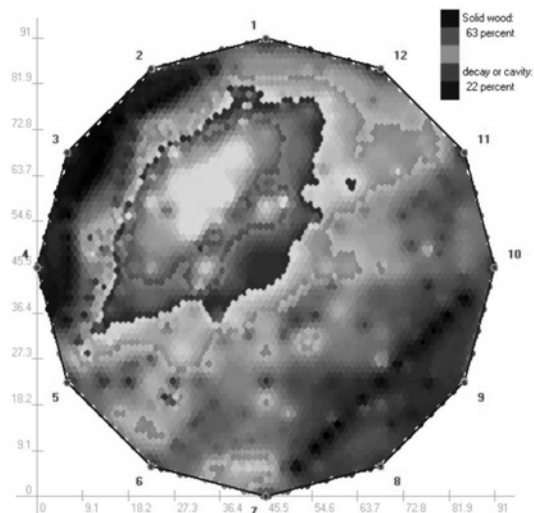
Plný průřez ●		Dutý průřez ○	
průměr	60 cm	průměr	60,00 cm
		tloušťka stěny	10,00 cm
plocha A_1	2827,43 cm ²	plocha A_2	1570,80 cm ²
Moment setrvačnosti I_1	636 172,5 cm ⁴	Moment setrvačnosti I_2	510 509 cm ⁴
$A_1:A_2=1,8$		$I_2:I_1=1,25$	

Vztah momentu setrvačnosti a průřezového modulu ke stabilitě stromu vyjasní rovnice pro výpočet normálových napětí v ohybu:

$$\sigma = \frac{M \cdot r}{I} = \frac{M}{W} \quad [4],$$

kde r je poloměr kmene (maximální napětí je tedy tam, kde je maximální poloměr, tedy na povrchu kmene), M je ohybový moment, součin působící síly a ramene (v našem případě výška těžiště nad zemí). Čím větší průměr kmen či větev má, tím menší napětí vzniká, resp. tím je tužší a hůře deformovatelný a bezpečnější (Tabulka 1). Tak i staré a rozpadající se stromy mohou mít poměrně vysokou stabilitu. Porovnáním nosností kmenů a potenciálně vznikajících sil bylo zjištěno, že stromy jsou i desetinásobně předimenzovány (platí pro soliterní jedince).

Obtíže nastávají tam, kde je potřeba vyšetřit stromy s vnitřními defekty, dutinami. Zde se lze opřít pouze o zjištění zbytkové stěny přírůstovým nebo zezem či některým z penetrografů. Jedná se o vyšetření invazivní a lokální, bodové, což snižuje výpovědní schopnost metod. Další možností je akustická tomografie (přístroje Picus, Fakopp), která dokáže vymezit oblasti průřezu s různými vlastnostmi dřeva (tedy např. degradované činností dřevokazných hub), invazivita je malá, lze následně provést výpočet tuhosti daného průřezu a zjistit skutečnou stabilitu. Opět se jedná o spíše expertní metody, určené pro zvláště cenné stromy.



Obr. 8: Snímek z přístroje Picus ukazuje různý stupeň dekompozice dřeva na průřezu stromu.

V obecné praxi je geometrie stromu z hlediska stability hodnocena vizuálně. Základní metodikou je metoda VTA (Visual Tree Assessment, MATTHECK, 1991), která je založena na poznání defektů a jejich vlivu na napěťové pole a základních vztahů biomechaniky. Její nevýhodou je náročnost na znalosti a dovednosti hodnotitele. Alternativu nabízí metoda SIA (Wessolly, Erb, 1998), založená na hodnocení stromu pomocí diagramů, v nichž je rámcově provedena zátěžová analýza a kde je skryt postup výpočtu napětí a bezpečnostního faktoru. Její výhodou je, že bere do úvahy všechny vrcholy trojúhelníku stability, je však poněkud schematická. Z tohoto důvodu je na našem pracovišti rozvíjena metoda označená jako WLA (Wind Load Analysis), která vychází ze strukturální analýzy a umožňuje stanovit hodnotu odolnosti proti zlomu.

Materiál

Velmi opomíjeno je, v rámci hodnocení stability stromů, zjišťování mechanických vlastností dřeva a uplatnění této znalosti v procesu hodnocení. Charakterizovat dřevo jako materiál je obtížné. Lze je označit jako vláknitý biokompozit. Konkrétní tuhost a pevnost závisí na vzájemné orientaci anatomických elementů dřeva (od molekulární až po makroskopickou úroveň) a působících sil. Vlastnosti dřeva se plynule mění při přechodu zatěžování ve směru vláken do kolmého na vlákna. Dřevo je tedy anisotropní, nemá rovinu souměrnosti vlastností. Vzhledem ke struktuře dřeva, je rozdílná reakce dřeva také na různé způsoby namáhání. Dalo by se zjednodušeně říci, že dřevo se při každém způsobu namáhání (tah, tlak, ohyb, smyk, krut) chová jako jiný materiál.

Pro potřeby analýzy je materiálový model zjednodušován na ortotropní (materiálové konstanty se určují pro tři základní anatomické směry: podélný, radiální a tangenciální, PRAUS 2000, PRAUS, HORÁČEK, 2005) i isotropní (pouze jediná konstanta).

Pro zhodnocení stability stromu je nutno znát dva parametry materiálu, jeho tuhost a jeho pevnost. Tuhost je vnitřní odpor materiálu vůči přetvoření a je definován modulem pružnosti, což je podíl působícího napětí a vznikající deformace (normálové moduly pružnosti E, smykové moduly pružnosti G, ohybový modul pružnosti MOE).

Pevnost je velikost napětí, které na materiál působí při porušení. Znalost pevnostních charakteristik je nutná pro výpočet bezpečnostního faktoru, tedy v podstatě vyčíslení stability stromu. Hodnoty tuhosti i pevnosti se udávají v jednotkách tlaku, u dřeva nejčastěji v MPa. Základní přehled nabízí tabulka níže.

Zjištění materiálových konstant vyžaduje přístrojové vybavení, případně je možné se odkazovat na dříve provedená měření. Pro měření mechanických parametrů jsou k dispozici zařízení založená na měření vývrtů (Fractometer), penetrografy (měřící nepřímo hustotu dřeva), přístroje založené na měření rychlosti průchodu akustického signálu (Arborsonic Decay Detector, Picus). Asi největší výpovědní hodnotu mají tzv. tahové zkoušky, založené na měření napětí, vznikajících při umělém zatížení definované velikosti a odhadu napětí vznikajících při zatížení kritickém (SINN, WESSOLLY, 1989).

Zkoušení vývrtů - Fractometer

Fractometer je založen na principu měření pevnostních parametrů dřeva z radiálních a tangenciálních vývrtů. Princip vysvětluje MATTHECK, BETHGE (1995 a 1998). Tvrdí, že tímto způsobem lze změřit pevnost dřeva v tlaku kolmo na směr vláken radiálně a tangenciálně, ohybovou pevnost (radiální) a smykovou pevnost. Pro měření je nutný odběr vzorku přírůstovým nebo zezem. Výpověď je omezena na místo odběru, navíc zjišťované parametry ne zcela korespondují s potřebou analýzy. Lze jej s úspěchem použít pro zhodnocení stupně narušení dřeva.

Penetrografie

Penetrograf (někdy označovaný jako inteligentní vrtačka) je přístroj, který měří odpor dřeva vůči pronikání vrtáčku malého průměru a tím nepřímo hustotu dřeva. Nevýhodou je jednak destruktivita měření a jednak výpověď o stavu pouze malé části kmene. Zjištěná vlastnost je hustota, kterou je nutno teprve interpretovat jako tuhost či pevnost dle obecných, statisticky ověřených modelů. Komerční přístroje jsou např. Resistograph, Teredo. Přístroje jsou používány spíše pro lokalizaci dutin a zjišťování stupně narušení dřevokaznými houbami.

Akustické přístroje

Jsou založeny na zjišťování rychlosti průchodu akustického impulsu dřevem. Rychlost šíření zvuku ve dřevě je závislá na hustotě dřeva ρ a modulu pružnosti E podle rovnice:

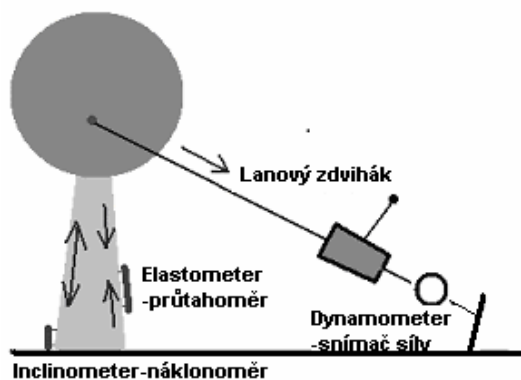
$$c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad [5]$$

Při poškození dřeva dřevokaznými houbami nebo při prezenci dutiny se snižuje rychlost šíření. Při známé hustotě lze vypočítat přímo modul pružnosti (Arborsonic Decay Detektor, Sylva-test, Director ST300, Arbotom).

V poslední době se objevilo několik přístrojů, označovaných souborně jako akustické tomografy (Picus, Fakopp). Je to několik vzájemně propojených akustických snímačů a vysílačů a umožňují vytvořit komplexní obraz kmene (Obr. 8), přičemž hodnotí i stupeň narušení dřeva.

Akustické přístroje umožňují poměrně málo invazivní zjištění mechanických vlastností dřeva.

Jsou mobilní a v provozu dobře upotřebitelné. Přímě naměřená data lze použít pro výpočty tuhosti.



Obr. 9: Schéma tahové zkoušky

Tahová zkouška

Tahová zkouška sestává ze tří částí. Je to zátěžová analýza, vlastní tahová zkouška a výpočet bezpečnosti stromu proti vyvrácení či zlomení.

Hlavní část zkoušky spočívá ve zjištění mechanického chování stromu. Strom je uměle zatížen a vznikající deformace a náklon je snímán. Obr. 9 ukazuje způsob měření.

Ze známé deformace při známé síle se vypočte deformace vznikající při zatížení větrem ze zátěžové analýzy a zjistí se tuhost kmene, tedy modul pružnosti. Podle hodnoty deformace při porušení (tabulková hodnota) lze vypočítat napětí, působící při porušení. Získané výsledky se porovnají s pevností materiálu. Výsledkem je procentická hodnota bezpečnosti, která udává poměr mezi skutečnými a potřebnými rozměry.

Výhodou je komplexní informace o stabilitě jedince, včetně pravděpodobnosti vyvrácení, její použití je však náročné a zůstává proto doménou městské zeleně a experimentálních prací.

Tabulka 2: Přehled hodnot tuhosti a pevnosti základních dřev (w=12 %), *Požgaj et al (1997); **Tsoumis (1991)

Druh	Modul pružnosti L/R/T [MPa]				Pevnost L/R/T [MPa]			
	Tlak	Tah	Smyk	Ohyb	Tlak	Tah	Smyk	Ohyb
Smrk	13650* 789* 289*	14956* 3088* 555*	573* 474* 53*	573*	34,1* 3,4* 4,0*	74,4* 2,2* 1,7*	6,7* 2,1* 2,4*	70,4*R 72,9*T
Dub	11778* 2046* 1028*			12250* *	59,8* 11,0* 8,5*	109* 3,0*	14,9* 7,5*	85,2*
Buk		16750* 1588* 613*		12966*	56,7* 12,9* 8,5*	133,5* 3,4* 4,4*	15,1* 14,2*	124*

Nedestruktivním způsobem nelze získat informaci o pevnostních parametrech dřeva, která je důležitá pro vyjádření úrovně stability. Zde jsme stále odkázáni na předchozí destruktivní měření materiálu a je nutno velmi pozorně kontrolovat jak a na jakém materiálu byla pevnostní data zjišťována.

Shrnutí

Pro úspěšné zhodnocení stability stromu je nutno se seznámit s oběma stranami rovnice, která pravděpodobnost selhání řídí. Je nutno znát zatížení, které na strom (porost) působí, přičemž je nutno vzít do úvahy velikost a četnost výskytu extrémů. Je nutno se seznámit se stavem nosného aparátu stromu, zejména s dendrometrickými parametry (výška, průměr, velikost koruny), s výskytem defektů (nestabilních jedinců), a s vlastnostmi dřeva hodnoceného jedince (porostu). Je nutno zvolit úroveň hodnocení, která je adekvátní situaci a potřebám. Posléze lze přistoupit ke zhodnocení.

Lze říci, že nejdůležitějšími parametry je zatížení větrem a dostatečný průměr kmene, který je bez defektů. Pokud má strom dostatečnou vitalitu, tzn. je schopen adaptačního růstu, lze očekávat zachování a i zvyšování stability jedince v souladu s intenzitou zatížení (což implikuje i požadavek na dostatečně intenzivní výchovné zásahy). Selhání je spíše následkem rychlé změny, na niž strom nemůže zareagovat růstem, zejména změny zatížení (vichřice, sněhová kalamita, uvolnění z porostu). Zabráníme-li náhlosti změn, strom (porost) má velkou šanci přežít.

Další výzkum je orientován na metody hodnocení odolnosti vůči vyvrácení. Zjišťování mechanických charakteristik ukotvení stromu, včetně metodiky měření a hodnocení, je jednou z hlavních oblastí zájmu. Zvláštní pozornost je věnována tvorbě numerických modelů. Pokračuje snaha o vytvoření modelu proudění, a to jak v urbanizovaném prostředí tak v porostech. Další oblastí je zdokonalování metodik hodnocení stability stromu, zejména na bázi strukturální analýzy, umožňujících zapojení všech základních metod zjišťování mechanických vlastností dřeva *in situ*.

Literatura

- BRÜCHERT F., GARDINER B. 2000. Wind Exposure Effects on the Mechanical Properties of Sitka Spruce (*Picea sitchensis* (Bong.) Carr.). In: Spatz H. – Ch., Speck T. (eds), Plant Biomechanics 2000, Georg Thieme Verlag Stuttgart, pp 403–412
- DANJON F., FOURCAUD T., BERT D. 2005. Root architecture and wind-firmness of mature *Pinus pinaster*, New Phytologist, 168: 387-400
- DAVENPORT A. G. 1960. Rationale for determining design wind velocities. Proc. ASCE J. Struct. Div. 86, pp. 39-68.
- GAFFREY D. 2000. Simulated Stress Distribution in Stem of a 64-year old Douglas Fir Applying a 3D-Tree and Load Model. In: Spatz H. – Ch., Speck T. (eds), Plant Biomechanics 2000, Georg Thieme Verlag Stuttgart, pp 425-431.
- KOŇAS P., HORÁČEK P., GRÝC V., TIPPNER J., ZEJDA J., Christmas tree. In: Proceedings of 3 Symposium Interaction of Wood with Various Forms of Energy. Zvolen: TU Zvolen, 2004, s. 131-137. ISBN 80-228-1429-6.
- MATTHECK C. 1991. Trees – the mechanical design. Springer-Verlag, New York.
- MATTHECK C., BETHGE K. 1995. New methods for the assessment of wood quality in standing trees. In: Coutts M.P., Grace J. (eds), Wind and trees, Cambridge University Press, pp 227 – 237
- MATTHECK C., TESCHNER M., SCHÄFER J. 1997. Mechanical control of root growth: a computer simulation. J. theor. Biol. 184, 261-269.

- MATTHECK C., BETHGE K. 1998. *The structural Optimization of Trees*. *Naturwissenschaften* 85: 1-10
- MAYHEAD, G. 1973. *Some Drag Coefficients for British Forest Trees Derived from Wind Tunnel Studies*. *Agric. Meteorol.* 12, 123-130.
- NICOLL B.C., GARDINER B.A., RAYNER B., PEACE A.J. 2006. *Anchorage of coniferous trees in relation to species, soil type, and rooting depth*. *Can. J. For. Res.* 36(7): 1871-1883 (2006)
- NIKLAS J. K. 1992. *Plant Biomechanics – An Engineering Approach to Plant Form and Function*. The University of Chicago Press, Chicago.
- NIKLAS J. K., SPATZ H. CH. 2000. *Wind-induced stresses in cherry trees: evidence against the hypothesis of constant stress levels*. *Trees* 14: 230-237.
- PELTOLA H., KELLOMÄKI S., HASSINEN A., GRANANDER M. 2000. *Mechanical stability of Scots pine, Norway spruce and birch: an analysis of tree-pulling experiments in Finland*. *Forest Ecology and Management* 135: 143-153.
- POŽGAJ A., CHOVANEC D., KURJATKO S., BABIAK M. 1997. *Štruktúra a vlastnosti dreva. II vydání*, Bratislava, Príroda
- PRAUS L. 2000. *The mechanical design of Juglans nigra L. tree*. In: Spatz, H. Ch., Speck, T. (eds) *Plant Biomechanics 2000*. Thieme Verlag, Stuttgart.
- Praus L, Horacek. P., 2005. *Assessment of tree stability - The mechanical behaviour of a tree*. *WOOD RESEARCH* 50 (1): 9-18 2005
- SINN G., WESSOLLY L. 1989. *A contribution to the proper assessment of the strength and stability of trees*. *Arboricultural Journal* 13(1) : 45-65.
- TELEWSKI F. W., PRUYN M. L. 1998. *Thigmomorphogenesis: a dose response to flexing in Ulmus americana seedlings*. *Tree physiology* 18, 65-68.
- TSOUMIS G. T. 1991. *Science and Technology of Wood – Structure, Properties, Utilisation*. Chapman & Hall, New York.
- VICENA I., PAŘEZ J., KONŮPKA J. 1979. *Ochrana lesa proti polomům*. Ministerstvo lesního a vodního hospodářství ČSR, Praha.
- WESSOLLY L., ERB M. 1998. *Handbuch der Baumstatik und Baumdiagnose*. Patzer Verlag Stuttgart.

Kontakt:

Dr. Luděk Praus
MZLU Brno
Zemědělská 3, 613 00 Brno

DLOUHODOBÝ EFEKT VÝCHOVY SMRKOVÝCH POROSTŮ NA JEJICH ODOLNOST VŮČI POLOMŮM

Marian Slodičák a Jiří Novák

Smrk ztepilý je a do budoucna zůstane nejdůležitější hospodářskou dřevinou. V současnosti tvoří ca 55 % podíl na druhové skladbě lesů. Pěstuje se téměř ve všech stanovištních podmínkách, od lužních lesů po 8. LVS. Rozmanitost přírodních podmínek však vyžaduje diferenciaci pěstebních postupů i hospodářských cílů.

Sadbou či sítí založené stejnověkové smrkové porosty jsou vysoce umělou strukturou, která nemůže existovat bez náležité pěstební péče a na většině stanovišť, kde má smrk své optimum (5. - 8. LVS), je nutno počítat s určitým stupněm ohrožení.

Poškození lesních porostů s převahou smrku v posledních letech sice klesá, dlouhodobě však dosahuje vysokého podílu (téměř 50 % etátu bylo v posledních deseti letech vytěženo nahodile).

Jako hlavní škodliví činitelé se uvádějí v sestupném pořadí vítr, sníh, biotičtí činitelé a imise. Ve skutečnosti se nejčastěji jedná o kombinované vlivy více škodlivých činitelů (např. vítr + sníh, sníh + biotičtí činitelé + imise, imise + mráz + sucho + biotičtí činitelé atd.). Příčiny tohoto alarmujícího stavu jsou komplexní a jsou jednak objektivního charakteru a jednak charakteru subjektivního.

Příčiny objektivního charakteru souvisejí hlavně s klimatickými změnami probíhajícími v Evropě i v celosvětovém měřítku. Nárůst větrných polomů dobře koreluje se zvýšením intenzity proudění vzduchu nad naším územím od počátku 70. let a zejména se zvýšením frekvence nárazového větru.

Hlavní subjektivní příčinou nedostatečné stability smrčín je jejich kultivace mimo areál přirozeného rozšíření smrku převážně jako stejnověkových monokultur a nedůsledné uplatňování pěstebních postupů zaměřených na jejich stabilizaci.

Na rozdíl od příčin poškození lesů objektivního charakteru jsou příčiny subjektivní spočívající v hospodářské sféře ovlivnitelné pěstebními zásahy do porostů v různých časových horizontech. Mezi nejdůležitější pěstební opatření směřující ke zvýšení odolnosti a stability lesů patří přirozenější druhová (věková) skladba, respektování běžných ochranných opatření (rozčleňování rozsáhlejších porostních celků, odvodňování zamokřených stanovišť, péče o porostní okraje, vhodná orientace pasek atd.) a u současných porostů zejména vhodným způsobem prováděná porostní výchova.

Specifika výchovy smrkových porostů

Mezi nejdůležitější vlastnosti smrku ztepilého významné z hlediska porostní výchovy patří dobrá růstová reakce na uvolnění v průběhu téměř celé doby obmýtní. Mimo zápoj si udržuje přímý vzrůst a souměrnou korunu. V uměle založených smrkových porostech (a rovněž v uvolněných nárostech z přirozeného zmlazení) převládá jedinci s tzv. pionýrskou strategií růstu, tj. jedinci s velmi rychlým růstem v mládí s kulminací tloušťkového přírůstu již ve věku 10 - 15 let a výškového přírůstu ve věku 20 - 30 let. V tomto období vyžaduje smrk dostatek růstového prostoru k vytvoření souměrného stabilního kmene a mohutného kořenového systému. Ke splnění tohoto cíle je potřebná co největší hmota asimilačních orgánů - vyvinutá koruna.

Velká, zejména dlouhá koruna sice snižuje těžiště, ale znamená současně větší zachytnou plochu pro vítr. Proto je na lokalitách nejvíce ohrožených větrem žádoucí po dosažení kritické výšky 15 - 20 m korunu zkrátit. Lze toho docílit snížením intenzity výchovy, popř. jejím vynecháním v druhé polovině doby obmýtní. Navíc se vytvoří i systém vzájemné podpory jedinců.

Mnoho smrkových porostů je v praxi ponecháváno po zapojení bez zásahu nebo jsou zásahy vzhledem k rychlému růstu smrku v mládí nedostatečně intenzivní. Každý rok promeškání znamená v období kulminace tloušťkového přírůstu i v nejvyšších horských polohách zesílení paty kmene o ca 1,5 - 2 cm. Opožděné zásahy se proto stávají velmi pracnými, značně se prodražují a často při nich vzniká nutnost vyklizení obtížně prodejného dřeva a zvyšuje se nebezpečí poranění okolních kmenů a kořenových náběhů s následnou infekcí dřevokaznými houbami. S regulérní výchovou se tedy často započne až v době, kdy lze z porostů vytěžit prodejné sortimenty. Tím se zbaví porost složený převážně z labilních jedinců posledního prvku vnitřní ochrany - vzájemného krytí zápojem - a stává se velmi citlivým k poškození především větrem.

Výchova smrkových porostů ohrožených abiotickými činiteli

Přestože jsou škody způsobené sněhem, větrem a námrazou podobné (polomy a vývraty), hodnocením předchozích kalamit a také experimentálními pracemi bylo doloženo, že vliv zmíněných činitelů je výrazně odlišný.

Sníh ohrožuje všechny lesní porosty v nadmořských výškách 500 - 800 m, tj. v polohách s častým výskytem mokrého sněhu. Nejvíce jsou poškozovány mladé smrkové porosty v období kulminace výškového přírůstu. Vzhledem k tomu, že působení sněhu je ve srovnání s větrem statičtější s převládajícím vertikálním tlakem, nejčastějším typem poškození je zlomení kmene. Nejvíce postiženy jsou zpravidla stromy nižších stromových tříd s vysokým štíhlostním kvocientem a postupně, s rostoucím množstvím mokrého sněhu, mohou škody dosáhnout katastrofických dimenzí. Poškození námrazou se od škod sněhem liší zejména pozdějším nástupem a větším ohrožením dominantních jedinců v porostu, zatímco úroňová a podúroňová složka může zůstat nedotčena.

Ohrožení lesních porostů větrem se na rozdíl od ohrožení sněhem začíná objevovat v pozdějším věku, zpravidla po překročení horní porostní výšky 15 - 20 m. Ohroženy jsou zejména smrkové porosty na podmáčených půdách, vytvářející mělké kořenové systémy. Ve srovnání s více méně statickým vertikálním tlakem sněhu či námrazy, je působení větru na stromy dynamické a převážně horizontální. Typ poškození větrem je závislý hlavně na podmínkách prostředí. Na podmáčených půdách, zvláště v porostech s dobře vyvinutými korunami stromů převládají vývraty, zatímco v porostech s lépe vyvinutými kořenovými systémy stromů na kyselých popř. i živných stanovištích převládají polomy.

V minulosti byly jako reakce na četné rozsáhlé polomy vyvinuty dvě strategie ochrany. První starší strategie pracuje s porostem jako s celkem. Hlavní principy ochrany spočívají podle této strategie ve vzájemné podpoře jedinců v porostu. Stabilizujícími prvky jsou zpevněné okraje porostů, zvýšený podíl zpevňujících dřevin (např. buk, modřín), směřování obnovy proti převládajícímu větru, odvodnění zamokřených stanovišť atd. Tato strategie byla propagována a široce používána v první polovině 20. století, avšak nezabránila růstu poškození vzhledem ke svým slabinám, spočívajícím zejména v možných nárazech větru i z jiných směrů než je směr převládající, vůči kterému je ochrana budována (Heger 1953). Dalším významným nedostatkem bylo, že když se jednou pracně a dlouho budovaný systém ochrany narušil, obvykle se celý a rychle hroutil (Heger 1953, Busby 1965). Mezi největší kritiky systému vzájemného krytí patřil Heger (1953), který hospodařil v Krušných horách. Heger byl také u zrodu druhé strategie ochrany lesů vůči polomům, nazývané vnitřním zpevněním. Tato strategie spočívající na individuální stabilitě jedinců byla později rozvinuta pro nejvíce ohrožené smrkové porosty Mitscherlichem (1974). Hlavními prvky jsou zde především nižší počty jedinců při výsadbě, vývoj stromů ve volném zápoji, snaha o vytvoření velkých a hluboce zavětvených korun, mohutného hlubšího kořenového systému a co nejspádnějšího kmene s nízkým štíhlostním kvocientem. Důraz se tedy přenesl z ochranných prvků budovaných při obnově porostů převážně na prvky tvořené porostní výchovou.

Druhá strategie se osvědčila zejména v mladých smrkových porostech ohrožovaných sněhem (Pařez 1972, Chroust 1980, Slodičák 1987, Slodičák, Novák 2006). Pozdější silné výchovné zásahy v duchu této strategie však způsobily zvýšení poškození porostů větrem (Vicena 1964, Persson 1969, Rottmann 1985, Lohmander, Helles 1987, Slodičák 1987 aj.). Z těchto důvodů byla postupně vypracována třetí strategie ochrany kombinující prvky obou předchozích strategií. Základem třetí strategie je tzv. odstupňovaná výchova (gestaffelte Durchforstung) zformulovaná již v roce 1955 Wiedemannem (1955) pro zlepšení kvality a zvýšení objemu produkce ve smrkových porostech. Samotná myšlenka odstupňované (tj. v průběhu vývoje porostu

nestejněměrné) výchovy smrkových porostů je však mnohem starší. Poprvé se vyskytuje v práci Bohdaneckého (1890), který doporučoval pěstování smrku ve volném zápoji v první polovině doby obmýtní (k docílení kvantity produkce) a v hustém zápoji ve druhé polovině doby obmýtní (k docílení kvality produkce).

Podle této třetí strategie může být stabilita jednotlivých stromů vypěstována pouze v mladých porostech udržováním volného zápoje řidším sponem při výsadbě nebo velmi silnými zásahy v době zapojování korun, tj. v době kulminace tloušťkového a výškového přírůstu. Cílem těchto pěstebních opatření je vypěstování dlouhých dobře vyvinutých korun, mohutných kořenových systémů a stabilních spádových kmenů s nízkým štíhlostním kvocientem. Smrkové porosty pěstované tímto způsobem jsou zpravidla velmi odolné vůči zlomení sněhem, ale velká koruna představuje značnou záchytnou plochu pro vítr. I když existují exaktní podklady, že stabilní kmen může odolat nárazům větru zachyceným velkou korunou (Blackburn, Petty 1988) nejvhodnějším opatřením je zřejmě zkrácení korun ať již uměle vyvětvením (Brünig 1973, MacCurrach 1991, Matthesen 1993) nebo přirozeně, vhodně načasovanou změnou strategie volného zápoje na strategii plně zapojeného porostu (Wiedemann 1955, Mitscherlich 1974, Johann 1981, Chroust 1980, Slodičák 1987, 1993). Přirozeným zkrácením korun sníženou intenzitou výchovy se buduje systém vzájemného krytí, avšak v tomto případě je to již vzájemná ochrana individuálně stabilních jedinců (Marsch 1989), protože efekt volného zápoje, zejména spádový kmen a mohutný kořenový systém se mění po dosažení výšky porostu 15 m velmi málo (Johann 1981, Cremer et al. 1982).

Modely pro výchovu smrku

Navrhované modely výchovy smrkových porostů ohrožovaných abiotickými činiteli jsou diferencovány podle cílových hospodářských souborů (CHS), které jsou jednotkami rámcového plánování hospodářských opatření, vymezenými příbuznými přírodními podmínkami i porostními poměry a mají shodné funkční zaměření lesa.

Nejdůležitější změnou oproti dosavadním návrhům je silnější první zásah do mlazin (v porostech na nejvíce ohrožených stanovištích se doporučuje snížení až na 1 500 stromů na 1 ha v době zapojování mlazin, tj. ve věku přibližně 15 let). Kladný vliv takových zásahů zejména na zvýšení statické stability smrčů byl opakovaně experimentálně ověřen v různých podmínkách ČR a lze je proto doporučit pro širší použití v praxi a to nejenom v nejvíce ohrožovaných porostech, ale také v porostech méně ohrožených, kde se předpokládá nižší intenzita pěstebních zásahů (např. technologicky nepříznivé terény atd.).

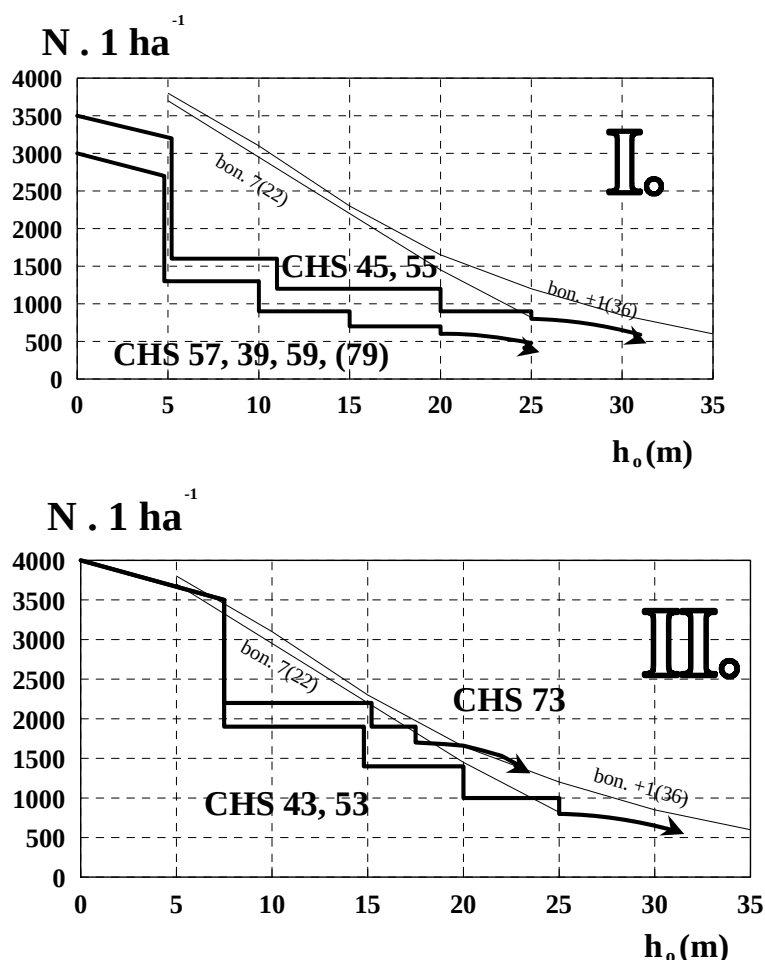
Druhou významnou změnou je snížení intenzity výchovy ve druhé polovině doby obmýtní v nejvíce ohrožených lokalitách (oglejená a podmáčená stanoviště). Cílem tohoto opatření je využití efektu vzájemného krytí ve vztahu ke škodám větrem a snížení nebezpečí poranění mělkých kořenových systémů pojezdem mechanizačních prostředků po porostu s následnou infekcí dřevokaznými houbami.

Porosty silně ohrožené (I.)

Pro smrkové porosty silně ohrožené biotickými škodlivými činiteli byly navrženy dva modely výchovy (obr. 1- I.). Jedná se o porosty na bohatých živných stanovištích CHS 45 a CHS 55 a na stanovištích oglejených CHS 57 a CHS 77 a podmáčených CHS 39, CHS 59, CHS 79.

Ve smrkových porostech na živných stanovištích CHS 45 a 55 s výchozí hustotou 3 - 4 tis. sazenic na 1 ha se doporučuje zahájit výchovu při horní porostní výšce (dále h_0) 6 m (tj. ve věku 15 - 17 let) selektivním podúrovňovým zásahem, po němž by mělo v porostu zůstat asi 1 700 nej kvalitnějších jedinců v rovnoměrných rozestupech. Při vyšší výchozí hustotě lze první výchovný zásah provést schematicky (mimo imisní oblasti), popřípadě jej kombinovat s výběrem individuálním. Při všech zásazích se podporuje příměs listnatých dřevin, zejména buku.

Další výchovné zásahy při h_0 12,5, 20 a 25 m jsou již slabší s klesající silou zásahu a prodlužující se pěstební periodou (7, 10, 15 a 20 let). Při druhém, popřípadě třetím zásahu lze podúrovňové zásahy a negativní výběr kombinovat s pozitivním výběrem v úrovni, při kterém se vybere a vyznačí 300 - 400 kvalitních cílových stromů zpravidla předrůstavých a úrovňových v pravidelných rozestupech a uvolní se od konkurujících jedinců. Cílové stromy je vhodné vyvětvit do výšky 4 - 5 m oklestem suchých větví. Ve smrkových porostech vychovávaných podle tohoto modelu je vytvořen dostatečný prostor pro vývoj korun a kořenových systémů v mladém věku a pro vytvoření spádového kmene odolného proti zlomení sněhem, který



Obr. 1: Návrh modelů výchovy pro smrkové porosty silně ohrožené (I.) a středně ohrožené (II.).

je hlavním škodlivým činitelem v těchto porostech v první polovině doby obmýtní. Cílem nižší intenzity výchovy ve druhé polovině doby obmýtní je udržení plného zápoje a kombinace vnitřního a vnějšího zpevnění porostu jako ochrany proti škodám větrem, který na těchto bohatých stanovištích snižuje hospodářskou jistotu.

Uvedený model respektuje rovněž požadavky produkce dřeva. Produkční ztráty po prvním velmi silném zásahu se rychle vyrovnávají zvýšeným přírůstem ponechaných jedinců a kvalita produkce je zajišťována jednak výběrem cílových stromů a jejich vyvětvením a jednak vývojem v plném zápoji ve druhé polovině doby obmýtní, kdy se doporučuje již pouze jeden slabší podúrovňový zásah ve věku asi 70 let.

Smrkové porosty na oglejených stanovištích CHS 57 a 77 a stanovištích podmáčených HS 39, 59 a 79 patří mezi nejvíce ohrožené, zejména větrem. Výchova porostů, založených hustotou kolem 3 tis. sazenic na 1 ha, se zahajuje nejpozději při h_0 5 m (ve věku 15 let). Podúrovňovým zásahem s negativním výběrem se počet jedinců sníží na ca 1 300 na 1 ha. Další dva podúrovňové výchovné zásahy následují při h_0 10 a 15 m (při pěstební periodě ca 15 a 20 let). Třetí zásah lze v nejvíce ohrožených lokalitách vypustit případně provést jako sanitární seč. Cílem tohoto modelu výchovy je, podobně jako v předchozím případě, dosáhnout maximálního zápoje ve druhé polovině doby obmýtní a minimalizovat intenzitu pojezdu mechanizačních prostředků v nepříznivých terénech uvedených CHS. Ve druhé polovině doby obmýtní, kdy je porušení zápoje nejvíce rizikové, se pěstební zásahy omezují pouze na nahodilou těžbu.

Porosty středně ohrožené (II.)

Jedná se o porosty na kyselých stanovištích vysokých horských poloh CHS 73 (68 tis. ha) a na kyselých stanovištích středních a vyšších poloh CHS 43 a CHS 53 (405 tis. ha). Modely výchovy (obr. 1-II.) předpokládají vyšší výchozí hustotu kolem 4 tis. sazenic na 1 ha a silný první výchovný zásah při h_0 7 m (ve věku 15 až 20 let) s redukcí na ca 1 900 jedinců v CHS 43 a CHS 53 a 2 200 jedinců v CHS 73. Tyto první výchovné zásahy jsou podúrovňové

s negativním výběrem. Další zásahy (podúrovňové s negativním výběrem, popřípadě kombinované s pozitivním výběrem v úrovni) se v porostech HS 73 opakují v dvacetiletých intervalech při h_0 15 a 17,5 m, v porostech CHS 43 a CHS 53 se druhý zásah opakuje po deseti letech (h_0 15 m) a další zásahy v patnáctiletých intervalech při h_0 20 a 25 m.

Cíle modelů výchovy smrkových porostů na kyselých stanovištích jsou podobné jako u modelů pro nejvíce ohrožené porosty na stanovištích živných a ovlivněných vodou, tj. vývojem ve volném zápoji v mládí maximálně stabilizovat jednotlivé stromy a v pozdějším věku zesílit získanou individuální stabilitu vzájemnou podporou jedinců v zapojeném porostu. Vzhledem k poma-lejšímu růstu a vývoji porostů na chudších kyselých stanovištích však mohou být počty stromů vyšší, než u předchozí skupiny, čímž se lépe využije produkčního potenciálu stanoviště. Menší ohrožení větrem umožňuje pokračovat ve výchovných zásazích i ve druhé polovině doby obmýtní.

Porosty s opožděnou a nedostatečnou výchovou

Smrkové porosty, ve kterých se neuskutečnily silné výchovné zásahy ve fázi zapojování korun, zpravidla ve věku do 20 - 25 let (do horní porostní výšky 10 - 15 m), popř. byla síla zásahu nedostatečná a počet ponechaných stromů převyšuje o 20 % a více modelovou hustotu, již nelze vychovávat podle doporučených modelů. V takových porostech se již zkracují koruny stromů a probíhá výrazná výšková i tloušťková diferenciace, provázená poklesem tloušťkového přírůstu všech stromů, zejména však stromů podúrovňových a následně zhoršování jejich statické stability (zvyšování štíhlostního kvocientu).

Na stanovištích silně a středně ohrožovaných abiotickými škodlivými činiteli se v pěstebně zanedbaných porostech objevují škody sněhem, které se nejčastěji opakují ve 2 - 3letých intervalech a postupně eliminují nejlabilnější podúrovňovou složku, popř. i méně stabilní stromy úrovně. V klimaticky extrémních situacích (velké množství vlhkého sněhu) mohou škody dosáhnout kalamitních rozměrů.

Výchova pěstebně zanedbaných smrkových porostů silně a středně ohrožovaných abiotickými škodlivými činiteli se proto zaměřuje na postupné odstraňování labilní podúrovňové složky. Síla zásahu by neměla překročit 10 % výčetní kruhové základny sdruženého porostu. Silnější zásahy vedoucí k rozvolnění zápoje významně zvyšují riziko poškození větrem. Pěstební perioda je zpočátku pětiletá a později, když se hustota porostu přiblíží modelové, lze přejít na periodu desetiletou.

Statickou stabilitu pěstebně zanedbaných porostů již nebude možné plně obnovit.

Cílem výchovy zůstává proto včasné odstranění labilních jedinců a tím snížení rizika poškození porostu sněhem a případná podpora stabilnějších přimíšených listnatých dřevin, především buku. Ochranou proti škodám větrem může být v pěstebně zanedbaných porostech pouze neporušený zápoj. Vynechání výchovných zásahů však způsobuje postupný rozpad porostu. Zpočátku je pomístně prolomen hustý zápoj sněhem a vzniklé mezery jsou postupně rozšiřovány větrem. V podstatě se jedná o nastartování procesů druhotné sukcese, při které se přirozeným způsobem mění nestabilní struktura stejnověkého nesmíšeného lesa ve strukturu stabilnější, tj. nestejnověký smíšený les. Ponechání lesa samovolnému vývoji je však spojeno se značnými hospodářskými ztrátami. Jedná se zejména o snížení množství a kvality produkce, vyšší riziko přemnožení kalamitních škůdců a snížení celkové funkčnosti zanedbaných porostů. Z těchto důvodů je potřebné i v rozpadajících se porostech pečovat o relativně stabilní porostní složky postupným uvolňováním nejkvalitnějších stromů. Vznikající mezery je vhodné podсадit stinnými dřevinami (např. bukem, popř. klenem) tak, aby nově vzniklá porostní struktura co nejlépe odpovídala potřebám nepřetržitého a trvalého plnění všech funkcí lesa.

Na stanovištích méně ohrožovaných abiotickými činiteli jsou přehoustlé pěstebně zanedbané porosty nejvíce ohroženy suchem. I zde však vzhledem k nepříznivým statickým vlastnostem stromů (přeštíhlené kmeny, vysoko nasazené koruny) mohou intenzivnější výchovné zásahy zvýšit riziko poškození větrem, proto je potřebné postupovat opatrně, zejména v případech, kdy je výchova zahájena až v porostech středního věku.

Literatura

- BLACKBURN, P., PETTY, J. A.: Theoretical calculations of the influence of spacing on stand stability. *Forestry*, 61, 1988, č. 3, s. 235 - 244.
- BOHDANECKÝ, J.: Statistisch-topographische und forstliche Beschreibung der Karl Fürst zu Schwarzenberg'schen Herrschaft Worlik (Böhmen). *Vereinsschrift für Forst-, Jagd- und Naturkunde*, 1890, č. 1, s. 3 - 89.
- BRÜNIG, E.F.: Sturmschäden als Risikofaktor bei der Holzproduktion in den wichtigsten Holzerzeugungsgebieten der Erde. *Forstarchiv*, 44, 1973, č. 7, s. 137 - 140.
- BUSBY, J.A.: Studies on the stability of conifer stands. *Journal of the Royal Scottish Forestry Society*, 19, 1965, s. 86 - 102.
- CHROUST, L.: Tvar kmene a velikost korun při výchově smrkových porostů ve vztahu ke škodám působeným sněhem a větrem. *Práce VÚLHM*, 56, 1980, s. 31 - 52.
- CREMER, K.W., BOROUGH, C.J., MCKINNELL, F.H., CARTER, P.R.: Effects of stocking and thinning on wind damage in plantations. *New Zealand Journal of Forestry Science*, 21, 1982, č. 2, s. 244 - 268.
- HEGER, A.: Die Sicherung des Fichtenwaldes gegen Sturmschäden. 2. Aufl. Berlin, Neumann Verlag 1953. 84 s.
- JOHANN, K.: Nicht Schnee, sondern falsche Bestandesbehandlung verursacht Katastrophen. *Allgemeine Forstzeitung*, 92, 1981, s. 163 - 171.
- LOHMANDER, P., HELLES, F.: Wind throw probability as a function of stand characteristics and shelter. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 2, 1987, s. 227 - 238.
- MACCURREN, R.S.: Spacing: an option for reducing storm damage. *Scottish Forestry*, 45, 1991, s. 285 - 297.
- MARSCH, M.: Stabilisierung von Fichtenbeständen gegenüber Schnee und Sturm durch Dichteregulierung in der Jugend. *Treatment of young forest stands. Proceedings. Dresden, IUFRO*, 1989, s. 96 - 119..
- MATTHESEN, P.: Stabiliserende effekt of opkvistning og topkapning i rodgranrande. 1993, unpublished data.
- MITSCHERLICH, G.: Sturmgefahr und Sturmsicherung. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 125, 1974, s. 199 - 216.
- PAŘEZ, J.: Vliv podúrovňové a úrovňové probírky na výši škod sněhem v porostech pokusných probírkových ploch v období 1959 - 1968. *Lesnictví*, 18, 1972, s. 143 - 154.
- PERSSON, P.: The influence of various thinning methods on the risk of windfalls, snow-breaks and insect attacks. In: *Thinning and Mechanization. Proceedings. Stockholm, IUFRO* 1969, s. 169 - 174.
- ROTTMANN, M.: Waldbauliche Konsequenzen aus Schneebruch- Katastrophen. *Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen*, 136, 1985, s. 167 - 184.
- SLODIČÁK, M.: Resistance of young spruce stands to snow and wind damage in dependence on thinning. *Communications Institute Forestalis Czechosloveniae*, 15, 1987, s. 75 - 86.
- SLODIČÁK, M.: Thinning regime in stands of Norway spruce subjected to snow and wind damage. In: *Wind and wind-related damage to trees. Edinburgh, University Press* 1993, s. 436 - 447.
- SLODIČÁK, M., NOVÁK, J.: Silvicultural measures to increase the mechanical stability of pure secondary Norway spruce stands before conversion. *Forest Ecology and Management*, 224, 2006, s. 252 - 257.
- VICENA, I.: Ochrana proti polomům. Praha, Státní zemědělské nakladatelství 1964. 178 s.
- WIEDEMANN, E.: Ertragskundliche und waldbauliche Grundlagen der Forstwirtschaft. 2. Aufl. Frankfurt am Main, J.D.Sauerländer's Verlag 1955. 341 s.

Kontakt:

Dr. Marian Slodičák
Ing. Jiří Novák, Ph.D
VÚLHM - Výzkumná stanice Opočno

Poškození smrkových porostů sněhem v Moravskoslezských Beskydech v zimě 2005 - 2006

Š. Křístek * P. Rychtecká * N. Urbaňcová *
O. Tomančák * P. Vojtelová, * J. Veska

Sníh je v ČR druhým nejvýznamnějším abiotickým škodlivým činitelem. V Moravskoslezských Beskydech (podobně jako v dalších našich horách) jsou sněhové polomy častým jevem, objevujícím se nepravidelně při nepříznivém průběhu počasí v zimním období. Z historie jsou doloženy zmínky o sněhových polomech v Moravskoslezských Beskydech z let 1875, 1879, 1888, 1895, 1900, 1903, 1909, 1911, 1916, 1919, 1922, 1930, 1931, 1966, 1967, 1968. V zimě 1992/3 způsobil sníh v Moravskoslezských Beskydech nahodilé těžby ve výši více než 115 tis. m³, v roce 1998 cca 20 – 25 tis. m³ (Holuša: Oblastní plán rozvoje lesů. Přírodní lesní oblast 40 – Moravskoslezské Beskydy (Platnost 2001-2020). ÚHÚL Brandýs nad Labem 2000).

V tomto století se sněhové polomy v Beskydech objevují opakovaně v zimě 2001/2, 2003/4, 2004/5. Letošní extrémní průběh zimy s vysokou sněhovou pokrývkou i v nižších polohách, která přetrvala souvisle od prosince až do dubna, způsobil vzrůst škod sněhem prakticky v celé republice a přitáhl opět pozornost lesníků k tomuto abiotickému činiteli.

ÚHÚL ve spolupráci s VÚLHM připravil projekt, jehož cílem je na vybraném území v Moravskoslezských Beskydech, na základě dat o sněhové pokrývce a škodách sněhem, pomocí prostorových analýz popsat vztahy, které ovlivňují výši škod. V tomto příspěvku shrnujeme hlavní výsledky studia týkající se intenzity poškození smrkových porostů po zimě 2005/06 (bez toho, že by byla nějak diskutována s literárními prameny). Zároveň je stručně představena i celá metodika připravované studie.

METODIKA

Studováno bylo území hydrologického povodí údolní vodárenské nádrže Šance v Moravskoslezských Beskydech. Územím byla proložena pravidelná čtvercová síť 2 x 2 km podél os souřadného systému S-JTSK, celkem 52 čtverců.

Pro měření sněhu byly v každém čtverci vybrány dvě plochy, na kterých byla měřena výška sněhové pokrývky a hustota sněhu; jedna na volné ploše a druhá v přilehlém porostu. Na každé ploše byla měřena výška sněhové pokrývky a hustota (specifická hmotnost) sněhu. Ze zjištěných hodnot byla vypočtena vodní hodnota sněhu podle vzorce v rámečku.

$$h_{H_2O} = \frac{P \times h_{Sn}}{100}$$

h_{H_2O} – vodní hodnota sněhu [mm];
 h_{Sn} – výška sněhové pokrývky [cm];
 P – hustota sněhu [kg/m³]

Na konci zimy 2005/06 proběhla dvě měření množství sněhu. V týdnu od 6. do 9. března 2006, před počátkem tání sněhu, byl změřen sníh v 51 čtvercích (1 čtverec, na Lysé hoře, byl vypuštěn z důvodu nepříznivých povětrnostních podmínek), poté 13. až 14. dubna 2006, po odtátí sněhu v nižších polohách, bylo provedeno měření v 50 čtvercích.

Pro hodnocení škod sněhem byly vybírány porostní skupiny na diagonále proložené těmito čtverci. Z porostních skupin, kterými diagonála prochází, byla vybrána vždy jedna porostní skupina pro každou věkovou třídu zastoupenou ve čtverci. V případě, že se některá věková třída na diagonále nenachází, byla použita porostní skupina v příslušné věkové třídě co nejbližší k diagonále.

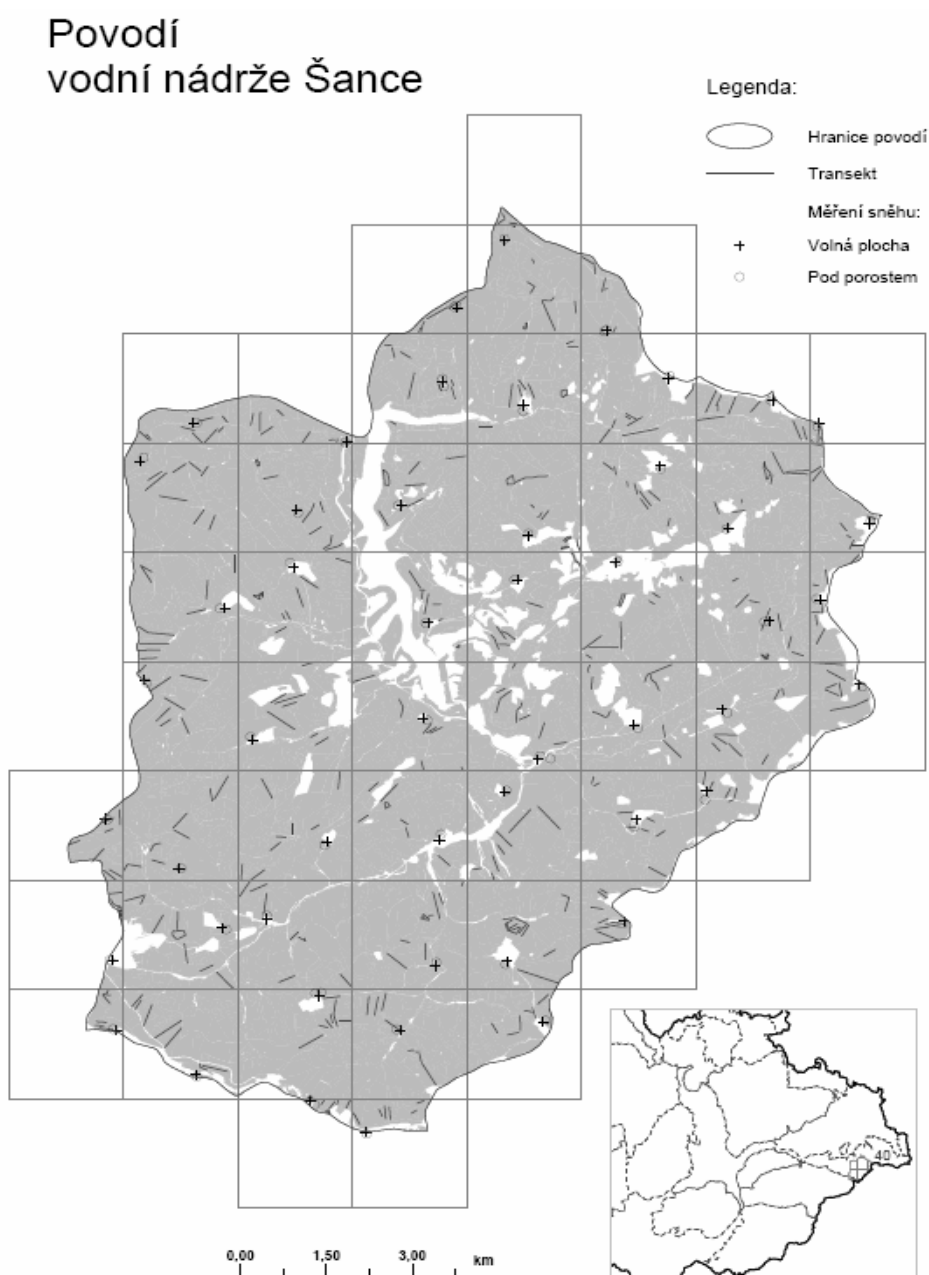
Každou studovanou porostní skupinou byl proložen transekt tak, aby osa transektu, po které se postupovalo, co nejlépe vystihovala tvar porostní skupiny. Šířka transektu byla proměnná – v každé porostní skupině bylo hodnoceno nejméně 100 stromů.

Při postupu podél osy transektu bylo hodnoceno mechanické poškození jednotlivých stromů živelnými abiotickými činiteli. Přitom nebylo rozlišováno poškození větrem, sněhem nebo námrazou (předpokládáme, že se na zimním poškození sněh vždy podílí; námraza se v letošní zimě v Beskydech vyskytovala minimálně). Byl rozlišován strom zdravý, dále zlom vrcholový, korunový a kmenový, vývrat, ohnutí a poškození z jiných příčin (klasifikace podle Vicena: Námraza v našich lesích. Matice lesnická 2000).

Rozlišováno bylo jen poškození relativně „čerstvé“, tedy takové, které vzniklo v průběhu poslední zimy. Byly také zaznamenávány čerstvé pařezy vzniklé asanací stromů poškozených v uplynulé zimě. Staré poškození bylo zaznamenáváno samostatně, bez rozlišení druhu poškození (ve starém poškození pravidelně převládají vrškové zlomy, stromy s těžším poškozením – korunovými nebo kmenovými zlomy – jsou asanovány nebo odstraněny při probírkách). Staré vývraty a pařezy hodnoceny nebyly.

Hodnoty expozice, sklonu a nadmořské výšky jednotlivých transektů byly zjišťovány z digitálního modelu terénu a upřesněny váženým průměrem.

Obr. 1. Přehledová mapa zájmového území



VÝSLEDKY A DISKUSE

Na tomto místě prezentujeme výsledky terénního šetření a prvotního (popisného) statistického vyhodnocení dat. Jedná se především o popis zjištěného stavu a to sněhové pokrývky i poškození porostů v dané oblasti. Nebyly dosud provedeny složitější statistické ani prostorové analýzy, které umožní hledání vztahů mezi jednotlivými faktory, zejména nebyl dosud kvantifikován vztah parametrů sněhové pokrývky a vzniklého poškození lesních porostů.

Sníh

Změřená výška sněhové pokrývky se v období konce zimy pohybovala od 56 cm do 245 cm (maximum bylo naměřeno na hřebeni hory Smrk, v nadmořské výšce cca 1190 m). Při měření v období intenzivního tání sněhu v polovině dubna 2006 se výška sněhové pokrývky pohybovala od 0 (plochy v nižších polohách, bez sněhu) po 154 cm (maximum bylo opět naměřeno na hoře Smrk, tentokrát na jiné ploše, pod hřebenem, v lesním porostu, ve výšce cca 1170 m n. m.).

Hustota sněhu varírovala při prvním měření (6. – 9. března) od 251 do 388 kg/m³, při druhém měření mezi 321 až 667 kg/m³. Z naměřených dat byla pro každou plochu vypočtena vodní hodnota sněhu v rozsahu 217 – 693 mm (březen), resp. 0 až 606 mm (duben, 0 = plochy bez sněhu).

Škody na porostech

Měření škod způsobených sněhem bylo provedeno na 364 transektech v osmi věkových třídách. Celkem bylo hodnoceno 42 910 jedinců, z toho 38 698 smrků (tab. 1).

Závislost škod sněhem na věku

Cílem bylo na zájmovém území zvolit vyrovnané početní zastoupení jednotlivých věkových tříd (tab. 1), což se poměrně podařilo, u věkové třídy 8 je počet transektů poloviční z důvodu menšího výskytu starých porostů na zvoleném území (doba obmýtí).

Tab. 1. Početní zastoupení ve věkových třídách (dřevina smrk)

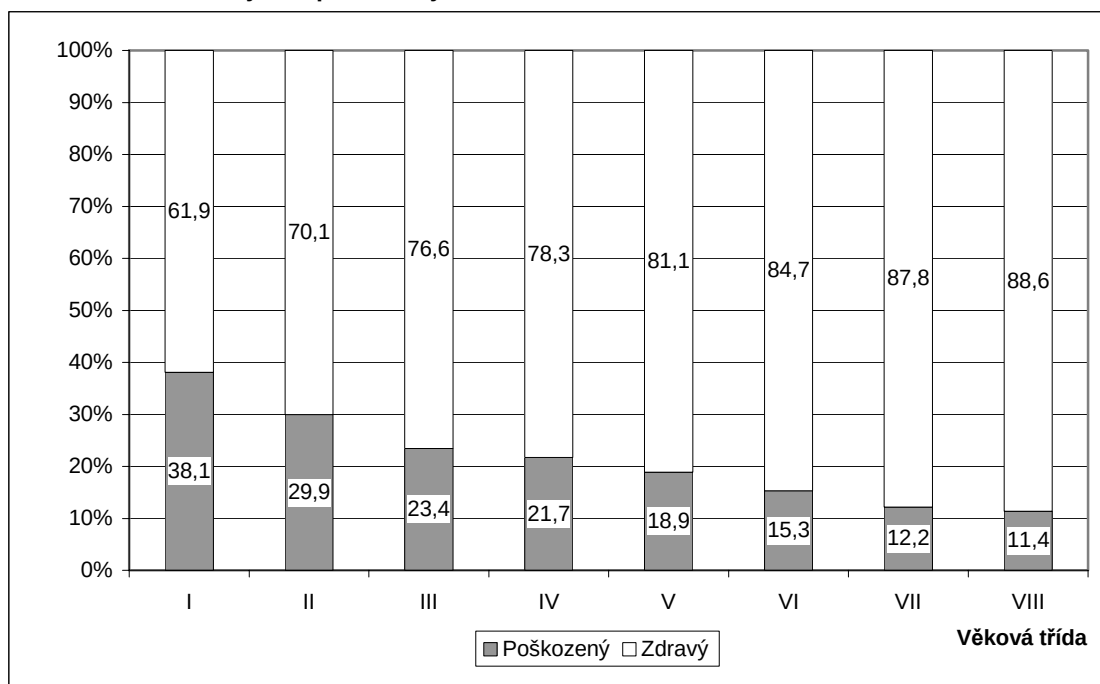
Věková třída	Věk	Transekt	SM	Poškozeno SM
I	1-20	51	5500	38,1 %
II	21-40	52	5524	29,9 %
III	41-60	49	5325	23,4 %
IV	61-80	49	5306	21,7 %
V	81-100	48	5274	18,9 %
VI	101-120	50	5275	15,3 %
VII	121-140	41	4332	12,2 %
VIII	141+	23	2162	11,4 %
Σ		363	38 698	22,6 %

Ze získaných dat vyplývá, že se zvyšující se věkovou třídou (VT) se snižuje podíl poškozených jedinců (Čím je les starší, tím méně stromů bylo poškozeno sněhem). Tato závislost je statisticky signifikantní ($k(7)=0,9668$; $k_{0.01}=0,7977$). Průměrné procento poškození se ve VT pohybuje od 38,1 do 11,4 % (obr. 2).

Procento poškození jednotlivých porostů se však velice liší a pohybuje se od 0 do 99 %, přičemž ve všech věkových třídách je rozpětí hodnot značné. Vyskytují se porosty nepoškozené i porosty se silným poškozením ve výši tří až čtyřnásobku průměru. Rozdělení souboru je levostranné (modus < medián < průměr), tzn. že převažují porosty s nízkým (podprůměrným) až žádným poškozením a s intenzitou poškození počet porostů klesá. Ve všech VT s výjimkou II. a III. VT byly zaznamenány porosty zcela nepoškozené, naopak v I. a II. VT přesahují maximální hodnoty intenzity poškození 95 % (tab. 2).

Poškození ohnutím kmene je jednoznačně největší u I. VT a představuje zároveň hlavní typ poškození mladých jedinců. Korunové zlomy nejvíce postihují II. a III. VT, u ostatních věkových tříd se vyskytují jako druhé nejčtenější poškození. Vrcholové zlomy představují hlavní typ poškození u IV. až VIII. VT, přičemž nejvíce jsou poškozeny porosty IV. a V. VT, u III. VT představují vrcholové zlomy druhý nejčtenější typ poškození; nejmenších hodnot dosahuje u mladých porostů (obr. 3).

Obr. 2. Podíl zdravých a poškozených smrků v závislosti na věkové třídě

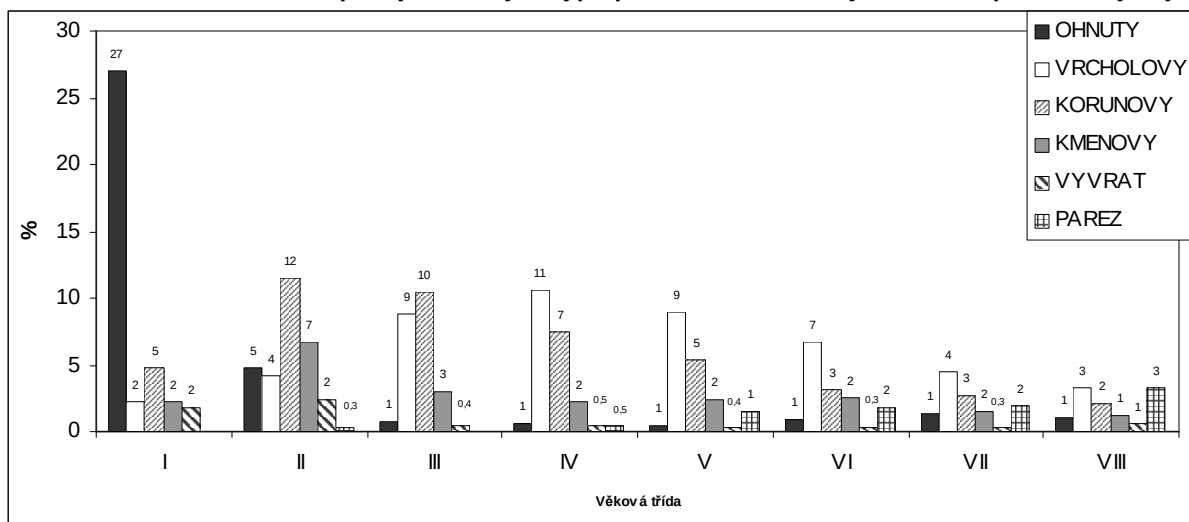


Tab. 2. Intenzita poškození porostu

Věková třída	Procento poškození porostu (transektu)				
	průměr	medián	modus	min	max
I	37,3 %	31,6 %	16,3 %	0,0 %	98,7 %
II	28,6 %	25,2 %	17,8 %	1,5 %	95,2 %
III	23,6 %	19,5 %	15,0 %	2,1 %	66,7 %
IV	21,7 %	19,0 %	10,0 %	0,0 %	84,3 %
V	18,2 %	18,1 %	15,0 %	0,0 %	58,7 %
VI	15,0 %	14,3 %	13,9 %	0,0 %	38,5 %
VII	11,5 %	10,9 %	10,0 %	0,0 %	42,9 %
VIII	10,7 %	8,2 %	7,5 %	0,0 %	44,9 %
Σ	22,0 %	17,9 %	13,9 %	0,0 %	98,7 %

Kmenový zlom je nejvíce zastoupen u II. VT, v ostatních VT je zastoupení poměrně vyrovnané a nízké. Vývraty znázorňují nejméně zastoupený typ poškození, ve všech VT se pohybují v nízkých hodnotách, přičemž nejčtenější jsou v VT I a II (po 2%, obr. 3).

Obr. 3. Procentické zastoupení jednotlivých typů poškození ve věkových třídách (bez zdravých jedinců)



Škody sněhem v závislosti na nadmořské výšce

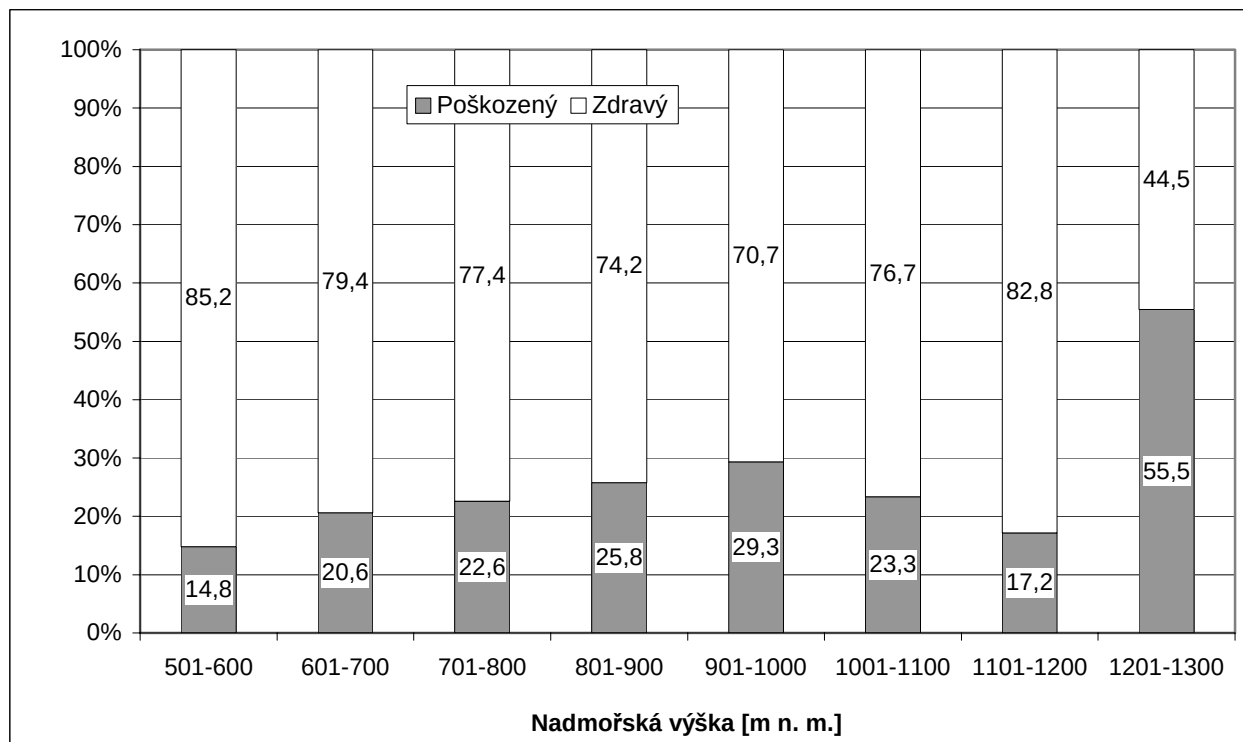
Pro hodnocení byl rozptýl nadmořských výšek na zájmovém území situován do osmi intervalů po 100-metrových úsecích od 501 do 1300 m n.m. (tab. 3).

Tab. 3. Početní zastoupení ve výškových intervalech (dřevina smrk)

Nadmořská výška (m n.m.)	Počet transektů	SM	Poškozeno SM
501-600	39	4090	14,8 %
601-700	105	11405	20,6 %
701-800	122	13009	22,6 %
801-900	66	6790	25,8 %
901-1000	14	1547	29,3 %
1001-1100	9	981	23,3 %
1101-1200	2	227	17,2 %
1201-1300	6	649	55,5 %
Σ	363	38 698	22,6 %

Na základě získaných dat lze konstatovat, že s rostoucí nadmořskou výškou vzrůstá podíl poškozených stromů až po nadmořskou výšku 1000 m. Pokles v nadmořských výškách 1000 – 1200 m je však velmi sporný s ohledem na malý počet transektů. Maximální poškození (55,5 % poškozených jedinců) je pak v pásmu nad 1200 m n. m.

Obr. 4. Podíl zdravých a poškozených smrků v závislosti na nadmořské výšce



Škody sněhem v závislosti na expozici

Tab. 4. Početní zastoupení podle expozice

Expozice (°)	Počet transektů	SM	Poškozeno SM
S (339-23)	51	5497	24,9 %
SV (24-68)	27	2914	26,5 %
V (69-113)	50	4944	21,1 %
JV (114-158)	43	4815	20,1 %
J (159-203)	63	6570	26,2 %
JZ (204-248)	39	4139	18,8 %
Z (249-293)	42	4584	15,6 %
SZ (294-338)	48	5235	25,4 %
Σ	363	38 698	22,6 %

Při použití osmi typů expozice (tab. 4) vyplývá, že expozice nemá příliš velký vliv na výskyt poškozených jedinců na daném území. Podíl poškozených jedinců je na všech expozicích poměrně vyrovnaný (pohybuje se v intervalu 19 – 27 %), s výjimkou Z expozice, která vykazuje 16 % poškozených jedinců. Nejvíce poškozených jedinců se vyskytovalo na jižní (26 %) a severních expozicích (S 25 %, SV 27 % a SZ 25 %). Nejnižší počet poškozených stromů je evidován na Z a JZ expozici (17 a 19 %).

Škody sněhem v závislosti na sklonu

Tab. 5. Početní zastoupení v závislosti na sklonu (dřevina smrk)

Třída sklonu	Sklon (%)	Počet transektů (ks)	SM	Poškozeno SM
1	0-10	11	1203	25,5 %
2	11-20	77	8490	26,0 %
3	21-33	164	17581	24,3 %
4	34-50	98	10218	17,7 %
5	51-70	13	1206	11,9 %
Σ		363	38 698	22,6 %

Z hodnocení vyplývá, že na rovině a mírných svazích je podíl poškozených jedinců téměř vyrovnaný (v rozpětí 24 – 26 %), na prudších svazích se sklonem vyšším než 33 % poškození klesá. Na nejprudších svazích (sklon více než 50 %) je věrohodnost údaje nižší s ohledem na menší počet hodnocených jedinců.

Škody sněhem v závislosti na štíhlostním koeficientu

V zájmovém území nebyl prokázán vliv štíhlostního koeficientu na škody způsobené sněhem. Poměr mezi poškozenými a zdravými jedinci v rozmezí štíhlostního koeficientu 61 – 100 je značně vyrovnaný. U koeficientu 51 – 60 a 101 – 110 je poměr mezi poškozenými a zdravými jedinci zhruba 50 : 50 a u intervalu 111 – 120 jsou poškozena pouze 3 % stromů; tyto údaje ovšem nelze brát jako zcela směrodatné, jelikož počet ploch v těchto intervalech je nízký.

ZÁVĚR

Prvotním šetřením bylo shromážděno poměrně velké množství dat popisujících stav porostů po poškození sněhem. První výsledky základního statistického vyhodnocení ukazují, že:

- Byly prolámány všechny věkové třídy, procento poškození porostů se pohybuje mezi 0 až 99 %.
- Na svazích se sklonem na 33 % je poškození nižší než na rovinách a mírných svazích.

- S rostoucí nadmořskou výškou vzrůstá podíl poškozených stromů; expozice a štíhllostní koeficient nemá příliš velký vliv na výskyt poškozených jedinců na daném území.
- Naopak s věkem (věkovou třídou) podíl nových škod sněhem významně klesá.

Prezentované základní statistické zhodnocení získaných dat naznačuje jejich použitelnost k dalším analýzám. Autoři předpokládají do budoucna další vyhodnocení jednotlivých veličin, které mají vliv na intenzitu poškození porostů sněhem, především pak srovnání změřených parametrů sněhové pokrývky a zjištěných škod. Dále počítáme s prostorovým vyhodnocením jednotlivých parametrů a hledáním prostorových vztahů a také s opakováním měření v dalších letech tak, aby bylo k dispozici větší množství výsledků za rozdílných sněhových podmínek (rozdílného průběhu zimy).

Poděkování: Práce vychází z řešení výzkumného záměru „Stabilizace funkcí lesa v biotopech narušených antropogenní činností v měnících se podmínkách prostředí (MZE 0002070201)“ a z praktické realizace pověření Lesní ochranné služby.

Kontakty:

Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D

VÚLHM - Výzkumná stanice Frýdek-Místek, Nádražní 2811, 738 01 Frýdek-Místek

Ing. Š. Křístek, Ing. P. Rychtecká, Ing. N. Urbaňcová, Bc. O. Tomančák,

Ing. P. Vojtelová, Ing. J. Veska

ÚHÚL pobočka Frýdek Místek, Nádražní 2811, 738 01 Frýdek-Místek

POVODŇOVÉ ŠKODY

Pavel Kyzlík

Mezi plošné poškození lesů způsobené povětrnostními vlivy rozhodně patří i povodňové škody. Se značnými výkyvy klimatickými zaznamenáváme povodňové jevy častější a extrémnější. MZe k postupu odstraňování škod způsobených jarními povodněmi v tomto roce vydalo metodický postup. Lze předpokládat, že obdobná metodika bude platit i v letech následujících.

- Škody na lesích – uvádí se škody kulturních a mladých lesních porostů, kde následkem povodně vznikne zalesňovací povinnost a sesuvy podle lokalit, uvádí se zasažená plocha a odhad předpokládaných nákladů na odstranění škody.
- Škody na zásobách v lesním hospodářství – uvádí se pouze zcela zničené materiálové zásoby, polotovary a nedokončená výroba v technických jednotkách nebo v cenách dle účetní evidence.
- Zvířata v lesnictví – zahrnují ta zvířata, která jsou zahrnuta v účetní evidenci poškozeného subjektu v lesním hospodářství. Škody se uvádí v technických jednotkách a v cenách dle účetní evidence. Týká se např. obor či faremních chovů.
- Škody na stavbách v LH – provádí se odhad předpokládaných nákladů na odstranění škody. Týká se např. lesní dopravní sítě, hrazenářských děl, vodotečí v lesnické správě.
- Škody na rybnících (pokud je spravují lesnické organizace) – týká se např. ztráty rybí osádky, poškození hráze a technických zařízení.

Škody zjišťuje a posuzuje na návrh a z podkladů vlastníka, uživatele, resp. odborného lesního hospodáře komise, ve které musí být vždy zástupce ZA (zemědělské agentury) a PÚ MZe (pozemkového úřadu), místní samosprávy a poškozeného subjektu.

Důležité informace lze získat na:

Předpovědní povodňové službě (ČHMÚ) http://hydro.chmi.cz/ips_ihc4/
Hlásné povodňové službě (správci povodí) <http://www.voda.mze.cz/cz/>
Aktuálním povodňovým zpravodajství <http://www.voda.mze.cz/cz/>
Ústředním povodňovým orgánem <http://www.env.cz>

Kontakt:

Ing. Pavel Kyzlík
tajemník České lesnické společnosti
Novotného lávka 5, 116 68 Praha 1
tel.: 221 082 384, fax: 222 222 155,
mobil: 603 163 409, e-mail: cesles@csvts.cz

Poznámky: