

ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

REPORTS OF FORESTRY RESEARCH



VĚDECKÝ RECENZOVANÝ ČASOPIS
SCIENTIFIC REVIEWED JOURNAL

1/2017

ZPRÁVY LESNICKÉHO VÝZKUMU

Reports of Forestry Research

ROČNÍK/VOLUME 56

ISSN 0322-9688

ČÍSLO/No. 1/2011

Vydává Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.

Vedoucí redaktorka: Š. Holzbachová, DiS.; Předseda ediční rady: doc. RNDr. B. Lomský, CSc.; Výkonná redaktorka: Mgr. E. Krupičková

Grafická úprava obálky a zlom: Klára Šimerová

Adresa redakce: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumná stanice Opočno, 517 73 Opočno

tel. 494 668 392, fax 494 668 393, e-mail: valentova@vulhmop.cz, http://www.vulhm.cz

Vychází čtvrtletně.

Redakční rada

doc. Ing. Petr Zahradník, CSc. - předseda; doc. RNDr. Bohumír Lomský, CSc. - místopředseda; Ing. Jana Danysová (zástupce Š. Holzbachová, DiS.);

RNDr. Jana Malá, CSc.; prom. biol. Zdeňka Procházková, CSc.; doc. RNDr. Marian Slodičák, CSc.; Ing. Vladislav Badalík; prof. Ing. Petr Kantor, CSc.;

doc. Ing. Pavol Klč, Ph.D.; prof. Ing. Jiří Kulhavý, CSc.; prof. RNDr. Ing. Michal V. Marek, DrSc.; prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.;

Ing. Miroslav Sloup; prof. Ing. Marek Turčáni, CSc.

Časopis je na seznamu recenzovaných periodik Rady vlády pro výzkum, vývoj a inovace.

Je excerpován v · Elsevier Bibliographic Databases

· CAB Abstracts

· České zemědělské a potravinářské bibliografii

Indexed in: Elsevier Bibliographic Database, CAB Abstracts, Czech Agricultural and Food Bibliography

OBSAH - CONTENT

VLADIMÍR ČERNOHOUS - DAVID DUŠEK - FRANTIŠEK ŠACH

Změny hladiny podzemní vody vlivem hydromelioračního zásahu a odrůstání obnovených lesních porostů

Influence of drainage treatment and growing of renewed forest stands on changes in groundwater table1

JAROSLAV DOSTÁL - HELENA CVRČKOVÁ - PETR NOVOTNÝ

Porovnání růstových schopností *in vitro* sazenic různých druhů dřevin na ploše „Polná II“

Comparison of *in vitro* plants with generative plants on the demonstration plot „Polná II“9

KAROLÍNA LUKÁŠOVÁ - JAROSLAV HOLUŠA

Přirození nepřítelé a biologický boj s *Dendroctonus micans*: review

Natural enemies and biological control of *Dendroctonus micans*: review15

ANTONÍN JURÁSEK - JAN LEUGNER

Vyhodnocení růstu a reakcí na tvarovací řez u výsadeb dubu zimního (*Quercus petraea* (M.) LIEBL.)

vegetativního a generativního původu

Evaluation of sessile oak (*Quercus petraea* (M.) LIEBL.) growth reaction to pruning in young plantations

of vegetative and generative origin24

JAN LEUGNER - ANTONÍN JURÁSEK - JARMILA MARTINCOVÁ

Vývoj kořenových systémů smrku ztepilého v kulturách založených krytokořeným a prostokořeným sadebním materiálem

v extrémních horských podmínkách

Post-planting development of root systems of bare-rooted and containerized Norway spruces planted under extreme mountain conditions31

PAVLÍNA MÁCHOVÁ - JANA MALÁ - HELENA CVRČKOVÁ

Biotechnologické postupy při záchraně kriticky ohroženého druhu - hořce jarního (*Gentiana verna* L.)

Biotechnological methods in the protection of critically endangered species (*Gentiana verna* L.)38

JIŘÍ MATĚJÍČEK - BARBORA LIŠKOVÁ

Ekonomicko-právní a sociální aspekty současné situace malých lesních podniků v Rakousku a předpokládané vývojové trendy

při jejich sdružování

Economical, legislative and social aspects of the present situation of small forest enterprises in Austria and supposed trends

of development in their associations43

ONDŘEJ ŠPULÁK - DUŠAN KACÁLEK

Historie zalesňování nelesních půd na území České republiky

History of non-forest land afforestation in the Czech Republic49

VÍT ŠRÁMEK - VĚRA FADRHOUSOVÁ

Životnost a množství kořenů smrku ztepilého na plochách mezinárodního monitoringu ICP Forests v České republice

Norway spruce root vitality and biomass at the ICP Forests monitoring plots in the Czech Republic58

JAN UNUCKA - MILAN JAŘABÁČ - VERONIKA ŘÍHOVÁ - MICHAELA HOŘÍNKOVÁ - JOZEF RICHNAVSKÝ - BORIS ŠÍR -

MARTIN ADAMEC - DUŠAN ŽIDEK - ONDŘEJ MALEK - MARTIN ĎURICHA - MICHAL PODHORÁNYI - PETER BOBÁL -

BRANISLAV DEVEČKA - VLADIMÍRA KOLÁŘOVÁ - VLADIMÍR TĚTHAL - MARIE VYLEŽÍKOVÁ - IVAN MUDROŇ - PETER SPÁL

Srovnání možnosti využití semidistribovaných a distribuovaných srážkoodtokových modelů v lesnické hydrologii

na příkladu povodí Ostravice

Comparison of possibility to use semidistributed and distributed rainfall-runoff models in forest hydrology on the example

of Ostravice catchment68

ZMĚNY HLADINY PODZEMNÍ VODY VLIVEM HYDROMELIORAČNÍHO ZÁSAHU A ODRŮSTÁNÍ OBNOVENÝCH LESNÍCH POROSTŮ

INFLUENCE OF DRAINAGE TREATMENT AND GROWING OF RENEWED FOREST STANDS ON CHANGES IN GROUNDWATER TABLE

VLADIMÍR ČERNOHOUS - DAVID DUŠEK - FRANTIŠEK ŠACH

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

The aim of the research emerged from necessity of gaining the long-term objective knowledge about salvage clear-cut area waterlogging and its changes due to impacts of young plantation development in combination with hydroameliorative treatment. Investigation was done in a forested catchment on a waterlogged shoulder of the Orlické hory Mts. The paper deals with changing groundwater level of the first aquifer in a range from 0 to 0.9 m below ground, which was examined within a waterlogged part of the catchment. The changes are related to precipitation, streamflow discharge, run-off, influence of drainage treatment and growth of young forest stands. In the period of 2004 – 2008, the similar relationships were examined also for the second aquifer situated between 9 – 12 m below ground. For revealing relationships and proving significance, the Spearman's coefficient of rank correlation was used. It can be concluded that changes of shallower aquifer level of groundwater are significantly correlated with amounts of rainfall, runoff and growth of a young forest stand. The deeper aquifer does not respond to both precipitation and runoff so closely. The change of deeper groundwater table is perceptible only during long-term periods of rain or drought. Correlation between changes of groundwater level of both aquifers was not found.

Klíčová slova: lesní povodí, odvodnění, hladina podzemní vody, obnova porostů

Key words: forest watershed, drainage, groundwater table, forest stand renewal

ÚVOD

Obnova kalamitních holin (imise, kůrovec, bořivé větry a sníh) je vzhledem k jejich neustálému výskytu aktuální problém vyžadující značné úsilí. Jednou z překážek a komplikací úspěšné obnovy je zamokření lokalit. Zamokření kalamitních holin svahovou proudící vodou a pramennými vývěry (NAVRÁTIL 1997) a kombinované zamokření (KREŠL 1980) vzniká v podstatě ze dvou hlavních příčin. První příčina má povahu biologickou. Jedná se o snížení celkového výparu (zejména transpirace) následkem odstranění stromové a zčásti též přizemní vegetace. Druhá příčina je technického charakteru (cf. SUN et al. 2001) a spočívá v porušení hydrografické sítě těžných ploch pojezdem těžebních a vyvážecích mechanismů (s častým vytvářením bezodtokových míst) a v koncentrovaném přivádění vody propustky s nepřiměřeným rozestupem (BENEŠ 1990, ŠACH 1990). Různé náhledy na obhospodařování takto zamokřených ploch a zvláště pak protichůdné názory na použití hydromelioračních zásahů při obnově porostů vyústily v roce 1991 v založení experimentu s úpravou vodního režimu půd ve vodou ovlivněném horském povodí v Orlických horách. Z lesnického hlediska bylo a je cílem těchto odvodňovacích opatření na zamokřených lesních půdách uvolnění půdního profilu pro vzduch a tím zlepšení produkční schopnosti lesní půdy pro pěstování lesních dřevin. Z hydrologického hlediska zabezpečuje odvodnění zvýšení retenční a akumulací schopnosti lesních povodí pro příjem srážkové vody. Důvodem založení experimentu byla potřeba získání objektivních poznatků o zamokření imisních holin a jeho změnách (stav a zaklesnutí podzemní vody) vlivem vývoje následné vegetace a obnovovaných lesních kultur v kombinaci s hydromelioračním zásahem.

MATERIÁL A METODIKA

Experimentální povodí U Dvou louček (UDL) bylo založeno ve vrcholové partii Orlických hor k řešení problematiky odvodnění zamokřeného lesního povodí umístěného na horském svahu (ČERNOHOUS 1996). Poloha povodí je určena zeměpisnými souřadnicemi 16° 30' 56" východní délky a 50° 13' 16" severní šířky v katastru obce Říčky, na pozemcích Správy Kolowratských lesů. Povodí má plochu 32,6 ha a nachází se 880 – 940 m n. m. Na podkladu dvouslídne ruly a svoru série stroňské se zde vytvořily půdní typy humusový podzol a kambizem (hnědá a šedá lesní půda humusová) s lokálním ložiskem organozemě. Kvartérní pokryv je tvořen deluviálními a fluviodeluviálními písčitymi hlínami a jílovitými hlínami s vysokou příměsí skeletu (20 – 50 %). Mocnost kvartérního pokryvu je 1 – 2 m.

Z hydrogeologického hlediska patří povodí ke krystaliniku Orlických hor. Ve vrcholové partii povodí je hladina podzemních vod zakleslá několik metrů pod povrchem terénu. Na příčných tektonických hranicích svorů a rul, které působí hydraulické bariéry, se část infiltrované vody vzdouvá do půdního profilu, ve vlhkých periodách až k povrchu terénu. Na tektonických zlomech vznikají četné přirozené pramenné vývěry. Čtvrtina rozlohy povodí je tedy ovlivněna vysokou hladinou podzemní vody (protékající voda a prameniště) (ŠEDA 2003).

Povodí vykazuje proměnlivý sklon, v dolní části 7,5°, ve střední 8,5° a v horní 4,3°. Vodoteč odvodňující povodí je tvořena dvěma rameny o délce 340 m a 300 m. Plocha vzrostlého buk-smrkového porostu (průměrný věk 80 let) činí 5,7 ha (17,5 % plochy). Zbývající plocha povodí je bývalá imisní holoseč s různověkou smrkovou kulturou o maximálním stáří patnácti let. Lesní vegetaci tvoří lesní typy 7K3,

7P1 a 7T1. Dlouhodobé roční průměry činí u ovzdušných srážek 1 350 mm, u odtoků 910 mm a u územního výparu 440 mm. Hydromeliorační opatření sledující obnovení funkčnosti existující odvodňovací sítě, podchycení odtoku z pramenišť a bezodtokových míst a přerušení spádnicových erozních vodotečí se uskutečnilo na ploše do 3 ha v roce 1996 sporadickou sítí otevřených příkopů 60 – 70 cm hlubokých. Délka ručně kopaných odvodňovacích příkopů přitom dosáhla ca 500 m.

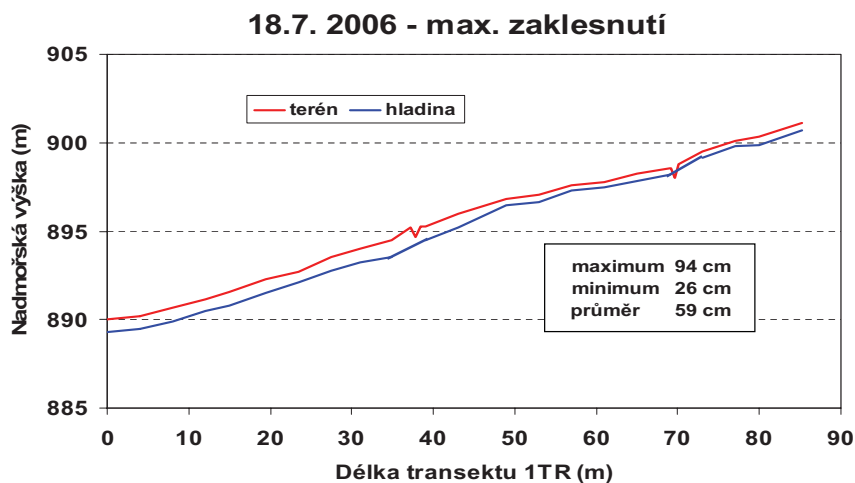
Hladina podzemní vody první zvodně je od roku 1993 sledována 52 jehlovými sondami (hladinoměrnými trubnicemi) o hloubce 70 až 90 cm ve dvou transektech (liniích) a na čtyřech mikroplochách. Transekty jsou vedeny po spádnicí (1TR – 85 m) a napříč k melioračním příkopům šikmo k vrstevnicím (2TR – 36 m). Mikroplochy o velikosti 4 x 4 m se lišily vegetačním krytem (porost rašeliníku, třtiny, metlice a smíšený). Interval měření je obvykle sedmidenní, v závislosti na povětrnostních podmínkách. Postupy měření hloubky hladiny mělké podzemní vody jsou prakticky shodné s metodikou, kterou ve stejné době představili na výzkumném povodí s jehličnatým smíšeným lesem v Britské Kolumbii MOORE, THOMSON (1996). Dále jsou počínaje rokem 2003 sledovány změny hladiny podzemní vody druhé zvodně šesti hlubinnými vrty o hloubce 9 až 12 m v intervalu čtrnácti dní. Pět je jich umístěno v rulovém podloží a jeden ve svorovém.

Pro vyhodnocení souvislostí a spojitosti vztahu srážek s kolísáním hladin a průtokem a odtokem byly použity úhrny srážek volné plochy a odtoků za daný interval a průměrné denní průtoky v den měření hladiny. Korelace mezi hodnotami byly zjišťovány a testovány pomocí neparametrického Spearmanova koeficientu pořadové korelace (ZAR 2009). Stejný postup využívá pro detekci a porovnávání párů hydrologických proměnných BURN (2002), který však vzhledem k jednoduššímu rozdělení četností po nulovou hypotézu (koeficient pořadové korelace = 0) použil neparametrický korelační koeficient Kendallův τ (tau). Hodnocení vlivu melioračního zásahu a odrůstání obnovovaných lesních porostů bylo provedeno graficky a pomocí Studentova t-testu. K tomuto hodnocení byly použity průměrné hodnoty zaklesnutí podzemní vody první zvodně a porovnány ve třech obdobích. Porovnávaná období byla získána na základě průběhu dvojné součtové čáry srážek a odtoků (HERBER 1990). První je „kalibrační“ od založení experimentu do provedení hydromelioračního zásahu (hydrologický rok 1992 až 1995), druhé „pozásahové“ (hydrologický rok 1996 až 2001) a třetí „hydrologicko porostní stabilizace“ (hydrologický rok 2002 až 2008). U třetího období se jedná o souběh dvou vlivů jak hydromelioračního, tak porostního.

Přes 80 % plochy povodí UDL představuje bývalá imisní holina s odrůstající smrkovou kulturou, od roku 2001 ve stadiu mlaziny až tyčkoviny. Tyto mladé porosty ovlivňují odtok a hladinu podzemní vody svou luxusní transpirací v zamokřené části povodí a zvyšováním počtu preferenčních cest podél rozrůstajících se kořenů. Jak dokládá např. SIDLE (1980) a NIŽNANSKÁ et al. (2005), srážková voda vniká do lesní půdy a prostupuje jí především makropóry, umožňující rychlý pohyb vody v půdě a to nasyceným i nenasyceným půdním profilem.

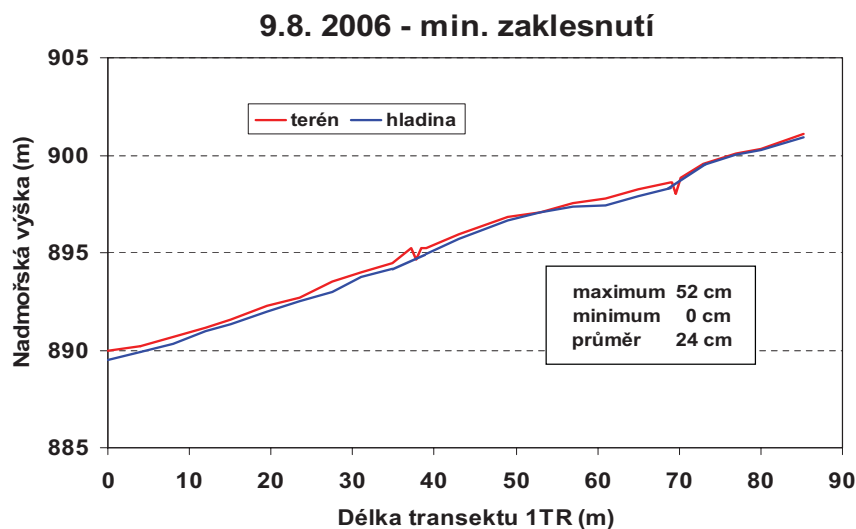
VÝSLEDKY

Po 4 letech kalibrace (1992 – 1995) byla ekologicky šetrným postupem včetně ručního provedení realizována rekonstrukce hydrografické (odvodňovací) sítě. Vyhotovený hydromeliorační zásah s úpravou vodního režimu půd a poškozené hydrografické sítě byl proveden v takovém rozsahu a intenzitě, aby zamokřené lokality nevysušil, ale pouze snížil hladinu podzemní vody na potřebnou úroveň k zajištění obnovy porostu. Tuto úroveň FERDA (1967) a HERYNEK (1976) stanovili na 60 – 80 cm pod povrchem. Námi dosažené hodnoty průměrného maximálního zaklesnutí v obdobích sucha v rozmezí 25 až 65 cm se k danému rozpětí přibližují. Šestnáctileté měření hladiny podzemní vody první zvodně v hloubce 0,90 m v zamokřené části povodí včetně rašeliny bylo realizováno jednak v linii – transektu 1TR po spádnicí, jednak v linii 2TR napříč (kolmo) k odvodňovacím příkopům (šikmo k vrstevnicím). U maximálního průměrného zaklesnutí hladiny na transektu 1TR po spádnicí došlo v obou obdobích po zásahu k většímu poklesu hladiny ze 44 cm na 55, respektive 57 cm pod teréнем s menším rozkyvem hodnot. Minimální zaklesnutí se také prohloubilo z 9 cm na 14 a 25 cm. Statistické porovnání t-testem na hladině významnosti 0,05 potvrdilo rozdílnost kalibračního období od pozásahového a stabilizačního u maximálního zaklesnutí a stabilizačního od kalibračního a pozásahového období u minimálního zaklesnutí. Tyto výsledky jasně prokázaly vliv jak hydromelioračního zásahu, tak hlavně vliv odrůstání lesních porostů ve třetím období hydrologicko porostní stabilizace. Na transektu 2TR napříč k příkopům také došlo ke snížení rozkolísanosti hodnot, ale statisticky významného rozdílu dosáhlo jen maximální zaklesnutí v období hydrologicko porostní stabilizace (32 cm proti 24 cm) vlivem odrůstání porostů. Popsané výsledky jsou ilustrovány obrázky 1 až 4. Nižší zaklesnutí hladiny na transektu 2TR je způsobeno jeho umístěním do více zamokřené části povodí s převahou organozemí.



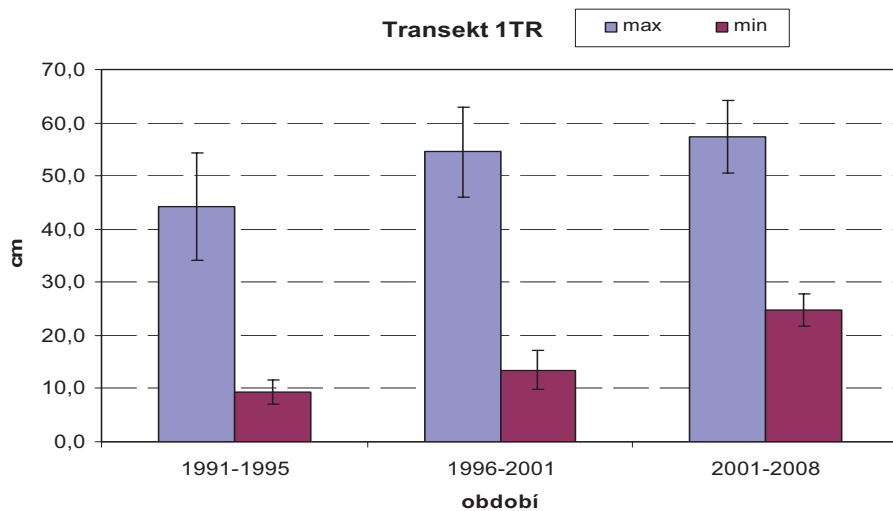
Obr. 1.

Maximální zaklesnutí hladiny podzemní vody v roce 2006 na transektu 1TR „Po spádnicí“
Maximum depth of groundwater level on a downslope transect (1TR) in 2006



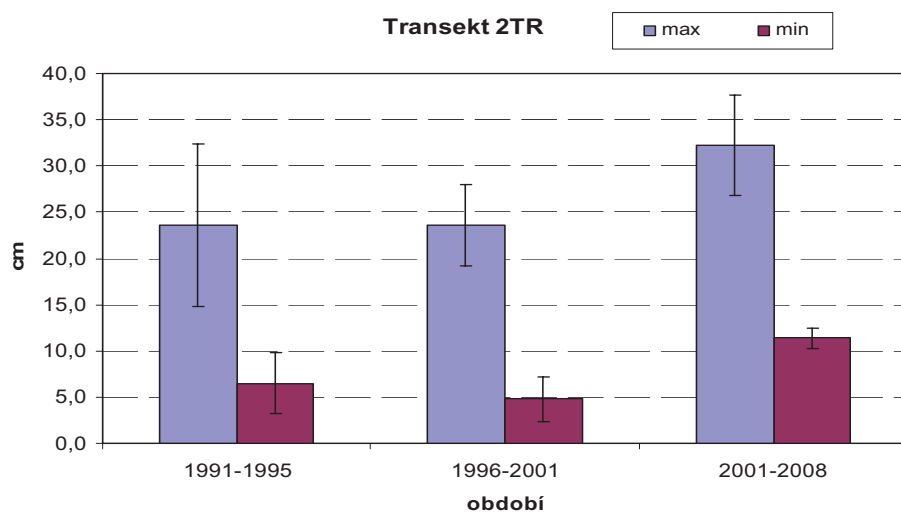
Obr. 2.

Mínimální zaklesnutí hladiny podzemní vody v roce 2006 na transektu 1TR „Po spádnici“
 Minimum depth of groundwater level on a downslope transect (1TR) in 2006



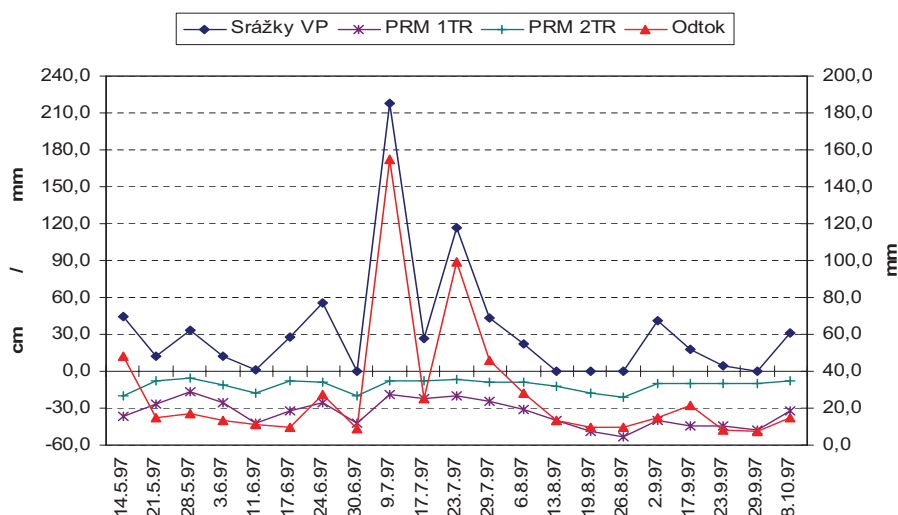
Obr. 3.

Průměrné zaklesnutí hladiny podzemní vody ve sledovaných obdobích na transektu 1TR „Po spádnici“
 Mean depth of groundwater table on a downslope transect (1TR) in investigated periods



Obr. 4.

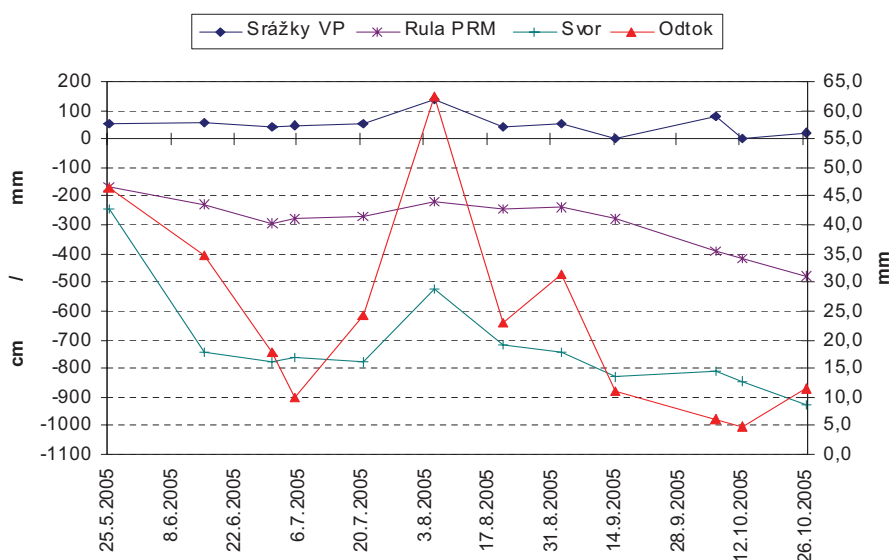
Průměrné zaklesnutí hladiny podzemní vody ve sledovaných obdobích na transektu 2TR „Napříč kanálů“
 Mean depth of groundwater table on a transect across ditches (2TR) in investigated periods



Obr. 5.

Srážky, odtok a průměrné hodnoty kolísání hladiny na transektu 1TR a 2TR v roce 1997

Precipitation, runoff and mean depth values of groundwater level variation (the 1st aquifer) on a downslope transect (1TR) and on that across ditches (2TR) in 1997



Obr. 6.

Srážky, odtok a průměrné hodnoty kolísání hladiny v rule a svoru v roce 2005

Precipitation, runoff and mean depth values of groundwater level variation (2nd aquifer) on gneiss bedrock and on mica schist one in 2005

Úzký vztah (korelace) mezi průběhem srážek, průtoků, odtoků a zaklesnutím hladiny podzemní vody první zvodně během vegetačního období byl prokázán Spearmanovým koeficientem pořadové korelace převážně na hladině významnosti 0,01, viz tabulku 1 a obrázek 5. Neprokázání vztahu mezi srážkami a průtoky v některých letech vzniklo porovnáním sumy srážek za určitý časový úsek a průměrného průtoku v posledním dni tohoto časového úseku, kdy zvýšený průtok vyvolaný srážkou již odezněl. U vztahu srážek a odtoků za stejné časové úseky již k nekorelativnosti nedochází.

Testování prokázalo trvalou významnou korelaci mezi srážkami a odtoky na straně jedné a kolísáním podzemní vody v hladinomě-

ných sondách (trubicích) na straně druhé během celého období sledování pouze v linii 1TR po spádnicí (protékající gravitační voda).

Průkazný výsledek (korelaci) vykazalo měření v linii 2TR hladinoměrných trubic kolmo k odvodňovacím příkopům (šikmo k vrstevnicím) pouze v kalibračním (1992 – 1995) a tzv. pozásahovém období (1996 – 2001). V té době ještě spotřeba vody obnovované smrkové kultury (a tím i celková evapotranspirace ET) nebyla tak výrazná. Od roku 2002 (období porostní a hydrologické stabilizace) se však korelace mezi srážkami a odtoky na jedné straně a kolísáním hladiny podzemní vody v linii trubic napříč odvodňovacími příkopy na straně druhé stala nevýznamnou. V tomto období porostní a hydrologické stabilizace

Tab. 1.

Významnost korelací v rámci první zvodně podle Spearmanova koeficientu pořadové korelace (*p < 0,05; **p < 0,01)
Significance of correlations in the first, shallower aquifer by Spearman coefficient of rank correlation (*p < 0.05; **p < 0.01)

	1993	1995	1997	1999	2000	2001	2002	2005	2008
Srážky VP ¹ & Průtok ²	0,37	0,58**	0,58**	0,56**	0,58**	0,33	0,04	0,69**	0,30
Srážky VP & Odtok ³	0,67**	0,61**	0,83**	0,50*	0,44*	0,86**	0,46	0,84**	0,57**
Srážky VP & PRM1TR ⁴	0,64**	0,71**	0,75**	0,73**	0,73**	0,43*	0,81**	0,77**	0,55
Srážky VP & PRM2TR ⁵	0,30	0,65**	0,59**	0,58**	0,69**	0,19	0,16	0,28	0,38
Průtok & Odtok	0,64**	0,79**	0,74**	0,83**	0,72**	0,51*	0,61**	0,67**	0,69**
Průtok & PRM 1TR	0,79**	0,78**	0,83**	0,73**	0,69**	0,67**	0,08	0,86**	0,59**
Průtok & PRM 2TR	0,77**	0,77**	0,52*	0,84**	0,62**	0,40	0,37	0,54*	0,65**
Odtok & PRM 1TR	0,64**	0,67**	0,71**	0,73**	0,54**	0,55**	0,50*	0,64**	0,60**
Odtok & PRM 2TR	0,54**	0,66**	0,47*	0,69**	0,57**	0,36	0,32	0,21	0,49*

Variables: ¹precipitation of open area; ²discharge; ³runoff; ⁴mean depth of groundwater table on a downslope transect; ⁵mean depth of groundwater table on a transect across ditches

Tab. 2.

Významnost korelací v rámci druhé zvodně podle Spearmanova koeficientu pořadové korelace (*p < 0,05; **p < 0,01)
Significance of correlations in the second, deeper aquifer by Spearman coefficient of rank correlation (*p < 0.05; **p < 0.01)

	2004	2005	2006	2007
Srážky VP ¹ & Průtok ²	0,000	0,608*	0,300	-0,217
Srážky VP & Odtok ³	0,609*	0,594*	0,733*	0,750**
Srážky VP & Rula ⁴	-0,364	0,608*	0,600*	0,333
Srážky VP & Svor ⁵	-0,286	0,615*	0,367	0,300
Průtok & Rula	0,756**	0,881**	0,767**	0,617*
Průtok & Svor	0,286	0,888**	0,800**	0,767**
Odtok & Rula	0,191	0,783**	0,550	0,817**
Odtok & Svor	0,357	0,895**	0,517	0,767**

Variables: ¹precipitation of open area; ²discharge; ³runoff; ⁴mean depth of groundwater table in gneiss bedrock; ⁵mean depth of groundwater table in mica schist bedrock

(2002 – dosud, tj. 2010) obnovený lesní porost již představoval hlavní regulátor výšky hladiny podzemní vody.

Na základě získaných výsledků lze konstatovat, že se meliorační zásah i odrůstání smrkových porostů významně podílelo na změnách zaklesnutí podzemní vody na dané lokalitě. Vzhledem k tomu, že povodí se nachází v CHKO Orlické hory a zásah neměl lokalitu vysušit, ale jen podpořit obnovu lesních porostů, jsou dosažené hodnoty zaklesnutí do 70 cm uspokojivé, zvláště jestliže meliorační zásah budeme považovat za dočasný. Naopak provedením melioračního opatření bylo zajištěno v dané lokalitě s trvalým zamokřením zdárné odrůstání obnovovaných porostů s vnosem buku lesního a jedle bělokoré.

V ostatních částech povodí, kde není hladina podzemní vody nebo je velmi zaklesnutá, jsou dřeviny odkázány na zásoby vody v půdě ze srážek, protože kapilární vztlání je nedostačující nebo nedosahuje do kořenové zóny. Toto konstatování na podkladě hydrologického šetření v povodí U Dvou louček dokládá i ŠVIHLA et al. (2005): „Pro konkrétní půdní profil humusového podzolu na pararule bylo prokázáno dostatečné zásobení kořenové vrstvy lesních porostů při hloubce

hladiny podzemní vody 1,1 m a výšce vztlání 80 až 90 cm. Při větších hloubkách hladiny podzemní vody než 1,2 až 1,3 m je lesní vegetace na tomto typu lesních půd odkázána na zásobení vodou převážně jen ovzdušnými srážkami“. U starších a hlouběji kořenících dřevin je předpoklad škod suchem menší.

Hodnocení pětiletého sledování pohybu hladiny podzemní vody druhé zvodně v hloubce 9 až 12 m pomocí Spearmanova koeficientu pořadové korelace prokázalo, že existuje určitý vztah pohybu hladin v dvouslídne rule a ve svoru série strošské ke srážkám, průtokům a odtokům. Korelace těchto znaků však není těsná a projevuje se jen v delších obdobích sucha nebo srážek (tab. 2 a obr. 6). Lépe na srážky reaguje změna hladiny druhé zvodně v rule než ve svoru, což je způsobeno rozdílnou zrnitostí a tím i propustností obou hornin pro vodu. Logicky pak průtoky a odtoky více koreluje s pohybem hladiny v rule nežli ve svoru.

Korelační vztah mezi kolísáním hladin obou zvodní (0,9 a 12,0 m) nebyl prokázán. Proto nebyl prokázán ani vliv melioračního zásahu a odrůstání lesních porostů na pohyb hladiny druhé zvodně.

DISKUSE

Změny hladiny podzemní vody vlivem hydromelioračního zásahu byly již v minulosti v ČR sledovány. Jednalo se však převážně o rovinnatý terén ve 4. lvs Třeboňské pánve. FERDA, ČERMÁK (1980) tam mimo jiné prokázali prospěšnost hydromelioračních zásahů pro vyrovnanější odtokový režim a zlepšující se kvalitu vody odtékající ze zamokřených půd, ale také kladný vliv na přízemní vzdušnou vrstvu a teplotní režim půdy. I když existoval předpoklad perspektivního využití pro horské oblasti, autoři doporučovali provádění výzkumu dlouhodobějšího charakteru na rozsáhlejších plochách také v podhorských a horských oblastech s přihlédnutím ke specifickým podmínkám daného stanoviště. Výsledky našich výzkumů v horském zamokřeném povodí U Dvou louček v Orlických horách jsou s jejich výsledky rámcově konzistentní. Přitom se v obou případech jednalo více či méně o obnovu stavu odvodňovací sítě, který byl na těchto stanovištích již z dřívějška.

Se závěry Ferdy a Čermáka se ztotožňuje také Heikurainen (HEIKURAINEN 1976, HEIKURAINEN et al. 1978), když konstatuje daleko větší paralelu finských poměrů i situací ve vztahu k účinkům odvodnění na odtok, než předpokládal. Heikurainen a jeho spolupracovníci ve výše citovaných pracích, v období s našimi výsledky, uvádí větší akumulaci schopnost po odvodnění rašelinných stanovišť. Během letního období, které hodnotíme také v našem příspěvku, z odvodněných lesních půd nastávají minimální odtoky vyšší a maximální odtoky nižší než z rašelinných půd neodvodněných (HEIKURAINEN 1980); krátkodobé kulminace z odvodněných ploch při dlouhodobých intenzivních deštích a překročení akumulací kapacity odvodněného profilu však mohou následkem soustředěného odtoku v kanálech převýšit i kulminace z neodvodněných ploch. Tyto závěry jsou analogické s našimi poznatky z období kalibračního, pozásahového a hydrologicko porostní stabilizace v experimentálním povodí U Dvou louček. Obdobně s již citovanými Ferdou a Heikurainenem se vyjadřuje také PÄIVÄNEN (1980), přitom poznatky ještě více obohacuje o vliv trubkové drenáže: v suchém období je odtok z ploch odvodněných trubkovou drenáží vyšší a ve vlhkém období nižší než z ploch odvodněných otevřenými příkopy. S finskými (HEIKURAINEN, JOENSUU 1981) se české poznatky shodují rovněž v diferencovaných výsledcích z období kalibračního, pozásahového a stabilizačního, rezultující zejména z rozdílné výšky a chování hladiny podzemní vody mělčí zvodně.

Dlouhodobý experiment s holopasečným povodím a jeho melioračním odvodněním hodnotil ve Švédsku mimo jiné ve své studii LUNDIN (1984). Ve srovnatelných poměrech přírodních a při srovnatelném provádění experimentu jako na povodí U Dvou louček prokázal zanedbatelný rozdíl mezi vysokými odtoky (průtoky) v období po holopasečení a v období po provedení melioračního odvodnění holé seče. Ke zvýšení odtoků (průtoků) docházelo, když zaklesnutí hladiny podzemní vody bylo menší než 20 cm pod povrchem terénu.

MAC CARTHY et al. (1991), ve shodě s naším přístupem v povodí U Dvou louček, zdůrazňují významnost experimentálních postupů ke stanovení složek vodní bilance a získání dat z odvodňovaných mladých porostů *Pinus taeda* včetně vlivu výchovných zásahů na ně pro pozdější modelování a simulace. V pobřežní rovině Severní Karolíny autoři prezentují vazbu mezi tvarem hladiny podzemní vody a intenzitou evapotranspirace $E(t,s)$ = transpirace stromového patra (E_t) a výpar z půdy (E_s). Pro nastavené zaklesnutí hladiny mělké podzemní vody při daném rozestupu odvodňovacích kanálů určuje vysoká denní intenzita $E(t,s)$ v průměru 5 mm/den relativně plochý tvar hladiny mezi kanály. Při prakticky nulové denní intenzitě $E(t,s)$ byla hladina mělké podzemní vody nejvíce vzdušná uprostřed mezi kanály s výrazným snížením ke kanálům v důsledku odtoku.

PÄIVÄNEN (1994a) a také SUN et al. (2001) dovádějí své studie až k BMP (Best Management Practices) týkající se opatření údržby odvodňo-

vacího systému a následné pěstební péče, zejména výchovy porostů a k tvorbě odpovídající legislativy (PÄIVÄNEN 1994b). V období s nimi pak na bázi experimentálních výsledků z pokračujících výzkumů obsahují nově zpracované postupy také práce domácích autorů BÍBA, ČERNOHOUS (1995), ČERNOHOUS, ŠACH (2007).

ZÁVĚR

Vyhodnocení šestnáctileté řady měření kolísání hladin podzemní vody první zvodně v hloubce 0,90 m a pětileté řady druhé zvodně v hloubce 9 až 12 m ve vztahu ke srážkám, odtokům a vzájemně mezi oběma zvodněmi pomocí Spearmanova koeficientu pořadové korelace přineslo jednoznačné potvrzení, že pohyb hladiny první zvodně úzce souvisí s úhrny srážek a odtoků a odrůstáním lesních porostů. Vztah druhé zvodně ku srážkám a odtokům není tak těsný a je patrný jen v dlouhých periodách deštů nebo sucha. Korelace mezi kolísáním hladin obou zvodní nebyla nalezena.

Na základě získaných výsledků zaklesnutí hladiny podzemní vody lze konstatovat, že se meliorační zásah i odrůstání smrkových porostů významně podílely na změnách tohoto zaklesnutí na dané lokalitě v rámci sledovaných období. Statistické porovnání t-testem na hladině významnosti 0,05 potvrdilo rozdílnost kalibračního období od pozásahového a stabilizačního u maximálního zaklesnutí a stabilizačního od kalibračního a pozásahového období u minimálního zaklesnutí. Tímto byl jasně prokázán vliv jak melioračního zásahu, tak hlavně vliv odrůstání lesních porostů ve třetím období hydrologicko porostní stabilizace.

Rekonstrukce hydrografické (odvodňovací) sítě umožnila příznivější odrůstání lesní kultury a naplnění její požadované hydrologické účinnosti včetně podpoření její statické a ekologické stability. Rekonstruovaná hydrografická síť zároveň pomáhala a pomáhá udržovat volný retenční prostor v lesní půdě pro transformaci vysokých a přívalových srážek v pomalejší odtok půdou a v perkolaci do hydrogeologických struktur.

Dále lze konstatovat, že v oblastech bez hladiny podzemní vody nebo s jejím velkým zaklesnutím může pokles vlhkosti svrchních půdních horizontů vést k nedostatku vody pro založené a odrůstající kultury a následně i k jejich poškození (špatné ujímání a růst, úhyn). Zvláště v květnu a červnu je pro nové výsadby úbytek vláhy až k bodu snížené dostupnosti velmi nepříznivý. Mladé kultury nemají dostatečně vyvinutý kořenový systém a nemohou získat vláhu z hlubších vrstev půdního profilu. To dokládá nutné vylepšování založených kultur v procentech plochy vysázené předešlý rok na polesí Říčky a Luisino údolí (ČERNOHOUS 2000). I když příčiny nutného vylepšování založených kultur jsou různé (přísušek, myšovití, hmyzí škůdci, turistika apod.), lze vysledovat vliv suchých period na úhyn, zvláště v roce 1994.

Naopak v místech pramenných vývěřů, okolí vodotečí a v místech soustředování a zadržování povrchové vody mohou vlivem neudržování a narušení hydrografické sítě nastat problémy s vysokou hladinou podzemní vody, a tím i s obnovou porostů. V takových případech je nutné provést šetrný hydromeliorační zásah podle stavu konkrétní lokality s trvalou nebo dočasnou účinností, často cílený jen k rekonstrukci a údržbě již dříve přírodou a našimi předky vytvořené vodopisné sítě.

Poděkování:

Výsledky prezentované v příspěvku vznikly v rámci institucionální podpory výzkumu a vývoje z veřejných prostředků MZE ČR výzkumného záměru č. MZE0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“ a projektu NAZV QH92073 „Horské lesy – základní ekosystémy ovlivňující vodní bilanci, velké vody a suchá období v krajině“.

LITERATURA

- BENEŠ J. 1990/1991. Ekologické požadavky na výstavbu lesních cest. In: Acta universitatis agriculturae, Facultas silviculturae Brno, Series C, sv. 59/60(1/4): 55-71.
- BÍBA M., ČERNOHOUS V. 1995. Zásady úpravy vodního režimu půd a obhospodařování lesů na zamokřených stanovištích. Realizační výstup etapy dílčího úkolu Meliorace lesních půd k zlepšení funkční účinnosti lesního fondu projektu Stabilizace a rozvoj produkční a mimoprodukčních funkcí lesů ... Opočno, VÚLHM-VS: 17 s.
- BURN D. H. 2002. Regional hydrologic impacts of climatic change. In: Sidle R. C. (ed.), Environmental changes and geomorphic hazards in forests. Report no. 4 of the IUFRO Task Force on Environmental Change. Wallingford, Oxon, CABI in association with IUFRO: 25-44. ISBN 0-85199-598-5.
- ČERNOHOUS V. 1996. Hladina podzemní vody a půdní vláhla v zamokřeném povodí po imisních těžbách. Zprávy lesnického výzkumu, 41 (2): 5-8.
- ČERNOHOUS V. 2000. Suché periody v Orlických horách během vegetačního období a jejich potenciální vliv na ujmavost, odrůstání a zdravotní stav smrkových kultur. In: Slodičák M. (ed.): Lesnické hospodaření v imisní oblasti Orlických hor, Sborník referátů z celostátního semináře, Opočno, 31. 8. – 1. 9. 2000, Opočno, VÚLHM-VS: 25-29. ISBN 80-902615-9-0
- ČERNOHOUS V., ŠACH F. 2007. Vliv obnovy hydrografické sítě poškozené při imisních těžbách na odtokový proces. [Renewal of the hydrographical network damaged by pollution-induced felling and its effect on the runoff process.] In: Vančura, K. et al.: Les a voda v srdci Evropy – Forest and water in the heart of Europe. Praha, MZe ČR; Brandýs nad Labem, ÚHÚL: 185-193. ISBN 978-80-7084-634-6
- FERDA J. 1967. Základní principy meliorace zamokřených lesních půd. Lesnická práce, 46 (3): 118-121.
- FERDA J., ČERMÁK P. 1981. Vliv odvodnění lesních půd na změny prostředí. Lesnictví, 27 (3): 271-284.
- HEIKURAINEN L. 1976. Effect of human activity on peatlands and surrounding areas in regard to water conditions and ecosystems. In: 5th Int. Peat Congr. Poznan, Poland: 11 s.
- HEIKURAINEN L., KENTTÄMIES K., LAINE J. 1978. The environmental effects of forest drainage. Suo, 29 (3/4): 49-58.
- HEIKURAINEN L. 1980. Effect of forest drainage on high discharge. In: The influence of man on the hydrological regime with special reference to representative and experimental basins. Proc. of the Helsinki symposium, June 1980. IAHS Publication No. 130. Wallingford, Int. Assoc. of Hydrol. Sci.: 89-96.
- HEIKURAINEN L., JOENSUU S. 1981. The hydrological effects of forest drainage. Silva Fennica, 15 (3): 285-305.
- HERBER V. 1990. Statistické metody v hydrologii I. Brno, Masarykova univerzita, fakulta přírodovědecká: 120 s. ISBN 80-210-0127-5
- HERYNEK J. 1976. Komplexní meliorace zamokřených lesních půd. Lesnická práce, 55 (7): 313-315.
- KREŠL J. 1980. Technické meliorace. Úprava vodního režimu lesních půd. Brno, Vysoká škola zemědělská: 97 s.
- LUNDIN L. 1994. Impacts of forest drainage on flow regime. Studia Forestalia Suecia. 192. Uppsala (Sweden), Faculty of Forestry: 22 s.
- MAC CARTHY E. J., SKAGGS R. W., FARNUM P. 1991. Experimental determination of the hydrologic components of a drained forest watershed. Transactions of the ASAE, 34 (5): 2031-2039.
- MOORE R. D., THOMSON J. C. 1996. Are water table variations in a shallow forest soil consistent with the TOPMODEL concept? Water Resources Research, 32 (3): 663-669.
- NAVRÁTIL P. 1997. Hydrické a související mimoprodukční funkce lesa v oblastních plánech rozvoje lesů. In: Kravka M. (ed.): Současné problémy lesnické hydrologie. Brno, MZLU – Fakulta lesnická a dřevařská: 99-101.
- NIŽNANSKÁ Z., LICHNER Ľ., ŠÍR M., TESAŘ M. 2005. Vplyv biopórov a vodoodpudivosti na infiltráciu vody do pôdy. In: Šír M., Lichner Ľ., Tesař M., Holko L. (eds.): Hydrologie malého povodí 2005. Praha, Ústav pro hydrodynamiku AVČR: 223-227.
- PÄIVÄNEN J. 1980. The effect of silvicultural treatments on the hydrology of old forest drainage areas on peat. In: The influence of man on the hydrological regime with special reference to representative and experimental basins. Proc. of the Helsinki Symposium, June 1980. IAHS Publication No. 130. Wallingford, Int. Assoc. of Hydrol. Sci.: 137-140.
- PÄIVÄNEN J. 1994a. Maintenance of forest drainage areas. Helsinki, Työtehoseura Ry: 4 s.
- PÄIVÄNEN J. 1994b. Forest Improvement Act in steering drainage and treatment of stands on drained sites. Helsinki, Työtehoseura Ry: 4 s.
- SIDLE R. C. 1980. Impact of forest practices on surface erosion. A Pacific Northwest Extension Publication PNW 195. Eugene, Oregon State University: 15 s.
- SUN G., MAC NULTY S. G., SHEPARD J. P., AMATYA D. V., RIEKERK H., COMERFORD N. B., SKAGGS W., SWIFT L. 2001. Effects of timber management on the hydrology of wetland forests in the southern United States. Forest Ecology and Management, 143: 227-236.
- ŠACH F. 1990. Vliv lesní dopravní sítě na odtokové poměry imisních holosečí. Lesnictví, 36 (2): 139-158.
- ŠEDA S. 2003. Hydrogeologický průzkum na lokalitě Říčky v Orlických horách – U Dvou louček. Závěrečná zpráva. Ústí nad Orlicí, OHGS s. r. o.: 12 s., 20 příloh.
- ŠVIHLA V., ŠACH F., ČERNOHOUS V. 2005. Příspěvek k řešení problému vztlínání podzemní vody na povodí U Dvou louček v Orlických horách. Zprávy lesnického výzkumu, 50 (1): 53-57.
- ZAR J. H. 2009. Biostatistical analysis. 5th ed. Upper Saddle River, Pearson Prentice Hall: 944 s.

INFLUENCE OF DRAINAGE TREATMENT AND GROWING OF RENEWED FOREST STANDS ON CHANGES IN GROUNDWATER TABLE**SUMMARY**

The article deals with changes of a shallower groundwater table at a range from surface to 0.9 m below ground where the first aquifer was investigated in 1993 – 2008. Changes in level of a deeper aquifer (9 – 12 m) were examined in 2004 – 2008. We investigated how drainage treatment and growth of timber affect these changes. A waterlogged mountain watershed situated below a ridge of the Orlické hory Mts. in the Eastern Bohemia was studied. There were considered three periods which were recognized using a double-mass curve of both precipitation and runoff. The first one was called “calibration” period and lasted from the beginning of the experiment till the drainage treatment was carried out (water years 1992 – 1995). The period was followed by “post-treatment” (1996 – 2001) and “stabilization” (2002 - 2008) periods. Drainage treatment and growth of forest stands influenced the level of groundwater. The water table was declined deeper in both “post-treatment” (mean - 55 cm below ground) and “stabilization” (mean - 57 cm below ground) periods showing not so fluctuating values compared to “calibration” pre-treatment period (mean - 44 cm below ground) in downslope transect 1TR (Fig. 3). In 2TR transect (situated across the ditches), we found also less fluctuating values of groundwater table. However, the only significant difference was found in a case the groundwater maximally declined (32 cm below ground) during the “stabilization” period compared to both previous periods (24 cm) in the 2TR transect (Fig. 4). This is attributable to growing forest stands. Reconstruction of drainage conditions helped young forests to grow better and to fulfill its hydrological role (evapotranspiration). In addition, the treatment increased both static and ecological stability of the forest stands. Relationship between precipitation, streamflow discharge, runoff and relationship between both aquifers were expressed using Spearman’s nonparametric correlation coefficients. It can be concluded that changes of the shallower aquifer of groundwater table are strongly correlated with amounts of rainfall, runoff and growth of forest stands. The deeper aquifer does not respond to both precipitation and runoff in a similar way. The level of deeper groundwater table changes only as a result of long-term periods of rain and/or drought. Correlation between changes of groundwater level of both aquifers was not found.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Vladimír Černohous, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391; e-mail: cernohous@vulhmop.cz

POROVNÁNÍ RŮSTOVÝCH SCHOPNOSTÍ *IN VITRO* SAZENIC RŮZNÝCH DRUHŮ DŘEVIN NA PLOŠE „POLNÁ II“

COMPARISON OF *IN VITRO* PLANTS WITH GENERATIVE PLANTS ON THE DEMONSTRATION PLOT „POLNÁ II“

JAROSLAV DOSTÁL - HELENA CVRČKOVÁ - PETR NOVOTNÝ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

ABSTRACT

Growth and development of *in vitro* plants in wild pear, crab apple, small-leaved linden, European aspen, European white elm and wych elm were investigated on research plot Polná II for four years. Every *in vitro* plants grew in the same environmental conditions. Growth and development parameters of plantlets were compared and calculated by analysis of variance (ANOVA). There are differences between *in vitro* plants but no differences are between small-leaved linden - European white elm, European white elm - wych elm on 95% significance level. Increased mortality of seedlings, caused by rodents, was observed in some years.

Klíčová slova: mikropropagace, hrušeň polnička (*Pyrus pyraster*), jablň lesní (*Malus sylvestris*), lípa srdčitá (*Tilia cordata*), topol osika (*Populus tremula*), jilm vaz (*Ulmus laevis*), jilm horský (*Ulmus glabra*), růst

Key words: micropropagation, wild pear (*Pyrus pyraster*), crab apple (*Malus sylvestris*), small-leaved linden (*Tilia cordata*), European aspen (*Populus tremula*), European white elm (*Ulmus laevis*), wych elm (*Ulmus glabra*), growth

ÚVOD A CÍL PRÁCE

Nutnost zachování genetických zdrojů lesních dřevin a současně rychlého klonového množení vhodných produktivních a rezistentních variant vedou šlechtitelská pracoviště k orientaci výzkumu na využití moderních biotechnologických metod, které doplňují běžné šlechtitelské postupy. Navíc umožňují rychlé klonové množení vyselektovaných genotypů a překonání fyziologických bariér (např. dlouhověkost, prodlužující se mnohaleté intervaly mezi semennými roky nebo pozdní nástup reprodukce).

Vedle konzervace existujících populací *in situ* je jedním z cílů lesnického šlechtitelství zajistit generativní i vegetativní reprodukci u těch populací, u nichž, ať už z důvodů průmyslových imisí, poškození hmyzem, houbovými chorobami nebo nepřiměřené těžby, nedochází k přirozené obnově. Jednou z možností vegetativní reprodukce je stále více se uplatňující využití biotechnologických postupů *in vitro*, kterými lze rychle a ekonomicky výhodně vypěstovat kvalitní sadební materiál z vybraných dárcovských jedinců a zároveň zakládat explantátové banky, v nichž lze původní materiál uchovávat pro další účely (zakládání klonových archivů, semenných sadů, studium genetické variability, venkovní výsadby aj.) (MALÁ et al. 1999).

Ačkoliv zachování, stabilizace a obnova původních reziduálních populací lesních dřevin a udržení druhové rozmanitosti lesních porostů patří k hlavním úkolům současného lesnictví, nelze na druhé straně opomíjet nezanedbatelnou vlastnost lesa, tj. schopnost poskytovat obnovitelným způsobem materiál, resp. energii. Současným trendem, který má zajistit dostatečnou produkci dřevní hmoty, je „klonové lesnictví“, tedy pěstování elitních genotypů namnožených biotechnologickými postupy. U jehličnatých dřevin je s tímto cílem intenzivně studována především somatická embryogeneze. Lignikultury s krátkou dobou obmytí, založené z několika málo klonů, jsou běžně pěstovány

na Novém Zélandu, v Austrálii, ve Spojených státech, Japonsku, v Evropě pak především ve Francii.

Mikropropagační postupy umožňují namnožení v podstatě neomezeného počtu identických jedinců z jediného kvalitního dárce, přičemž množství odebíraného rostlinného materiálu pro založení primárních kultur (většinou meristemického pletiva zimních pupenů) je minimální a dárcovský strom neohrožuje. Zárukou genetické kvality mikropropagovaných výpěstků je sběr rostlinného materiálu ze stromů uznaných jako kvalifikovaný zdroj reprodukčního materiálu (zákon č. 149/2003 Sb.) nebo dalších kvalitních stromů s význačnými cennými znaky a rovněž dodržení vhodného počtu klonů při přípravě syntetické směsi. Pro lesnické účely je nezbytné, aby regenerované potomstvo bylo geneticky totožné s donorovým stromem, tzv. „true-to-type“ (AHUJA 1987).

Sledování růstu a vývoje lesních dřevin namnožených mikropropagací probíhá ve venkovních podmínkách s ohledem na dlouhověkost těchto organismů teprve relativně krátkou dobu (20 – 30 let). V České republice započalo sledování vývoje a růstu výpěstků *in vitro* v roce 1994 v rámci výzkumných projektů VÚLHM Jíloviště-Strnady na výsadbách venkovních ploch lokalizovaných na školním poli VOŠL a SLŠ Bedřicha Schwarzenberga v Písku (výpěstky *in vitro* smrku ztepilého a douglasky tisolisté). Další výsadby materiálu *in vitro* původu byly následně uskutečněny v různých částech ČR i pro další druhy dřevin (dub letní, třešeň ptačí, jeřáb oskeruše, jeřáb břek, jeřáb ptačí, lípa srdčitá, topol osika aj.).

Cílem tohoto příspěvku je vyhodnocení biometrických měření hrušně polničky, jablň lesní, lípy srdčité, topolu osiky, jilmu vazy a jilmu horského ve věku 5 – 6 let na pokusné výsadbě Polná II, statistické vyhodnocení výsledků a jejich porovnání s předchozími sadami měření v mladším věku. Důraz je kladen na zhodnocení proměnlivosti zjišťovaných veličin ve vztahu k druhu dřeviny.

MATERIÁL A METODIKA

Výzkumná plocha se nachází v přírodní lesní oblasti 16 – Českomoravská vrchovina na lokalitě Březina, která spadá do polesí lesního družstva Polná. Nachází se v porostu 536 J15, hospodářském souboru 53 – kyselá stanoviště vyšších poloh, lesním typu 5S1. Geologický podklad tvoří biotitické pararuly, půda patří k mezotrofním až oligotrofním hnědým půdám. Nadmořská výška činí 550 – 560 m n. m., expozice je jihovýchodní, sklon do 10 %. Průměrná roční teplota je 7 °C, průměrné roční srážky dosahují 650 – 700 mm, výzkumná plocha se nachází v klimatické oblasti mírně teplé, v okrsku vlhkém, průměrná délka vegetační doby je 153 dní.

Výsadba byla provedena do pruhů. Použitý spon výsadby byl 1,5 × 1,5 m, u topolu osiky 1,5 × 2,0 m. Vysazeno bylo 300 ks výpěstků *in vitro* hrušně polničky, 316 ks výpěstků *in vitro* jabloně lesní, 499 ks výpěstků *in vitro* lípy srdčité, 42 ks výpěstků *in vitro* jilmu vaz, 15 ks výpěstků *in vitro* jilmu horského a 219 ks výpěstků *in vitro* topolu osiky. Plocha je pravidelně jednou ročně měřena (výška).

Pro získání sazenic původu *in vitro* byly vybrány mikropropagované klony výše uvedených dřevin z archivu explantátů Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., ve Strnadlech. Na úspěšné dopěstování výsadby schopných výpěstků *in vitro* byl použit dříve již rozpracovaný systém, který spočívá v indukci rhizogeneze u mikrořízků v agarovém médiu, dále v přesazení zakořeněných mikrořízků do sadbovačů s perlitem (kde již dochází k funkční strukturalizaci kořenového systému) a v přesazení sazenic do zahradnického substrátu. Současně je snižována vzdušná vlhkost na 70 %. Pro tuto vývojovou fázi výpěstků je nevhodnější konstantní teplota 22 °C a vysoká intenzita osvětlení (24hodinové osvětlení bílým fluorescenčním světlem 30 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$) (MALÁ 2001).

Pro vytvoření kvalitního kořenového systému sazenice je nutné použít vhodný typ sadbovačů. Byly použity osvědčené sadbovače kónického tvaru bez pevného dna s podélnými nálitky na vnitřní straně, které napomáhají správnému vývoji kořenové soustavy.

Některé klony výpěstků *in vitro* jilmu habrolistého byly rovněž napěstovány v provozních podmínkách Laboratoře Olešná z kultur *in vitro*,



Obr. 1.
Pohled na část výzkumné plochy Polná II po výsadbě (rok 2007)
Part of research plot Polná II after outplanting (2007)



Obr. 3.
Pohled na část výzkumné plochy Polná II v roce 2009
Part of research plot Polná II in 2009



Obr. 2.
Pohled na část výzkumné plochy Polná II v roce 2008
Part of research plot Polná II in 2008



Obr. 4.
Pohled na část výzkumné plochy Polná II v roce 2009
Part of research plot Polná II in 2009

dodaných tomuto pracovišti z archivu explantátů VÚLHM Jíloviště-Strnady. Všechny výpěstky *in vitro* pak byly dopěstovány a adaptovány na venkovní prostředí ve školce Olešná. Kvalita sadebního materiálu byla hodnocena na základě stejných kritérií, jaká jsou požadována u sadebního materiálu generativního původu (ČSN 48 2115).

Výsadba 2 – 3letých výpěstků *in vitro* dřevin byla provedena na jaře v roce 2006. Rozmístění klonů na ploše bylo po výsadbě zaznamenáno do schématického plánu výsadby. Demonstrační plocha je dosud oplocena. Výpěstky *in vitro* jsou hodnoceny z hlediska jejich růstových a morfologických parametrů.

U všech stromů na ploše byla měřena výška měřickou latí s přesností na 1 cm. Rozdíly mezi přírůstem sazenic jednotlivých dřevin byly hodnoceny metodou analýzy variance (ANOVA) a Scheffého metodou pomocí statistického programu QC Expert 3.1.

VÝSLEDKY

Na demonstrační ploše Polná II byl v letech 2007 až 2009 pravidelně sledován růst a vývoj výpěstků, byla zjišťována míra přežívání a probíhalo měření výšek.

Růstové charakteristiky za jednotlivé roky pro *in vitro* výpěstky na demonstrační ploše Polná II jsou uvedeny v tabulce 1 a znázorněny v grafu 1. Podle zjištěných hodnot lze konstatovat, že podzemní ztráty výpěstků *in vitro* v roce výsadby (2007) činily 35 % u hrušně polničky, 8,9 % u jabloně lesní, 7,6 % u lípy srdčité, 24,2 % u topolu osiky, 19 % u jilmu vazy a 0 % u jilmu horského. V následujícím roce (2008) byly u výpěstků *in vitro* ztráty 0,5 % u hrušně polničky, 3,8 % u jabloně lesní, 0,7 % u lípy srdčité, 2,4 % u topolu osiky, 0 % u jilmu vazy a 0 % u jilmu horského. V roce 2009 byly u výpěstků *in vitro* ztráty 1,0 % u hrušně polničky, 1,4 % u jabloně lesní, 1,7 % u lípy srdčité, 1,2 % u topolu osiky, 0 % u jilmu vazy a 0 % u jilmu horského. Porovnání ztrát výpěstků je uvedeno v grafu 2. Ztráty na výzkumné ploše byly způsobeny převážně hlodavci (hrušně, jablona) a vývratem (topol osika).

Porovnání růstu z roku 2007 jednotlivých vegetativně namnožených dřevin ukázalo statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ u všech kombinací, vyjma kombinací HR – JB, LP – JLV, JLV – JLH, kde nebyla prokázána statistická významnost. Porovnání růstu z roku 2008 ukázalo statisticky významné rozdíly na hladině významnosti $\alpha = 0,05$ u všech kombinací, vyjma kombinací HR – JLH, JB – JLH, LP – JLV, JLV – JLH, kde nebyla prokázána statistická významnost, v roce 2009 byly statisticky významné rozdíly zjištěny u všech kombinací, vyjma kombinací HR – JLV, HR – JLH, JB – JLH, LP – JLV, JLV – JLH, kde nebyla prokázána statistická významnost.

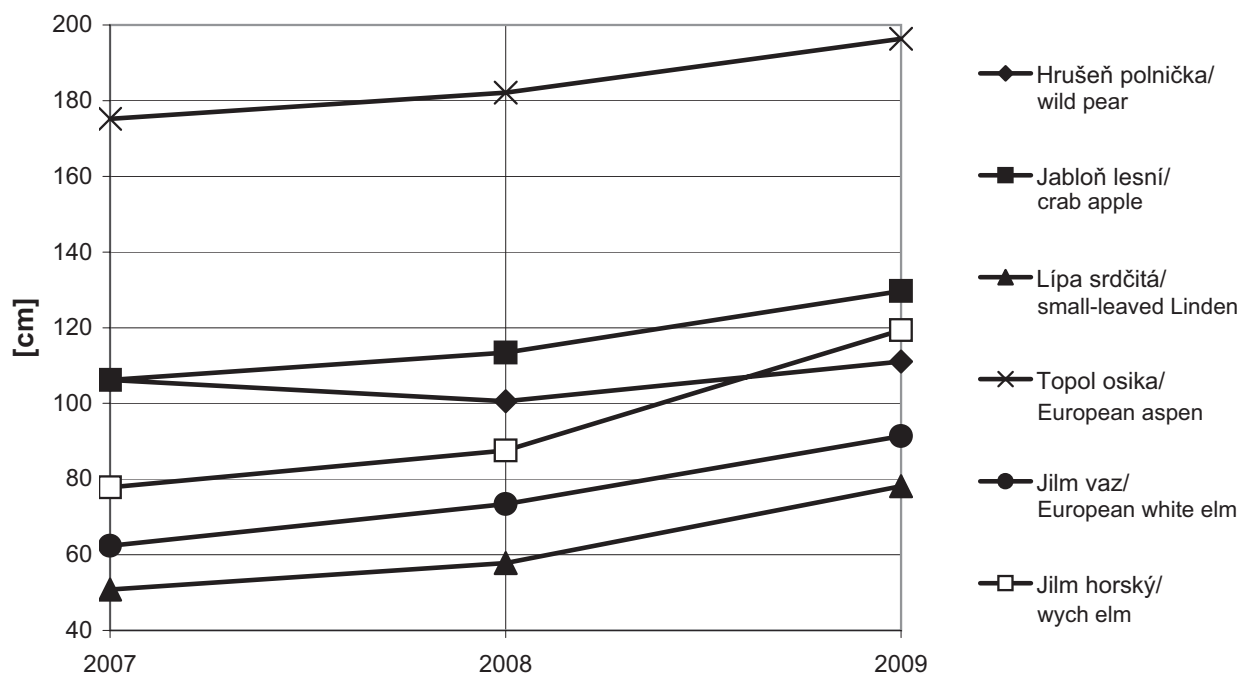
DISKUSE

K porovnávání a ověřování kvality výpěstků *in vitro* byly ve světě založeny srovnávací venkovní pokusy pro řadu druhů dřevin. Například ve Francii se sleduje topol, třešeň, ořešák, douglaska, v Anglii třešeň, bříza a dub, v Brazílii blahovičník, ve Švédsku bříza, v Norsku dub apod. Srovnání růstu a dalších charakteristik dvacetiletých stromů douglasky tisolisté pěstovaných z explantátů a ze semen neukázalo významné rozdíly (BOULAY, FRANCKET 1977). Rovněž při kultivaci třešně ptačí a ořešáku královského ve Francii nebyly pozorovány žádné rozdíly. Pokud byl zaznamenán rychlejší růst potomstev z explantátů, byl podmíněn genetickými vlastnostmi výchozích klonů (CORNU, CHAIX 1981). Ke stejným výsledkům při pěstování třešně ptačí dospěl i HAMMATT (1999) v Anglii. V roce 1988 byly rovněž v Anglii zahájeny také koordinované pokusy s břízou, kdy byly srovnávány rychlost růstu a rejuvnilizace výpěstků generativního původu s mikropropagovanými rostlinami z kalusů, axiálních a adventivních prýtů.

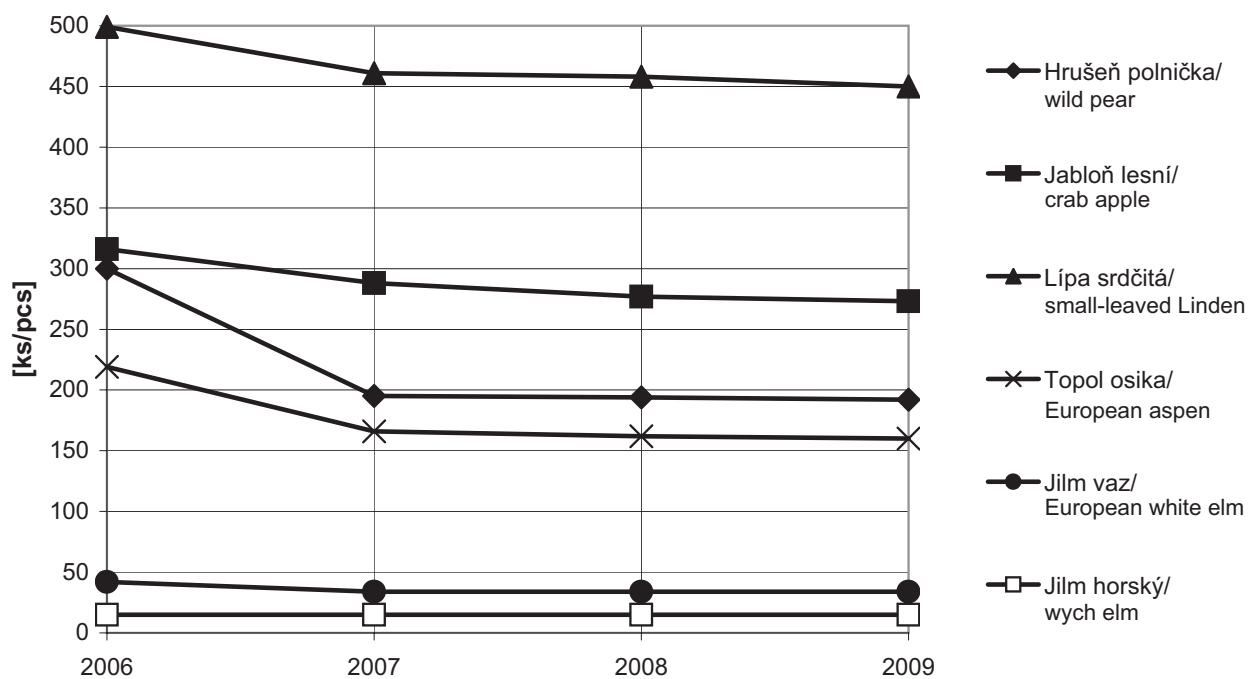
V Anglii jsou studovány i variabilita a rejuvnilizace generativních výpěstků, výpěstků z řízků a rostlin získaných mikropropagací u třešně ptačí. Tato dřevina je rovněž sledována v Německu, Anglii a ve Francii. Mezi další společně studované dřeviny patří dub letní. Explantáty získané z rozdílných klonů dubu různého stáří jsou od roku 1993 pěstovány současně výzkumnými pracovišti v Norsku,

Tab. 1.
Růstové charakteristiky výpěstků *in vitro* na demonstrační ploše Polná II
Growing characteristics of *in vitro* plantlets on research plot Polná II

Dřevina/ Tree	Rok/ Year	Vysazeno/přežívá Planted/survived		Mortalita/ Mortality	Průměrná výška/ Average height	Průměrný přírůst/ Average growth
		[ks/pcs]		[%]	[cm]	[cm]
Hrušeň polnička/ wild pear	2007	300	195	35,0	106,2	-
	2008		194	0,5	100,5	-6
	2009		192	1,0	111,0	10
Jabloně lesní/ crab apple	2007	316	288	8,9	106,2	-
	2008		277	3,8	113,4	7
	2009		273	1,4	129,7	16
Lípa srdčitá/ small-leaved linden	2007	499	461	7,6	50,8	-
	2008		458	0,7	57,8	7
	2009		450	1,7	78,1	20
Topol osika/ European aspen	2007	219	166	24,2	175,2	-
	2008		162	2,4	182,1	7
	2009		160	1,2	196,3	14
Jilm vaz/ European white elm	2007	42	34	19,0	62,4	-
	2008		34	0,0	73,4	11
	2009		34	0,0	91,3	18
Jilm horský/ wych elm	2007	15	15	0,0	77,8	-
	2008		15	0,0	87,5	10
	2009		15	0,0	119,3	32

**Graf 1.**

Vývoj průměrné výšky výpěstků na výzkumné ploše Polná II
Development of average height of trees on research plot Polná II

**Graf 2.**

Vývoj počtu výpěstků na výzkumné ploše Polná II
Number of trees on research plot Polná II

Anglii a Francii. V rámci polních zkoušek se sledují fázové změny při rejuvenciaci, růstové a morfologické parametry a dále genetické vlastnosti. Tento společně koordinovaný výzkum má poskytnout informace potřebné k uvedení mikropropagačních postupů do praktického využívání. Získané údaje jsou důležité pro odpovědná rozhodnutí, která se projeví v ekologické a ekonomické sféře (MALÁ 1998).

Na výzkumných plochách Polná a Kluky v ČR nebyly při morfologickém srovnání výpěstků *in vitro* a vysazených dřevin generativního původu shledány rozdíly ve tvaru kmene, větvení nadzemní části, ani nebyla pozorována retardace růstu výpěstků *in vitro* či jejich zvýšená mortalita. Zvýšená mortalita *in vitro* výpěstků třešně ptačí na výzkumné ploše Polná byla způsobena hlodavci a nebyla tedy ovlivněna způsobem namnožení dřevin (CVRČKOVÁ et al. 2007).

MEIER-DINKEL (1997) popisuje také velmi podobný růst *in vitro* a generativních sazenic břízy ve věku devět let. Generativní sazenice byly v době výsadby vyšší. Nicméně *in vitro* sazenice během posledních pěti let přerostly generativní. Nebyly ale zaznamenány statisticky významné rozdíly v růstu. Růst mikropropagovaných sazenic je podobný nebo mírně lepší než u generativních sazenic.

Od zahájení intenzivního výzkumu mikropropagačních technologií lesních dřevin bylo o vývoji výpěstků *in vitro* ve venkovních podmínkách dosaženo významných poznatků a bylo prokázáno, že rychlost a jiné parametry růstu jsou srovnatelné se sazenicemi generativního původu (BOULAY, FRANCLÉ 1977, CORNU, CHAIX 1981, MEIER-DINKEL 1997, JURÁSEK, MALÁ 2000, CVRČKOVÁ et al. 2007). Při porovnání generativně a vegetativně namnožených dřevin na ploše Polná byly růstové charakteristiky z dosavadních pozorování také srovnatelné.

ZÁVĚR

Na výzkumné ploše s hodnocenými jedinci vegetativního původu byly zjištěny analýzou variance ($\alpha = 0,05$) statisticky významné průměrné hodnoty výšek mezi většinou dřevin. Na ploše byla po výsadbě pozorována zvýšená mortalita výpěstků převážně činností hlodavců a u topolu osiky také větrem (vývraty, zlomy). V průběhu dosavadního sledování nebyla u výpěstků *in vitro* pozorována retardace jejich růstu ani zvýšená mortalita.

Dřeviny *in vitro* původu jsou v ČR vysazeny i na dalších experimentálních výsadbách, jejichž hodnocení se připravuje. Předpokládá se, že *in vitro* výpěstky na výzkumné ploše, která je předmětem tohoto sdělení, ale i na dalších založených plochách budou sledovány i nadále, aby mohly být získány údaje o charakteru jejich růstu i v pozdějším věku.

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru MZE0002070203.

LITERATURA

- AHUJA M. R. 1987. Somaclonal variation. In: Bonga J. M., Durzan D. J. (eds.): Cell and Tissue Culture in Forestry, 1: 272-285.
- BOULAY M., FRANCLÉ A. 1977. Recherches sur la propagation vegetative de Douglas (*Pseudotsuga menziesii* (MIRB.) FRANCO). Possibilités d'obtention de plante viables a partir de la culture *in vitro* de bourgeons de pieds – meres juveniles. CR Acad. Sci., 284: 1405-1407.
- CORNU D., CHAIX C. 1981. Multiplication par culture *in vitro* de merisiers adultes (*Prunus avium*). In: Proc. IUFRO Sect S2 01. 5th Int. Workshop „In Vitro“ Cultivation for Tree Species, Fontainebleau, France: 71-79.
- CVRČKOVÁ H., MALÁ J., MÁCHOVÁ P., NOVOTNÝ P. 2007. Růst a vývoj výpěstků *in vitro* třešně ptačí (*Prunus avium* /L./ L.) a dubu letního (*Quercus robur* L.) na demonstračních plochách. Zprávy lesnického výzkumu, 52/2: 123-131.
- ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Vydavatelství pro normalizaci a měření 1998: 20 s.
- ČSN 48 2115 Změna Z1. Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Vydavatelství pro normalizaci a měření 2002: 16 s.
- DOSTÁL J., NOVOTNÝ P., CVRČKOVÁ H. 2010. Růst a vývoj výpěstků *in vitro* jilmů (*Ulmus*) na demonstrační ploše „Polná“ ve srovnání se sazenicemi generativního původu. Zprávy lesnického výzkumu, 55/2: 115-120.
- HAMMATT T. 1999. Delayed flowering and reduced branching in micropropagated mature wild cherry (*Prunus avium*, L.) compared with rooted cuttings and seedlings. Plant Cell Rep., 18: 478-484.
- JURÁSEK A., MALÁ J. 2000. Zkušenosti s kvalitou sadebního materiálu z autovegetativního množení při pěstování ve školce a při obnově lesa. In: Kontrola kvality reprodukčního materiálu lesních dřevin. Opočno 7. – 8. 3. 2000: 81-90.
- MALÁ J. 1998. Biotechnologické metody množení a šlechtění lesních dřevin. Závěrečná zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 52 s.
- MALÁ J. 2001. Zpracování a aktualizace biotechnologických metod množení a šlechtění lesních dřevin. Výroční zpráva. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 11 s.
- MALÁ J., CVRČKOVÁ H., MÁCHOVÁ P., ŠÍMA P. 1999. Využití mikropropagace při záchraně cenných populací ušlechtitelských listnatých dřevin. Zprávy lesnického výzkumu, 4: 6-10.
- MEIER-DINKEL A. 1997. Results of field trials with micropropagated *Betula*, *Quercus* and *Prunus* trees under consideration of phase changes. In: COST 822 4th Meeting of the Working Group 3 on „Identification and control of phase changes in rejuvenation“. Sborník z mítinku, Nitra 15. – 19. 10. 1997, s. 80-82. Institute of Plant Genetics, Slovak Academy of Sciences: 110 s.
- Zákon č. 149/2003 Sb., o uvádění do oběhu reprodukčního materiálu lesních dřevin lesnickými významnými druhy a umělých kříženců, určeného k obnově lesa a k zalesňování, a o změně některých souvisejících zákonů (zákon o obchodu s reprodukčním materiálem lesních dřevin). Sbírka zákonů Česká republika, 2003, č. 57: 3279-3294.

COMPARISON OF *IN VITRO* PLANTS WITH GENERATIVE PLANTS ON THE DEMONSTRATION PLOT „POLNÁ II“

SUMMARY

Actual trend which can provide enough production of wood mass is “clonal forestry” i. e. cultivation of elite genotypes multiplying by biotechnical propagation. Monitoring of *in vitro* plant growth and development takes place in outdoor conditions with regard to trees longevity for relatively short time (20 – 30 years). Monitoring of *in vitro* plant growth and development started in the Czech Republic in 1994.

The purpose of this paper is the evaluation of biometric measurement of six-year-old trees on the plot Polná II, statistic evaluation of results and comparison with foregone measurements.

The growth comparison of plantlets and seedlings was calculated by analysis of variance (ANOVA). There are differences between *in vitro* plants but no differences are between small-leaved linden – European white elm, European white elm – wych elm on 95% significance level. Increased mortality of seedlings, caused by rodents, was observed in some years. Retardation or increased mortality of *in vitro* plants was not observed.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jaroslav Dostál, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 257 892 266; e-mail: dostal@vulhm.cz

PŘIROZENÍ NEPŘÁTELÉ A BIOLOGICKÝ BOJ S *DENDROCTONUS MICANS*: REVIEWNATURAL ENEMIES AND BIOLOGICAL CONTROL OF *DENDROCTONUS MICANS*: REVIEWKAROLÍNA LUKÁŠOVÁ¹⁾ - JAROSLAV HOLUŠA²⁾¹⁾ Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Praha²⁾ Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

ABSTRACT

The Eurasian spruce bark beetle *Dendroctonus micans* is a major pest of spruce, which is expanding its range mainly in Turkey, Georgia, England and France. Pathogens and predators are the main tool for biological control program of this pest. Now there is good evidence that predator *Rhizophagus grandis* is established in Turkey and other countries and is important in regulating of *D. micans* abundance. There are several ways to use entomopathogenic algae *Helicosporidium* sp. as biological control agents, but it is necessary to explain the possibility of transmission between *R. grandis* and *D. micans*.

Klíčová slova: *Dendroctonus micans*, biologický boj, patogeny, *Rhizophagus grandis*, chov

Key words: *Dendroctonus micans*, biological control, pathogens, *Rhizophagus grandis*, rearing

ÚVOD

Rod *Dendroctonus* zahrnuje přibližně 20 popsáných druhů. Většina z nich patří k největším škůdcům jehličnanů severní a střední Ameriky. Lýkohub smrkový *Dendroctonus micans* (Kugelann, 1794), původně druh se severoeurasijským areálem výskytu (od Islandu až po Sachalin a severní Japonsko na východě a v severní a západní Evropě), se během posledních sto let postupně rozšiřoval zřejmě spolu se zvýšením obchodu s kulatinou. Dnes se vyskytuje ve všech oblastech s růstem smrku v Evropě a v Asii (ACATAY 1968, AKINCI et al. 2009, AVERBEKE, GRÉGOIRE 1995, BEJER 1985, BEVAN, KING 1983, GRÉGOIRE 1988, KOBACHIDZE 1967, KOBACHIDZE et al. 1968), což svědčí o dobrých expanzních schopnostech.

D. micans využívá široké spektrum jehličnanů, které limitují jeho rozšíření: jedná se především o *Picea* spp., *Abies* spp., *Larix* spp., *Pinus* spp. a *Pseudotsuga* spp. (CARLE 1975, GRÉGOIRE 1988). Dva nejdůležitější hostitelské druhy v západní Evropě jsou smrk ztepilý *Picea abies* (L.) KARST. a smrk sitka *Picea sitchensis* (BONG.) CARR., na východě dominuje smrk východní *Picea orientalis* (L.) LINK. (KOBACHIDZE et al. 1968). Při hodnocení ohrožení zdraví rostlin světovými kůrovci je *D. micans* řazen po *Ips typographus* (Linnaeus, 1798) a *Ips amitinus* (Eichhoff, 1871) jako třetí nejvážnější škůdce (MARCHANT, BORDEN 1976).

D. micans byl zjištěn na *P. abies* již v roce 1794 (BRICHET, SEVERIN 1903), ale do roku 1852 byl jeho destruktivní potenciál podceňován. Od té doby postupně došlo k zvyšování počtu zaznamenaných gradací v západním Německu. V roce 1897 se objevil v Belgii, kde zapříčinil silné ztráty na smrku v letech 1897 - 1900 (SEVERIN 1902). Jihozápadní rozšíření v Belgii bylo přičteno převažujícím severovýchodním větrům (BRICHET, SEVERIN 1903). V Dánsku byl poprvé

objeven roku 1861, první vážná gradace vznikla na počátku 20. století. V roce 1935 byl zaznamenán v Holandsku (BROWN, BEVAN 1966). Při studiu nové gradace *D. micans* ve Francii vznikla domněnka, že epidemická populace brouků je spojena s čelem expandující populace (CARLE et al. 1979).

D. micans primárně nezpůsobuje vážná poškození a mortalitu stromů, ale v kombinaci s účinky dalších faktorů (kvalita půdy, sucho, klima) může být pro strom letální (ROLLAND, LEMPÉRIÈRE 2004). Vznik gradace je nejčastěji spojován s obdobími extrémního sucha. Pokud se vyskytnou více než ve dvou následujících sezonách, silně oslabují hostitelské stromy a činí je atraktivní pro napadení brouků. Nejlépe dokumentovaná studie této asociace byla provedena v Dánsku, kde se objevily gradace v letech 1947 - 1949 a 1960 - 1961, které proběhly v důsledku opakovaných letních i zimních období sucha (BEJER 1985). Dalšími faktory byly prudký nárůst plochy *P. sitchensis* (větší ztráty než na *P. abies*) vhodného věku a rozvíjející se možnosti obchodu se dřívím.

Ve Velké Británii byl potenciál *D. micans* jako škůdce smrku po mnoho let sledován (BROWN, BEVAN 1966), ačkoli nebyl nikdy zaznamenán během inspekce zdravotního stavu rostlin v britských přístavech. Na příkladu lýkožrouta smrkového a několika severoamerických druhů *Dendroctonus* bylo předpokládáno, že *D. micans* mohl dosáhnout Velké Británie pomocí transportu dříví (WINTER, BURDEKIN 1987). Po objevení *D. micans* na smrku sitka poblíž Ludlow v roce 1982 následovaly další nálezy v okolních lesích (BEVAN, KING 1983, FIELDING et al. 1991a). V Británii je strom napadán v kterékoli jeho části, od kořenového systému až po horní část koruny. To je v kontrastu se situací známou v Evropě, kde se napadení vyskytuje blízko báze stromů (FIELDING et al. 1991a).



Obr. 1.
 Pryskyříčná směs kolem závrťového otvoru *Dendroctonus micans* na *Picea orientalis*
 Resinous mixture around the entrance hole of *Dendroctonus micans* on *Picea abies*



Obr. 2.
 Ruční výroba rýhy v čerstvém špalku *Picea orientalis* pro chov *Dendroctonus micans* a *Rhizophagus grandis*
 Handmade trench in the fresh log for rearing *Dendroctonus micans* and *Rhizophagus grandis*

Zatímco v západní Evropě jsou známa obecně krátká období intenzivní aktivity *D. micans*, v Gruzii došlo ke kontinuálnímu narůstajícímu napadení lesů. Od prvního zaznamenání mezi lety 1957 a 1963 bylo silně napadeno více než 100 000 ha *P. orientalis* (KOBACHIDZE et al. 1970). Postupné šíření *D. micans* od východu na západ se současnou jižní expanzí do Gruzie v roce 1957 a Turecka v roce 1966 (ACATAY 1968) ukazuje, že brouci mají dobře vyvinutou schopnost se pohybovat a využívat původně nenapadené smrkové lesy.

Předpokládá se, že *D. micans* má výborné letové schopnosti (FORSSE 1989), vzdálenost letu může být výrazně nižší tam, kde je hustota hos-

titelských stromů vyšší (GILBERT, GRÉGOIRE 2003). Dospělec požaduje pro iniciační start teplotu 21 – 23 °C (VOULAND et al. 1985), tyto teploty nejsou v zapojených smrkových porostech běžné a výskyt *D. micans* je tak důsledkem především lokálního šíření.

V Evropě se ekonomicky významné škody vyskytují v rozsáhlých lesích Arden (GRÉGOIRE 1984). Podle nařízení Evropské komise (ES) č. 690/2008 jsou uznány jako „chráněné zóny“ *D. micans* v Evropské unii: Řecko, Spojené království (Severní Irsko, ostrov Man a Jersey), kde je zdravotní stav rostlin vystaven zvláštnímu ohrožení.



Obr. 3.
 Detail rýhy s dospělými brouky *Dendroctonus micans* po odstranění vosku při ukončení chovu
 Trench detail with adult beetles of *Dendroctonus micans* after removal of wax at the end of rearing



Obr. 4.
 Dospělci *Rhizophagus grandis* vychovaní v laboratoři před determinací pohlaví a inokulací do terénu
Rhizophagus grandis adults bred in the laboratory before sex determination and inoculation in field

BIONOMIE

Brouci se rozmnožují pod kůrou a před vylétnutím jsou zcela chitinizováni. Typický je poměr pohlaví 1 samec na 10 samic, přičemž samice jsou zřejmě oplodňovány příbuznými samci (incestní páření). Páření před opuštěním stromu vylučuje potřebu samic lákat samce, proto není znám žádný agregační feromon u dospělců (BEVAN, KING 1983, GRÉGOIRE 1983). Dospělci mohou zůstat pod kůrou delší dobu, dokud nejsou podmínky vhodné k vylétnutí. V těchto případech minují ve skupinách v původních požercích. Samice napadají převážně nové stromy, méně pak nenapadené části hostitelského stromu (GILBERT et al. 2001). Disperze vede k napadení malých skupin stromů v lesních porostech a teritoriální expanzi. Teplotní práh pro let je 21 – 23 °C (EVANS et al. 1984, VOULAND et al. 1985), místy dokonce 20 °C (FIELDING, EVANS 1997).

Výběr stromů vhodných k vývoji souvisí se stupněm lignifikace borky, která zabraňuje larvám plně využít kambium (WAINHOUSE et al. 1990). Je prokázáno spojení mezi napadením a infekcí houbami *Heterobasidion annosum* (Fr.) BREF. a *Armillaria* sp. (Grégoire 1988).



Obr. 5.
Dospělí brouci *Dendroctonus micans* z chovných špalků
Adult beetles of *Dendroctonus micans* from the rearing logs



Obr. 7.
Larvy *Rhizophagus grandis* po úspěšné inokulaci do ohniska přemnožení *Dendroctonus micans*
Rhizophagus grandis larvae after successful inoculation in the outbreak area of *Dendroctonus micans*

První útok se často nachází v okolí ran na stromech, kde dochází ke snížení tlaku pryskyřic. Samice se prokouše skrz borku až k lýku, vytvoří matečné chodby, začne klást vajíčka a přitom odstraňuje akumulovanou pryskyřici. Směs vytlačené pryskyřice s trusem vytváří na povrchu stromu kolem závrtového otvoru purpurové hnědou růžici charakteristickou pro tento druh (obr. 1). Samice naklade do vaječné komůrky 100 - 150 vajíček, pokryje je trusem a organickými zbytky. Poté hloubí další komůrku na stejném místě (vznik míst s různě rozvinutými larválními stadii) či výjimečně na jiném hostitelském stromě (FIELDING, EVANS 1997).

Vylíhlé larvy žerou pohromadě v jednotném žíru, což zajišťuje produkce agregačního feromonu (trans-*a* cis-*verbenol*, *verbenon* a *myrtenol*) (GRÉGOIRE et al. 1982, DENEUBOURG et al. 1990). Podobné chování bylo zaznamenáno u dvou severoamerických druhů: *D. valens* (LeConte 1860) a *D. terebrans* (Olivier 1795) (Grégoire 1988). Tato strategie pomáhá larvám překonat pryskyřičné obranné reakce hostitelského stromu. Velikost rozmnožovací plochy závisí na počtu larev. Největší rozmnožovací plocha dosahuje 30 – 60 cm délky a 10 – 20 cm šířky. Trus, detrit a dokonce mrtvá těla jsou důsledně shromažďovány v ostrůvcích za čelem žíru. Toto chování může pomáhat omezovat šíření nemoci (FIELDING, EVANS 1997).

Rozlišujeme 5 larválních instarů (GRÉGOIRE, MERLIN 1984), dospělé larvy si vytvářejí jednotlivé kukelní komůrky. Přezimovat mohou larvy i dospělci. Délka cyklu se liší podle klimatu: 10 – 12 měsíců ve Velké



Obr. 6.
Chov *Rhizophagus grandis* v laboratoři Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü
Rearing of *Rhizophagus grandis* in the laboratory Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü

Británii (KING, FIELDING 1989), 12 - 15 měsíců v Turecku a Gruzii a až 2 roky ve Skandinávii (GRÉGOIRE 1988).

PŘIROZENÍ NEPŘÁTELE

Mortalitu *D. micans* ovlivňují jak biotické, tak abiotické faktory. Jedním z nejdůležitějších predátorů redukujících populace *D. micans* během přezimování je strakapoud velký *Dendrocopos major* (Linnaeus, 1758). Vzhledem k tomu, že larvy žijí pohromadě a dospělci pod relativně slabou borkou, představuje pro ptáky lehce dostupnou potravu (FIELDING, EVANS 1997).

Běžný parazitoid kukel smoláků (*Pissodes* spp.) *Dolichomitus terebrans* (Ratzeburg, 1844) (Ichneumonidae) se v gradačních oblastech Británie úspěšně adaptoval na *D. micans* a je hojně nalézán v jeho požercích (FIELDING, EVANS 1997). Tito přirození nepřátelé však nemohou být považováni za faktor výrazně ovlivňující populační hustoty škůdce.

Lesknáček *Rhizophagus grandis* (Gyllenhal, 1827) je významný specifický a přirozený predátor využívaný v biologickém boji s *D. micans* v euroasijském areálu (KING, EVANS 1984, GRÉGOIRE et al. 1985, FIELDING et al. 1991b, FIELDING, EVANS 1997, YUKSEL 1997). První umělý chov a vypuštění tohoto predátora bylo realizováno v roce 1963 v Gruzii a stále trvá, protože *R. grandis* je považován za hlavní faktor redukující vážné gradace *D. micans* v rozsáhlých lesích *P. sitchensis* (KOBACHIDZE et al. 1970). Podobný program začal ve Francii v roce 1983. V Belgii v přirozeně se vyskytující populaci se předpokládá, že *R. grandis* udržuje *D. micans* v latenci.

Dospělci *R. grandis* vyhledávají požerky *D. micans* pomocí chemických látek vylučovanýchmi larvami (GRÉGOIRE et al. 1991). Pod kůrou poté požírají jak vajíčka, tak larvy. Pokud jsou přítomny larvy *D. micans*, začnou se dospělci pářit a klást vajíčka. Dospělci *R. grandis* poraní larvy *D. micans*, aby mohlo jejich potomstvo začít úživný žír. Nejdříve dojde k agregaci larev predátora a poté ke konzumaci měkkých částí těla larev. Vývojový cyklus *R. grandis* zahrnuje tři instary a ve stadiu prepupy opouští požerky kořisti. Po vypadnutí ze stromu se zahrabají do půdy a kuklí se (FIELDING, EVANS 1997).

CHOV A INTRODUKCE RHIZOPHAGUS GRANDIS V TURECKU

Samotnému chovu *R. grandis* předchází odchov *D. micans* (obr. 5). V Turecku se tato metoda provádí v sedmi laboratořích. Používají se čerstvé špalvy *P. orientalis* (živý substrát pro larvy, rozměr cca 60 x 20 cm), na které se do rýhy po obvodu (obr. 2) přidá vždy 5 samců a 10 samic *D. micans*. Špalvy jsou umístěny ve velkých mělkých plastových nádobách s pískem (ten je vždy před použitím převařen, aby nedošlo k infekci patogenními houbami). Zhruba po měsíčním vývoji v požercích při 20 °C a 50% vlhkosti získáme larvy, které se pak dále využívají na chov predátora.

Na chov *R. grandis* se používají špalvy *P. orientalis* (kůra cca 0,5cm) o rozměru (40 x 20 cm) postavené v nádobách (viz výše) se sterilizovaným pískem. Do špalků se kolem dokola pomocí dláta vytvoří žlábek, do kterého se nasypou 2 samci a 4 samice *D. micans*. Do vzniklého otvoru se přidá voda a drtinky. Poté se vrchní část špalku zalije voskem (obr. 3). Špalvy poté inkubují při teplotě 20 °C a 60% vlhkosti (obr. 6). Po dosažení 1. nebo 2. instaru larev *D. micans* (přibližně 1 týden) jsou přidání dospělci brouci *R. grandis*. Larvy se poté vyvíjejí v požercích *D.*

micans až do stadia prepupy (přibližně 2 měsíce), kdy vypadávají ze špalků do písku. Malé procento brouků zůstává pod kůrou. Prepupy jsou pravidelně odebírány a do stadia imag dochováni v plastových nádobkách při teplotě 4 °C (obr. 4). Tyto vzorky je možno uchovávat až 6 měsíců bez negativních dopadů na brouky. Ze 100 špalků lze získat více než 30 000 imag.

Determinace pohlaví se provádí pomocí znaků na tergitech. Vypouštění do terénu se provádí v červnu a na přelomu července a srpna. Brouci jsou aplikováni v množství odpovídajícímu objemu napadených stromů. Nejprve se nasekne borka nad čerstvým závrtm *D. micans*, do kterého se vloží 2 samce a 4 samice *R. grandis*. Naseknutá borka se přiloží zpátky a zatře voskem. Následně dochází k namnožení predátora v existujících požercích *D. micans* (obr. 7). Na každé lokalitě vypouštění se zanechávají kontrolní stromy.

Redukce *D. micans* pomocí inokulací predátora na napadené stromy lze očekávat až po několika generacích predátorů. Bylo prokázáno roční rozšíření *R. grandis* přibližně o 200 m (TVARADZE 1977, GRÉGOIRE et al. 1985, 1989, EVANS, KING 1989, FIELDING et al. 1991b, AVERBEKE, GRÉGOIRE 1995). Vysokého obsazení požerků bylo dosaženo i v Gruzii a Francii. V Gruzii však došlo k úplnému potlačení populace *D. micans* až po 7 – 10 letech, kdy během gradace bylo kolonizováno až 78 % požerků, v průměru 50 % požerků bylo kolonizováno v Belgii (EVANS, KING 1988, AVERBEKE, GRÉGOIRE 1995). Pro úspěšné potlačení gradace je pravděpodobně důležitější hustota stromů než početnost predátora (AVERBEKE, GRÉGOIRE 1995).

PATOGENNÍ ORGANISMY

Doposud bylo provedeno jen několik studií nemocí *D. micans*. Kromě parazitické řasy *Helicosporidium* sp., byly zjištěny další tři skupiny patogenů, kvasinka *Metschnikowia typographi* (WEISER et al., 2003), neogregarina *Mattesia* sp. a hlístice (Nematoda) na celkem pěti lokalitách v Turecku. Tyto patogeny se vyskytovaly v různých frekvencích a různých kombinacích na všech studovaných lokalitách (YAMAN, RADEK 2008).

V hemolymfě *D. micans* byl potvrzen výskyt hlístic (Nematoda). Infekční hladina se pohybovala mezi 9,1 - 44,1 % nakažených jedinců. Protože se ve všech případech jednalo o juvenilní formy, nebylo možné je identifikovat na úrovni druhu resp. rodu (YAMAN, RADEK 2008). Druhové složení a vliv hlístic na kůrovce byl studován na příbuzných druzích (rod *Dendroctonus*), podle získaných výsledků přítomnost hlístic ovlivňuje tvorbu matečných chodeb, plodnost a životaschopnost vajíček (MACGUIDWIN, SMART 1979, THONG, WEBSTER 1975, 1983). Vzhledem k podobným životním cyklům a zjevné úzké příbuznosti těchto hostitelů předpokládáme srovnatelné negativní vlivy na brouky (RÜHM 1956, MEIRMANS et al. 2006). Prevalence brouků infikovaných hlísticemi se snižuje s klesajícími teplotami vzduchu a vlhkosti pro-středí (RÜHM 1956).

Kvasinka *Metschnikowia* sp. je příležitostný patogen v hemolymfě a střevním epitelu. Brouci infikovaní *Metschnikowia* sp. byli nalezeni na třech lokalitách v Turecku (nejvyšší hladina infekce 50 %) (YAMAN, RADEK 2008).

Ze skupiny neogregarin byly identifikovány pouze sporocysty rodu *Mattesia* v tukovém tělese brouků na dvou studovaných lokalitách. Hladina infekce byla nízká, pohybovala se od 0,7 do 4,4 % (YAMAN, RADEK 2008). Brouci postižení touto nákazou mají tukové těleso vyplněné člunkovitými sporami a často zůstávají v matečných chodbách. Předpokládá se, že vyletují pouze nově nakažení jedinci (WEISER 2002). Onemocnění způsobuje během merogonie a sporogonie patogena lýzi buněk tukového tělesa (KLEESPIES et al. 1997, PERKINS 2000), čímž zřejmě zvyšuje úmrtnost přezimujících jedinců.

U *D. micans* nebyla zaznamenána žádná nákaza mikrosporidii, i když je tato skupina patogenů u jiných druhů příbuzných kůrovců nejběžnější (WEGENSTEINER et al. 1996, WEISER 1970, WEISER ET AL. 2000, 2002, HÄNDEL et al. 2003, HÄIDLER et al. 2003, KOHLMAYR et al. 2003, WEGENSTEINER 2004, HOLUŠA et al. 2007). Například *Nosema dendroctoni* (Weiser, 1970), *Ophryocystis dendroctoni* (Weiser, 1970) a *Chytridiopsis typographi* (Weiser, 1954) byly nalezeny u *Dendroctonus pseudotsugae* (Hopkins, 1905) (WEISER 1970), a *Unikaryon minutum* (Knell et Allen, 1978) v *Dendroctonus frontalis* (Zimmermann, 1868) (KNELL, ALLEN 1978).

V Turecku byla zaznamenána eugregarina *Gregarina typographi* (Fuchs, 1915) infikující *Ips sexdentatus* (Boerner, 1776). Nákaza byla potvrzena na místech společného výskytu s *D. micans*, přenos infekce však nebyl dokázán (YAMAN 2007, YAMAN, RADEK 2008). V Turecku byla u *D. micans* zjištěna patogenní řasa *Helicosporidium* sp. (Chlorophyta: Trebouxiophyceae) s průměrnou hladinou infekce 9 %. Studované lokality se v infekčních hladinách lišily (infekce dosahovala i 71,4 %), stejně jako infekce v jednotlivých sezónách (YAMAN 2008). Patogen se vyznačuje mnohobuněčnými, ale malými cystami, obsahujícími tři vejčité spory, které jsou uzavřeny helikálními vláknitými buňkami. Jedná se o první entomopatogenní řasu popsanou u bezobratlých živočichů (TARTAR et al. 2002). Infikuje různé druhy hmyzu, roztoče, perloočky, a motolice (AVERY, UNDEEN 1987, KELLEN, LINDEGREN 1974, PEKKARINEN 1993, PURRINI 1984, SAYRE, CLARK 1978). Samci mají prokazatelně vyšší procento nakažených jedinců než samice. K přenosu infekce dochází během rojení brouků mateřské generace (YAMAN 2008). Infekce může vyvolat závažné patogenní účinky, jako je ztráta mobility hostitele (KEILIN 1921), snížená životaschopnost a počet nakladených vajíček, malformace křídel dospělců (BLÄSKE, BOUCIAS 2004) a vyšší úmrtnost (BOUCIAS et al. 2001).

Schopnost *Helicosporidium* sp. vyvolat patogenní účinky u hmyzu (BOUCIAS et al. 2001, BLÄSKE, BOUCIAS 2004, SEIF, RIFAAT 2001) by mohla být dalším nástrojem biologického boje. Larvy *D. micans* jsou citlivější k infekci *Helicosporidium* sp. a při naze hynou před dosažením dospělosti. Na základě vysoké infekce v populaci předpokládáme, že *Helicosporidium* sp. může být jeden z faktorů přirozeně redukcující populace *D. micans* v přirozených podmínkách (YAMAN 2008).

Aplikaci *Helicosporidium* sp. jako biologické agens proti *D. micans*, může být potlačen vliv přirozeného predátora. Tato řasa byla totiž popsána i u *R. grandis* a to, jak v dospělých (YAMAN, RADEK 2007) tak u larev (23 %) a kulek (6,25 %) (YAMAN et al. 2009).

Další experimenty by měly objasnit možnosti přímého přenosu *Helicosporidium* sp. mezi oběma druhy požitím infikovaných larev a otestovat patogenní účinky na infikovaných predátorech (YAMAN, RADEK 2005). Je také nutné, aby larvy *D. micans* určené pro chov *R. grandis* byly shromažďovány z neinfikovaných oblastí, aby nedocházelo k oslabení populace predátora.

Z dospělců *D. micans* bylo izolováno přibližně 20 kmenů patogenních hub (*Evlachovaea* sp., *Lecanicillium muscarium* (Petch), Zare, Gams, 2001), *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin, 1883), *Isaria farinosa* (Holmsk) Fries, 1832), *Isaria fumosorosea* (Wize) Brown et Smith, 1957), *Fusarium* sp., *Beauveria bassiana* sensu lato (Balsamo) Vuillemin 1912) a *Beauveria* sp. Mortalita larev (citlivější 83 – 100 %) i dospělců (23 – 100 %) byla sledována aplikací postřiku v laboratorních podmínkách (SEVIM et al. 2010, TANYELI et al. 2010). Izoláty ARSEF 9271 (93% úmrtnost a mykóza u dospělců), ARSEF 9272 (100% mortalita a 80% mykóza do 10 dnů) (TANYELI et al. 2010) a izolát *B. cf. bassiana* KTU-53 uspěly jako nejslibnější houbové prostředky v potenciální biologické kontrole *D. micans* (SEVIM et al. 2010, TANYELI et al. 2010).

BAKTERIE

Doposud bylo napsáno relativně málo prací zabývajících se entomopatogenními bakteriemi u kůrovců (WEGENSTEINER 2004). V Turecku bylo z dospělců izolováno šest druhů bakterií (*Bacillus pumilus* (Meyer et Gottheil, 1901), *Enterobacter intermedius* (Izard et al., 1980), *Citrobacter freundii* (Braak 1928) (Werkman, Gillen 1932), *Cellulomonas flavigena* (Kellerman et McBeth 1912) (Bergey et al., 1923), *Microbacterium liquefaciens* (Collins et al., 1983) (Takeuchi, Hatano 1998) a *Enterobacter amnigenus* (Izard et al., 1981) (YAMAN et al., 2010). Tři druhy bakterií byly izolovány z jeho specifického predátora (*Klebsiella pneumoniae* (Schroeter, 1886) (Trevisan 1887), *Pantoea agglomerans* (Erwing et Fife, 1972) (Gavini et al. 1989) a *Serratia grimesii* (Grimont et al. 1983). Experimentální infekce přinesly za laboratorních podmínek slibné výsledky. Zde jmenované druhy bakterií mají insekticidní účinky na larvy (mortalita 15 – 74 %) i dospělce. Všechny izolované bakterie měly letálnější účinky u larev než u dospělců (s výjimkou *S. grimesii*) (YAMAN et al. 2010). Po provedení terénních pokusů bude možné tyto druhy používat v biologickém boji (YILMAZ et al. 2006, YAMAN et al. 2010). Nejtoxičtějšími bakteriemi jsou *C. freundii* způsobujícími mortalitu 74 % infikovaných larev, *E. intermedius* vykazující více než 50% mortalitu u dospělců i larev (YAMAN et al. 2010). Potvrzen byl výskyt *Bacillus thuringiensis* (Berliner, 1915) (IMNADZE 1978, YILMAZ et al. 2006).

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení projektu NAZV QH81136 „Studium a optimalizace skutečné efektivity obranných opatření proti lýkožroutu smrkovému v různých gradačních fázích“.

LITERATURA

- ACATAY A. 1968. Türkiye'de yeni bir ladin tahripçisi, *Dendroctonus micans* KUG. Ý.Ü. Orman Fak. Der., 18: 18-36.
- AKINCI H. A., OZCAN G. E., EROLGU M. 2009. Impact of site effects on losses of oriental spruce during *Dendroctonus micans* (KUG.) outbreaks in Turkey. African Journal of Biotechnology, 8: 3934-3939.
- AVERBEKE A., GRÉGOIRE J. C. 1995. Establishment and spread of *Rhizophagus grandis* GYLL (Coleoptera: Rhizophagidae) 6 years after release in the Forêt domaniale du Mézenc (France). Annals of Forest Science, 52: 243-250.
- AVERY S. W., UNDEEN A. H. 1987. Some characteristics of a new isolate of *Helicosporidium* and its effect upon mosquitoes. Journal of Invertebrate Pathology, 49: 246-251.
- BEJER B. 1985. *Dendroctonus micans* in Denmark. In: Grégoire J.-C., Pasteels J. M. (eds.): Biological control of bark beetles (*Dendroctonus micans*). Brussels, Belgium. Commission of the European Communities: 2-19.
- BEVAN D., KING C. J. 1983. *Dendroctonus micans* KUG. – a new pest of spruce in the U. K. Commonwealth Forestry Review, 62: 41-51.
- BLÄSKE V. U., BOUCIAS D. G. 2004. Influence of *Helicosporidium* spp. (Chlorophyta: Trebouxiophyceae) infection on the development and survival of three noctuid species. Environmental Entomology, 33: 54-61.
- BOUCIAS D. G., BECNEL J. J., WHITE S. E., BOTT M. 2001. In vivo and in vitro development of the protist *Helicosporidium* sp. The Journal of Eukaryotic Microbiology, 48: 460-470.
- BRICHET O., SEVERIN G. 1903. Le *Dendroctonus micans*. Dégats, moyens préventifs et destructifs. Bulletin de la Société Centrale Forestière de Belgique, 10: 244-261.
- BROWN J. M. B., BEVAN D. 1966. The great spruce bark beetle *Dendroctonus micans* in north west Europe. Forestry Commission Bulletin No. 38. London Her Majesty's Stationery Office: 41 s.
- CARLE P. 1975. *Dendroctonus micans* KUG. (Col: Scolytidae), l'hyalésine géant ou dendroctone de l'épicéa (note bibliographique). Revue Forestière Française, 27: 115-128.
- CARLE P., GRANET A. M., PERROT J. P. 1979. Contribution à l'étude de la dispersion et de l'agressivité chez *Dendroctonus micans* KUG. en France. Mitteilungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft, 52: 185-196.
- DENEUBOURG J. L., GRÉGOIRE J. C., LE FORT E. 1990. Kinetics of larval gregarious behavior in the bark beetle *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytidae). Journal of Insect Behavior, 3: 169-182.
- EVANS H. F., KING C. J. 1988. *Dendroctonus micans*: guidelines for forest managers. For. Comm. Res. Inf. Note, 128: 1-8.
- EVANS H. F., KING C. J. 1989. Biological control of *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytidae): British experience of rearing and release of *Rhizophagus grandis* (Coleoptera: Rhizophagidae). In: Kulhavy D. L., Miller M. C. (eds.): Potential for Biological Control of *Dendroctonus* and *Ips* bark beetles. Stephen F. Austin University Press, Nacogdoches, TX: 109-128.
- EVANS H. F., KING C. J., WAINHOUSE D. 1984. *Dendroctonus micans* in the United Kingdom. The result of two years experience in survey and control. In: Proceedings of the EEC Seminar on the Biological Control of Bark Beetles (*Dendroctonus micans*). Brussels, s. 20-34.
- FIELDING N. J., EVANS H. F. 1997. Biological control of *Dendroctonus micans* (Scolytidae) in Great Britain. Biocontrol, 18: 51N – 60N.
- FIELDING N. J., EVANS H. F., WILLIAMS J. M., EVANS B. 1991a. The distribution and spread of the great European spruce bark beetle, *Dendroctonus micans*, in Britain – 1982 to 1989. Forestry, 64: 345-358.
- FIELDING N. J., O'KEEFE T., KING C. J. 1991b. Dispersal and host-finding capability of the predatory beetle *Rhizophagus grandis* GYLL. (Col: Rhizophagidae). Journal of Applied Entomology, 112: 89-98.
- FORSSE E. 1989. Flight duration of eleven species of bark beetles (Scolytidae) and observations of aerial height distribution. Ph.D. thesis. Swedish Agricultural University, Uppsala, Sweden.
- GILBERT M., GRÉGOIRE J. C. 2003. Site condition and predation influence a bark beetle's success: a spatially realistic approach. Agricultural and Forest Entomology, 5: 87-96.
- GILBERT M., VOULAND G., GRÉGOIRE J. C. 2001. Past attacks influence host selection by the solitary bark beetle *Dendroctonus micans*. Ecological Entomology, 26: 133-142.
- GRÉGOIRE J. C. 1983. Host colonization strategies in *Dendroctonus*: larval gregariousness or mass attack by adults? In: Safranyik L. (eds.): The role of the host in the population dynamics of forest insects. Victoria. British Columbia. Canadian Forestry Service and USDA Forest Service: 147-154.
- GRÉGOIRE J. C. 1984. *Dendroctonus micans* in Belgium: the situation today. In: Grégoire, J. C., Pasteels J. M. (eds.): Biological control of bark beetles (*Dendroctonus micans*). Brussels, Belgium. Commission of the European Communities: 48-62.
- GRÉGOIRE J. C. 1988. The greater European spruce beetle. In: Berryman A. A. (eds.): Dynamics of forest insect populations: patterns, causes and implications. New York. Plenum Publishing Corporation: 455-478.
- GRÉGOIRE J. C., BAISIER M., DRUMONT A., DAHLSTEN D. L., MEYER H., FRANCKE W. 1991. Volatile compounds in the larval frass of *Dendroctonus valens* and *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytidae) in relation to oviposition by the predator, *Rhizophagus grandis* (Coleoptera: Rhizophagidae). Journal of Chemical Ecology, 17: 2003-2019.
- GRÉGOIRE J. C., BAISIER M., MERLIN J., NACCACHE Y. 1989. Interactions between *Rhizophagus grandis* (Coleoptera: Rhizophagidae) and *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytidae) in the field and the laboratory: their application for the biological control of *Dendroctonus micans* in France. In: Kulhavy D. L., Miller M. C. (eds.): Potential for biological control of *Dendroctonus* and *Ips* bark beetles. Nacogdoches, Texas. Stephen F. Austin University: 95-108.
- GRÉGOIRE J. C., BRAEKMAN J. C., TONDEUR A. 1982. Chemical communication between the larvae of *Dendroctonus micans* KUG. (Coleoptera: Scolytidae). In: Les colloques de l'INRA. 7. Les médiateurs chimiques: 253-257.
- GRÉGOIRE J. C., MERLIN J. 1984. *Dendroctonus micans*: the evolution of a brood system. In: Proceedings of the EEC Seminar on the Biological Control of Bark Beetles (*Dendroctonus micans*). Brussels: 80-86.
- GRÉGOIRE J. C., MERLIN J., PASTEELS J. M., JAFFUELS R., VOULAND G., SCHVESTER D. 1985. Biocontrol of *Dendroctonus micans* by *Rhizophagus grandis* in the Massif Central (France): a first appraisal of the mass-rearing and release methods. Zeitschrift für Angewandte Entomologie, 99: 182-190.
- HAILDER B., WEGENSTEINER R., WEISER J. 2003. Occurrence of microsporidia and other pathogens in associated living spruce

- bark beetles (Coleoptera: Scolytidae) in an Austrian forest. IOBC/WPRS Bulletin, 26: 257-260.
- HÄNDEL U., WEGENSTEINER R., WEISER J., ŽIŽKA Z. 2003. Occurrence of pathogens in associated living bark beetles (Col., Scolytidae) from different spruce stands in Austria. Journal of Pest Science, 76: 22-32.
- HOLUŠA J., WEISER J., DRÁPELA K. 2007. Pathogens of *Ips duplicatus* (Coleoptera, Scolytidae) in three areas in Central Europe. Acta Protozoologica, 46: 157-167.
- IMNADZE T. S. 1978: Characteristics of strains of *Bacillus thuringiensis* serotype I isolated from bark beetles in Georgia. The Review of Applied Entomology. Series A, 68: 328.
- KEILIN D. 1921. On the life history of *Helicosporidium parasiticum* n. g., n. sp., a new species of protist parasite in the larvae of *Dashelaea obscura* WINN (Diptera: Ceratopogonidae) and in some other arthropods. Parasitology, 13: 97-113.
- KELLEN W. R., LINDEGREN J. E. 1974. Life cycle of *Helicosporidium parasiticum* in the navel orangeworm, *Paramyelois transitella*. Journal of Invertebrate Pathology, 23: 202-208.
- KING C. J., EVANS H. F. 1984. The rearing of *Rhizophagus grandis* and its release against *Dendroctonus micans* in the United Kingdom. In: Proceedings of the EEC Seminar on the Biological Control of Bark Beetles (*Dendroctonus micans*). Brussels:87-97.
- KING, C. J., FIELDING N. J. 1989. *Dendroctonus micans* in Britain – its biology and control. Forestry Commission Bulletin No. 85. London; Her Majesty's Stationery Office: 11 s.
- KLEESPIES R. G., HUGER A. M., BUSCHINGER A., NÄHRING S., SHUMANN R. D. 1997. Studies on the life history of a neogregarine parasite found in *Leptothorax* ants from North America. Biocontrol Science Technology, 7: 117-129.
- KNELL J. D., ALLEN G. E. 1978. Morphology and ultrastructure of *Unikaryon minutum* sp. n. (Microsporidia: Protozoa) a parasite of southern pine beetle, *Dendroctonus frontalis*. Acta Protozoologica, 17: 271-278.
- KOBACHIDZE D. 1967. Der Reisenbastkäfer (*Dendroctonus micans* KUG.) in Georgien (U.R.S.S.). Anzeiger für Schädlingskunde, 40: 65-68.
- KOBACHIDZE D., NISHARADZE G., IMNADZE S., KOBACHIDZE T. 1968. Über die Dispersion der Neuansiedlung von *Dendroctonus micans* KUG. auf *Picea orientalis* LINK. in der Borschomer Schlucht (Georgische SSR). Anzeiger für Schädlingskunde, 41: 116-118.
- KOBACHIDZE D. N., TVARADZE M. S., KRAVEISHVILI I. K. 1970. Preliminary results of introduction, study of bioecology, development of methods of artificial rearing and naturalization of the effective entomophage, *Rhizophagus grandis* GYLL., against the European spruce beetle, *Dendroctonus micans* KUGEL., in spruce plantations in Georgia. Soobshcheniya Akademii Nauk Gruzinskoi SSR. Bulletin of the Academy of Sciences of the Georgian SSR, 60: 205-208.
- KOHLMAYR B., WEISER J., WEGENSTEINER R., HÄNDEL U., ŽIŽKA Z. 2003. Infection of *Tomicus piniperda* (Col., Scolytidae) with *Canningia tomici* sp. n. (Microsporidia, Unikaryonidae). Journal of Pest Science, 76: 65-73.
- MACGUIDWIN A. E., SMART G. C. 1979. Effect of the bark beetle nematode, *Contortylenchus brevicomi*, on gallery construction and fecundity of *Dendroctonus frontalis*. Journal of Nematology, 11: 306-307.
- MARCHANT K. R., BORDEN, J. H. 1976. Worldwide introduction and establishment of bark and timber beetles (Coleoptera: Scolytidae) and Platypoididae). Pest Management Paper No. 6, Burnaby. British Columbia. Simon Fraser University: 1-76.
- MEIRMANS S., SKORPING A., LRYNING M. K., KIRKENDALL L. R. 2006. On the track of the Red Queen: bark beetles, their nematodes, local climate and geographic parthenogenesis. Journal of Evolutionary Biology, 19: 1939-1947.
- PEKKARINEN M. 1993. *Bucephalid trematode* sporocysts in brackish-water *Mytilus edulis*, new host of a *Helicosporidium* sp. (Protozoa: Helicosporida). Journal of Invertebrate Pathology, 61: 214-216.
- PERKINS F. O. 2000. Order Neogregarinorida Grasse, 1953. In: Lee J. J., Leedale G. F., Bradbury P (eds.): An Illustrated Guide to the Protozoa, 2nd ed. Lawrence, Society of Protozoologists: 288-298.
- PURRINI K. 1984. Light and electron microscope studies on *Helicosporidium* sp. parasitizing oribatid mites (Oribatei, Acarina) and Collembola (Apterygota, Insecta) in forest soils. Journal of Invertebrate Pathology, 44: 18-27.
- ROLLAND C., LEMPÉRIÈRE G. 2004. Effects of climate on radial growth of Norway spruce and interactions with attacks by the bark beetle *Dendroctonus micans* (KUG., Coleoptera: Scolytidae): a dendroecological study in the French Massif Central. Forest Ecology and Management, 201: 89-104.
- RÜHM W. 1956. Die Nematoden der Ipiden. Parasitologische Schriftenreihe, 6: 1-437.
- SAYRE R. M., CLARK T. B. 1978. *Daphnia magna* (Cladocera: Chydoroidea) a new host of a *Helicosporidium* sp. (Protozoa: Helicosporida). Journal of Invertebrate Pathology, 31: 260-261.
- SEIF A. I., RIFAAT M. M. 2001. Laboratory evaluation of a *Helicosporidium* sp. (Protozoa: Helicosporida) as an agent for the microbial control of mosquitoes. Journal of the Egyptian Society of Parasitology, 31: 21-35.
- SEVERIN G. 1902. L'invasion de l'hylésine géante. Bulletin de la Société Centrale Forestière de Belgique, 9: 145-152.
- SEVIM A., DEMIR I., TANYELI E., DEMIRBAG Z. 2010. Screening of entomopathogenic fungi against the European spruce bark beetle, *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytidae). Biocontrol Science and Technology, 20: 3-11.
- TANYELI E., SEVIM A., DEMIRBAG Z., EROGLU M., DEMIR I. 2010. Isolation and virulence of entomopathogenic fungi against the great spruce bark beetle, *Dendroctonus micans* (KUGELANN) (Coleoptera: Scolytidae). Biocontrol Science and Technology, 20: 695-701.
- TARTAR A., BOUCIAS D. G., ADAMS B. J., BECNEL J. J. 2002. Phylogenetic analysis identifies the invertebrate pathogen *Helicosporidium* sp. as a green alga (Chlorophyta). International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology, 52: 273-279.
- THONG C. H. S., WEBSTER J. M. 1975. Effects of bark beetle nematode, *Contortylenchus reversus*, on gallery construction, fecundity, and egg viability of douglas-fir beetle, *Dendroctonus pseudotsugae* (Coleoptera-Scolytidae). Journal of Invertebrate Pathology, 26: 235-238.
- THONG C. H. S., WEBSTER J. M. 1983. Nematode parasites and associates of *Dendroctonus* spp. and *Trypodendron lineatum* (Coleoptera, Scolytidae), with a description of *Bursaphelenchus varicauda* n. sp. Journal of Nematology, 15: 312-318.
- TVARADZE M. S. 1977. Using *Rhizophagus grandis* to control *Dendroctonus micans*. SB Nauchn rab BE Luboeda Gruzii Tbilissi, 3: 56-61.
- VOULAND G., GIRAUD M., SCHVESTER D. 1985. La période teneral et l'envol chez *Dendroctonus micans* KUG. (Coleoptera: Scolytidae).

- 60N Biocontrol News and Information 1997 Vol. 18 No. 2. In: Grégoire J. C., Pasteels J. M. (eds.): Biological control of bark beetles (*Dendroctonus micans*). Brussels, Belgium; Commission of the European Communities: 68-79.
- WAINHOUSE D., CROSS D. J., HOWELL R. S. 1990. The role of lignin as a defence against the spruce bark beetle *Dendroctonus micans*: effect on larvae and adults. *Oecologia*, 85: 257-265.
- WEGENSTEINER R. 2004. Pathogens in bark beetles. In: Lieutier F., Day K. R., Battisti A., Grégoire J. C., Evans H. F. (eds.): Bark and Wood Boring Insects in Living Trees in Europe, Asynthesis. Dordrecht, Kluwer: 291-313.
- WEGENSTEINER R., WEISER J., FÜHRER E. 1996. Observations on the occurrence of pathogens in the bark beetle *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*, 120: 199-204.
- WEISER J. 1970. *Helicosporidium parasiticum* KEILIN infection in the caterpillar of a hepialid moth in Argentina. *Journal of Protozoology*, 17: 436-440.
- WEISER J. 2002. Patogenní organismy. In: Skuhravý V.: Lýkožrout smrkový (*Ips typographus* L.) a jeho kalamity. Der Buchdrucker und seine Kalamitäten. Praha, Agrospoj: 97-100.
- WEISER J., HÄNDEL U., WEGENSTEINER R., ŽIŽKA Z. 2002. *Unikaryon polygraphi* sp. n. (Protista: Microspora) a new pathogen of the four-eyed spruce bark beetle *Polygraphus polygraphus* (Coleoptera: Scolytidae). *Journal of Applied Entomology*, 126: 148-154.
- WEISER J., PULTAR O., ŽIŽKA Z. 2000. Biological protection of forest against bark beetle outbreaks with poxvirus and other pathogens. IUAPPA, Section B: 168-172.
- WINTER T. G., BURDEKIN D. A. 1987. The poem and the pest. *Quarterly Journal of Forestry*, 81: 234-238.
- YAMAN M. 2007. *Gregarina typographi* FUCHS, a gregarine pathogen of the six-toothed pine bark beetle, *Ips sexdentatus* (BOERNER) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) in Turkey. *Turkish Journal of Zoology*, 31: 359-363.
- YAMAN M. 2008. First results on distribution and occurrence of the insect pathogenic alga *Helicosporidium* sp. (Chlorophyta: Trebouxiophyceae) in the populations of the great spruce bark beetle, *Dendroctonus micans* (KUGELANN) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae). *North-Western Journal of Zoology*, 4: 99-107.
- YAMAN M., ERTÜRK Ö., ASLAN I. 2010. Isolation of some pathogenic bacteria from the great spruce bark beetle, *Dendroctonus micans* and its specific predator, *Rhizophagus grandis*. *Folia Microbiologica*, 55: 35-38.
- YAMAN M., RADEK R. 2005. *Helicosporidium* infection of the great European spruce bark beetle, *Dendroctonus micans* (Coleoptera: Scolytidae). *European Journal of Protistology*, 41: 203-207.
- YAMAN M., RADEK R. 2007. Infection of the predator beetle *Rhizophagus grandis* GYLL. (Coleoptera, Rhizophagidae) with the insect pathogenic alga *Helicosporidium* sp. (Chlorophyta: Trebouxiophyceae). *Biological Control*, 41: 384-388.
- YAMAN M., RADEK R. 2008. Pathogens and parasites of adults of the great spruce bark beetle, *Dendroctonus micans* (KUGELANN) (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) from Turkey. *Journal of Pest Science*, 81: 91-97.
- YAMAN M., RADEK R., AYDYN C., TOSUN O., ERTÜRK Ö. 2009. First record of the insect pathogenic alga *Helicosporidium* sp. (Chlorophyta: Trebouxiophyceae) infection in larvae and pupae of *Rhizophagus grandis* GYLL. (Coleoptera, Rhizophaginae) from Turkey. *Journal of Invertebrate Pathology*, 102: 182-184.
- YILMAZ H., SEZEN K., KATI H., DEMIRBAG Z. 2006. The first study on the bacterial flora of the European spruce bark beetle, *Dendroctonus micans* (Coleoptera:Scolytidae). *Biologia*, 61: 679-686.
- YUKSEL B. 1997. The infestations of *Dendroctonus micans* (KUG.) and role of *Rhizophagus grandis* (GYLL.) about establishment of biological equilibrium. In: III. Ulusal Ekoloji ve Cevre Kongresi Programı, Biyologlar Derneği, Bildiriler Kitabı, 3-5 Eylül 1997, Kırşehir: 375-385.

NATURAL ENEMIES AND BIOLOGICAL CONTROL OF *DENDROCTONUS MICANS*: REVIEW

SUMMARY

Mortality of *D. micans* is influenced by a variety of natural enemies as well as certain environmental conditions. However, neither of these natural enemies is thought to respond quantitatively to decreasing population densities of *D. micans*. Literature survey and contact with Turkish scientists had suggested that a specific predatory beetle, *R. grandis*, was a significant natural mortality factor in Europe. *Rhizophagus grandis* is the most important and potentially useful natural enemy of *D. micans* throughout all Eurasian range.

Turkish scientists have carried out a successful breeding and release of *R. grandis* on study sites with outbreaks of *D. micans* in Turkey. Beetles are reared in the laboratory on cut trees infected by *D. micans*. In stage of prepupae they are preserved and divided by sex. Introduction and field research is already carried out for several seasons. Beetles are applied to the infested trees (under bark), twice in year (June and July/August). Population of this pest is successfully reduced. Following research of pathogens like potential biological control tools (using *Helicosporidium* sp., bacteria and fungi) seems very interesting. It is necessary to find ways to prevent transmission of pathogens when applied to populations of *R. grandis* and suppress the mortality of this predator.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

doc. Ing. Jaroslav Holuša, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 602 351 908; e-mail: holusaj@seznam.cz; holusa@vulhm.cz

VYHODNOCENÍ RŮSTU A REAKCÍ NA TVAROVACÍ ŘEZ U VÝSADEB DUBU ZIMNÍHO (*QUERCUS PETRAEA* (M.) LIEBL.) VEGETATIVNÍHO A GENERATIVNÍHO PŮVODU

EVALUATION OF SESSILE OAK (*QUERCUS PETRAEA* (M.) LIEBL.) GROWTH REACTION TO PRUNING IN YOUNG PLANTATIONS OF VEGETATIVE AND GENERATIVE ORIGIN

ANTONÍN JURÁSEK - JAN LEUGNER

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

The aim of the paper is to evaluate growth dynamics of both vegetative and generative propagated oaks and to assess an effect of pruning on the trees in young stand. The pruning was applied in order to improve quality of stem. The experiment documents good growth of oaks of vegetative propagation origin (cuttings), which are significantly higher, compared to control plants (of generative origin). The pruning of young trees has relatively little impact on proportion of trees with fine quality of stem in closed stand. Major impact of pruning was registered in trees of vegetative propagation origin.

Klíčová slova: vegetativní rozmnožování řízkováním, tvarovací řez, dub

Key words: vegetative repagination by cuttings, pruning, oak

ÚVOD

Autovegetativní způsob rozmnožování lesních dřevin řízkováním není u nás prozatím běžně používaným postupem pěstování sadebního materiálu v lesních školkách. Význam tohoto alternativního postupu produkce sadebního materiálu narůstá jednak při nedostatku genetiky kvalitního osiva a také v souvislosti s prolínáním se šlechtitelskými programy při zvyšování genetické hodnoty nově zakládaných porostů. Nezastupitelnou funkci má autovegetativní způsob rozmnožování při reprodukci cenných populací dřevin (CHALUPA 1987, ŠINDELÁŘ 1987). Metody autovegetativního množení mohou totiž zajistit rychlou reprodukci cenných populací dřevin se zárukou jejich genetické identity a mohou být plnohodnotným náhradním zdrojem pro obnovu lesa při nedostatku kvalitního osiva (JURÁSEK 1996).

Postupy pro zakořeňování řízků dubu zimního (*Quercus petraea* (M.) LIEBL.) a další pěstební operace ve školce jsou již uspokojivě vyřešeny (JURÁSEK 2009), prozatím málo informací je k dispozici o následném růstu jedinců vegetativního původu v běžných podmínkách lesních porostů.

Cílem tohoto příspěvku je zhodnotit dynamiku růstu výsadby řízkovanců dubu zimního v porovnání s výsadbami generativního původu a také posouzení dalších pěstebních operací (úprava nadzemních částí) v mladých lesních porostech prováděných pro zvýšení budoucí kvality kmene. Tyto poznatky by měly sloužit ke komplexnímu vyhodnocení perspektivy použití technologie autovegetativního způsobu množení dřevin jako školkařské technologie pro obnovu lesa. Příspěvek není zaměřen na hodnocení vlivu genetických vlastností vegetativně množeno materiálu, proto není pro vyhodnocení použita metodika hodnocení šlechtitelských programů.

ROZBOR PROBLEMATIKY

Dub zimní (*Quercus petraea* (M.) LIEBL.) patří podle řady autorů (KLEINSCHMIT et al. 1975, RADOSTA 1990) k dřevinám plastickým, schopným zakořenit z řízků v různých typech množáren. Nejlepších výsledků bývá dosaženo při použití polovyzrálých letních řízků. V poměrně jednoduchých nevytápěných typech množáren (fóliovníky, stíněná pařeniště) je možno tímto způsobem dosáhnout 70 – 90% zakořenění (CORNU et al. 1977, SPETHMANN 1986, CHALUPA 1987, 1989, JURÁSEK 1996).

Zatímco poznatků o fázi vlastního řízkování dubu je relativně dostatek poznatků, o dopěstování a hlavně dalším růstu řízkovanců v lesních porostech je již podstatně méně. Pro dosažení vysoké kvality řízkovanců dubu (i buku) je vhodné pěstování v biologicky ověřených typech obalů pro hluboko kořenicí dřeviny. Pro další růst se ukazuje optimální pěstování ve fóliovém krytu i po prvním přezimování, kdy ještě není účelné je vzhledem k citlivosti kořenů z obalů vyjmát. Při doporučeném pěstování je výsadbyschopnosti řízkovanců možné u dubu dosáhnout již v druhém roce (1,5 + 0) (JURÁSEK 2009).

Kvalita výsadbyschopných řízkovanců ve školce a před výsadbou se posuzuje podle standardů platných pro klasický sadební materiál (ČSN 48 2115). V některých případech je pouze nutné věnovat vyšší pozornost tvarování nadzemní části a krácení kořenů. Kořeny řízkovanců dubu a buku (tj. dřevin s křivým kořenem) jsou sice usměrněny pěstebním obalem do vertikálního směru, dominantní postavení křivého kořene (nebo spíše panoh) se však vytváří až ve 3. – 5. roce věku. Proto je nutné, aby při výsadbě nebylo vertikální směřování kořenů narušeno (JURÁSEK 2009).

Srovnatelná kvalita řízkovanců buku a dubu se sadebním materiálem generativního původu je zřejmá i při růstu na holinách. Poznatky o růstu vegetativně množených listnatých dřevin publikovali MAUER, PALÁTOVÁ (1996), kteří sledovali růst řízkovanců buku v provozních podmínkách po výsadbě na holinu. Autoři konstatovali, že řízkovance vytvořily celistvé rostliny, které mají nejméně tak dobré předpoklady pro další vývoj a zajištění všech funkcí bukových porostů jako rostliny generativního původu.

Šetření na kořenových systémech řízkovanců a výpěstků *in vitro* dubu ve srovnání s jedinci generativního původu realizovali např. SCHÜTE, KIM TAE SU (1993). Ze srovnání vyplynulo, že podřezané semenáčky měly ve věku 9 let v průměru 9 kořenů o průměru větším než 5 mm, řízkovanci 7 kořenů. Podřezané semenáčky však měly více kořenů o průměru menším než 5 mm, zatímco řízkovanci měli jen hlavní kořeny a jemné kořeny. V počtu kořenů autoři zaznamenali také podobnost mezi rostlinami z řízků a *in vitro*. Rostliny z obou způsobů pěstování vykazovaly ve věku 8 popř. 9 let stejný počet hlavních kořenů o průměru větším než 5 mm.

Problematika úpravy nadzemních částí (vyvětřování) listnatých dřevin (dub, buk, třešeň, jasan) je řešena zejména v souvislosti s kvalitou dřeva (KERR, MORGAN 2006, REID 2002). Při použití vegetativně množeného sadebního materiálu význam vyvětřování narůstá, protože u sadebního materiálu vegetativního původu se častěji vyskytují jedinci s vícečetnými výhony.

Cílem tohoto příspěvku je zhodnotit růst a kvalitu nadzemních částí jedinců dubu zimního vegetativního a generativního původu a také posoudit vliv tvarování nadzemních částí na růst a kvalitu kmene v dubové zapojené mlazině.

MATERIÁL A METODY

Pro vyhodnocení růstové dynamiky řízkovanců dubu zimního, kteří byli vypěstováni z řízků odebraných z mladých jedinců v 5leté výsadbě generativního původu pocházejících ze selektovaného zdroje reprodukčního materiálu pro sběr osiva, v porovnání s generativně množeným sadebním materiálem byla založena výzkumná plocha (VP) Nový Ples v nadmořské výšce 260 m n. m. na souboru lesních typů 1 P (lesní oblast Polabí). Výsadba byla provedena na jaře roku 2000 za použití tříletých řízkovanců (rk 2 + 1) a dvouletých sazenic generativního původu (1 – 1). Měření morfologických parametrů bylo zahájeno v roce 2001, zjišťován byl přírůstek a celková výška nadzemní části a průměr kořenových krčků. Výška nadzemní části byla měřena v centimetrech s přesností na 1 cm, průměr kořenových krčků v milimetrech s přesností na 0,1 mm, současně byl hodnocen zdravotní stav a ujmavost sadebního materiálu v závislosti na jeho původu. V roce 2007 bylo provedeno tvarování nadzemní části jedinců s cílem odstranit vady v průběžnosti kmínků (odstranění dvojáků, popř. větví konkurujících terminálnímu výhonu). Umístění zásahu bylo provedeno šachovnicově ve třech opakováních u řízkovanců a také u kontrolních jedinců dubu generativního původu. Po provedení zásahu byla v dalších letech měřena celková výška a výčetní tloušťka. Před provedením tvarování nadzemních částí i v následujících letech byl stanovován podíl jedinců s tvárným kmenem a výskyt tvarových odchylek růstu. Celkem bylo hodnoceno 421 jedinců generativního původu a 518 jedinců vegetativního původu, kteří pocházeli z 380 ks matečných stromů.

Statistické vyhodnocování dat bylo provedeno v programech Excel, QC Expert. Byl proveden t-test pro porovnání dvou nezávislých

Tab. 1.

Hodnocení ujmavosti 3 roky po výsadbě
Assesment of survival rate 3 years after out planting

Hodnocení ujmavosti/ Assesment of survival rate	%
Řízkovance dubu/ Vegetative propagate oaks	99.1
Semenáčky dubu(kontrola)/ Generative propagate oaks (control)	94.6

Tab. 3.

Parametry celkové výšky jednotlivých variant experimentu (před a 2 roky po úpravě nadzemních částí)
Parameters of total height of each variant of experiment (before pruning and 2 years after pruning)

Tabulka středních hodnot ¹	Celková výška 2007/ Total height 2007		Celková výška 2009/ Total height 2009	
	vegetative	generative	vegetative	generative
Původ sadebního materiálu ²				
Bez úpravy nadzemních částí ³	396,6	307,1	482,5	392,6
Úprava nadzemních částí ⁴	389,4	318,7	462,5	407,3

¹Table of mean parameters, ²Method of propagation, ³Unpruning trees, ⁴Pruning trees

Tab. 2.

Střední hodnoty základních biometrických parametrů včetně statistického hodnocení shody výběrů (pro jedince vegetativního x generativního původu)

Mean value of basic biometric parameters with statistical test of two samples (vegetative and generative propagated oaks)

Test shody průměrů ¹	Výška 7 let po výsadbě/ Height 7 years after outplanting	Výčetní průměr 7 let po výsadbě/ Height 7 years after outplanting	Výška 8 let po výsadbě/ Height 8 years after outplanting	Výčetní průměr 8 let po výsadbě/ Height 8 years after outplanting	Výška 9 let po výsadbě/ Height 9 years after outplanting	Výčetní průměr 9 let po výsadbě/ Height 9 years after outplanting
Průměr vegetativní ²	393.1	30.7	407.0	37.8	472.8	44.3
Průměr generativní ³	313.4	22.2	338.2	28.7	400.5	34.5
t-statistika ⁴ :	14.5237233	11.1410626	13.31198985	10.20392368	12.57680804	9.469039312
Počet stupňů volnosti ⁵ :	925	922	925	922	926	926
Kritická hodnota ⁶ :	1.962531904	1.96254027	1.962531904	1.96254027	1.962529127	1.962529127
Závěr ⁷ :	ROZDÍLNÉ ⁹	ROZDÍLNÉ ⁹	ROZDÍLNÉ ⁹	ROZDÍLNÉ ⁹	ROZDÍLNÉ ⁹	ROZDÍLNÉ ⁹

¹Agreement test of averages, ²Vegetative average, ³Generative average, ⁴Student's test, ⁵Degree of freedom, ⁶Critical value, ⁷Verdict, ⁸Diameter at breast height, ⁹Different

výběrů. Pro zjištění významnosti vlivu původu jednotlivých variant a vlivu tvarování byla provedena dvoufaktorová analýza variance (ANOVA).

VÝSLEDKY A DISKUSE

První rok po výsadbě bylo provedeno hodnocení ujmavosti sadebního materiálu podle způsobu rozmnožování. Ztráty po výsadbě byly minimální jak u generativně, tak i vegetativně množného sadebního materiálu (viz tab. 1).

Výraznější ztráty se neprojeví ani v dalších letech sledování, rovněž zdravotní stav výsadeb byl během sledování pokusů velmi dobrý. Podobné výsledky zaznamenali i MAUER, PALÁTOVÁ (1996) při sledování ujmavosti a růstu řízkovanců buku.

V prvních letech po výsadbě byl zaznamenán intenzivnější růst jedinců dubu vegetativního původu (obr. 1). Rozdíly v biometrických parametrech (celková výška, výčetní tloušťka) mezi jedinci vegetativního a generativního původu jsou po 7 (resp. 8 a 9) letech růstu na výzkumné ploše jsou statisticky významné (tab. 2). Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že jedinci vegetativního původu dosahovali v prvních devíti letech růstu na holině výrazně intenzivnějšího přírůstu ve srovnání s kontrolními jedinci generativního původu. Intenzivnější růst řízkovanců dubu zimního ve srovnání se semenáčky generativního

původu zjistil také MÜLLER (1996), který též zaznamenal zvýšený podíl jedinců s vícečetnými výhony u řízkovanců.

Po provedení úpravy nadzemní části s cílem zvýšit podíl jedinců s tvárným kmenem v mladém porostu byly sledovány a vyhodnocovány růstové reakce jedinců i s ohledem na jejich původ (dvoufaktorová ANOVA s interakcí – faktory: 1. původ, 2. úprava nadzemní části. Z hodnot základních biometrických údajů uvedených v tabulkách 3 a 4 vyplývá poměrně malý vliv tvarování nadzemních částí (vliv úpravy na základě ANOVA – statisticky nevýznamný). Dominantní stále zůstává vliv původu sadebního materiálu, jedinci vegetativního původu 9 let po výsadbě statisticky průkazně převyšují jedince generativního původu (kontrola) (viz tab. 2), kteří měli v době výsadby srovnatelné morfologické charakteristiky.

Vliv tvarování nadzemní části u jednotlivých variant na VP na růstovou dynamiku není z parametrů celkové výšky a celkové výčetní tloušťky patrný, proto bylo provedeno statistické hodnocení aktuální růstové dynamiky a to – tloušťkového přírůstu v prvních dvou letech po úpravě. Byla znovu provedena dvoufaktorová analýza variance.

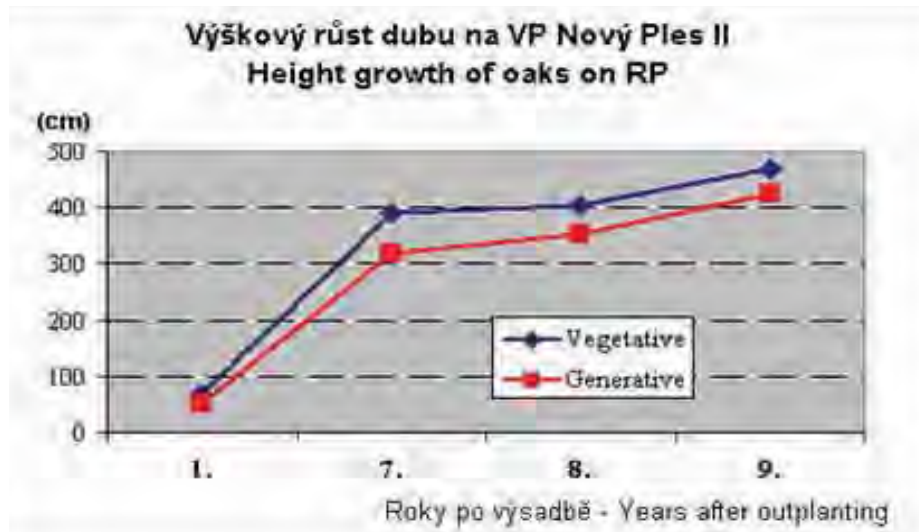
Z analýzy vyplynuly zajímavé výsledky o reakci jednotlivých variant (podle původu sadebního materiálu) na provedenou úpravu nadzemních částí v prvním a druhém roce po zásahu. V prvním roce po zásahu reagovali jedinci vegetativního původu odlišně od jedinců generativně množných. Zatímco stromy vegetativního původu na tvarování nadzemní části reagovaly mírným poklesem tloušťkového přírůstu,

Tab. 4.

Parametry výčetní tloušťky (d1.3) jednotlivých variant experimentu (před a 2 roky po úpravě nadzemních částí)
Parameters of diameter at breast height (DBH) of each variant of experiment (before pruning and 2 years after pruning)

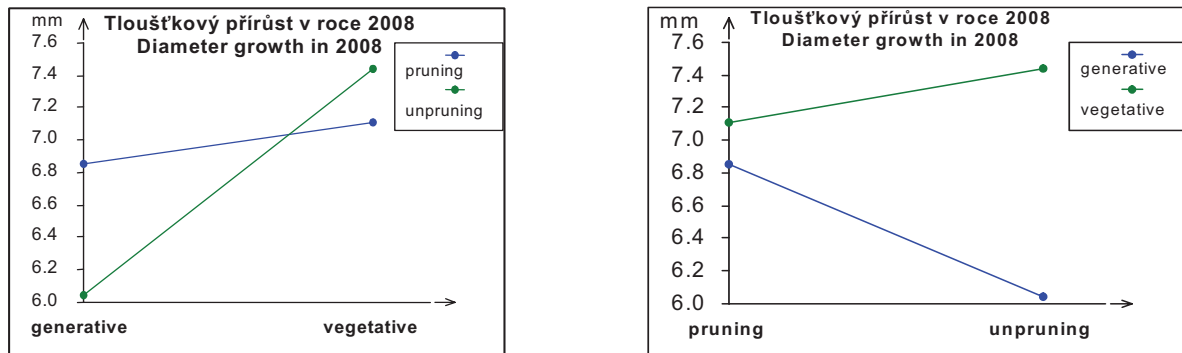
Tabulka středních hodnot ¹	Výčetní tloušťka 2007 DBH 2007		Výčetní tloušťka 2009 DBH 2009	
Původ sadebního materiálu ²	vegetative	generative	vegetative	generative
Bez úpravy nadzemních částí ³	31,2	21,8	44,6	33,3
Úprava nadzemních částí ⁴	30,1	22,7	44,0	35,5

¹Table of mean parameters, ²Method of propagation, ³Unpruning trees, ⁴Pruning trees



Obr. 1.

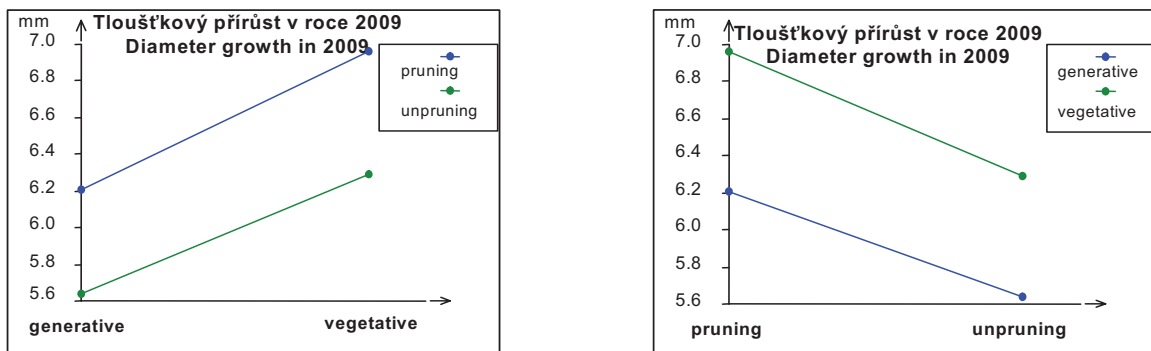
Růst sadebního materiálu dubu vegetativního a generativního původu po výsadbě na holinu
Growth of oak planting stock of vegetative and generative origin after planting on the clearcut



Obr. 2.

Vliv jednotlivých faktorů (způsobu rozmnožování (vegetativní x generativní), s provedením úpravy nadzemní části (tvarování x bez tvarování)) na tloušťkový přírůst v roce 2008 (první rok po úpravě)

The impact of each factors (use of propagation (vegetative x generative) and pruning (unpruning trees x pruning trees) to dbh increment in 2008 (the first year after pruning)

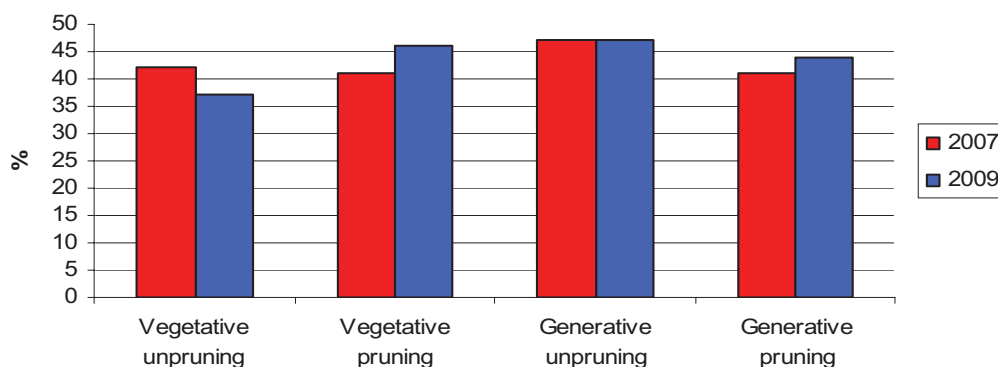


Obr. 3.

Vliv jednotlivých faktorů (způsobu rozmnožování (vegetativní x generativní), s provedením úpravy nadzemní části (tvarování – upr. x bez tvarování – K)) na tloušťkový přírůst v roce 2009 (2 roky po úpravě)

The impact of each factors (use of propagation (vegetative x generative) and pruning (unpruning trees x pruning trees) to dbh increment in 2009 (the second year after pruning)

Podíl jedinců s průběžným kmenem
Proportion of trees with fine quality stem



Obr. 4.

Podíl jedinců s průběžným kmenem před (2007) a dva roky (2009) po úpravě nadzemních částí vegetativně a generativně množených jedinců dubu zimního

Proportion of trees with fine quality stem before (2007) and 2 years after (2009) pruning vegetative and generative propagated oaks

tak stromy generativního původu reagovaly na zásah do koruny zvýšením tloušťkového přírůstu (obr. 2). Statistická analýza ukázala stále výrazný vliv původu (způsobu množení) jednotlivých variant a statisticky významnou interakci obou faktorů, naopak vliv úpravy nadzemní části byl statisticky neprůkazný (tab. 5).

Ve druhém roce po zásahu byla již reakce na provedenou úpravu nadzemní části obdobná a u obou variant pozitivní v parametru přírůstu výčetní tloušťky (obr. 3). Byla zjištěna statistická významnost faktoru původu (jedinci vegetativního původu dosahovali většího tloušťkového přírůstu), tak i faktoru tvarování (jedinci s upravenou nadzemní částí dosahovali většího tloušťkového přírůstu) (tab. 6).

ZÁVĚRY

Z experimentů porovnávajících dynamiku růstu výsadeb řízkovanců dubu zimního v porovnání s výsadbami generativního původu, kde byl také souběžně posuzován vliv úprav nadzemních částí u těchto výsadeb na zvýšení budoucí kvality kmene, vyplývá :

- Byla prokázána dobrá ujmavost řízkovanců dubu. Ztráty po výsadbě byly u řízkovanců dubu do 1 %, u kontrolních semenáčků dubu do 5 %. Rovně zdravotní stav výsadeb řízkovanců byl během 9 roků na dobré úrovni a srovnatelný s výsadbami generativního původu.

Tab. 5.

Analýza variance (ANOVA) tloušťkového přírůstu jednotlivých variant Na VP Nový Ples 2 v roce 2008 (1. rok po úpravě nadzemních částí) ANOVA of diameter at breast height (dbh) increment in 2008 on research plot (RP) Nový Ples (1 year after pruning)

ANOVA – Tloušťkový přírůst 2008/Dbh increment in 2008							
Zdroj variability ¹	Součet čtverců ²	Průměrný čtverec ³	Stupně volnosti ⁴	Směr. odch. ⁵	F-kritérium ⁶	Kritický kvantil ⁷	Závěr ⁸
Úprava ⁹	13,139	13,139	1	3,6248	0,9895	3,8518	Nevýznamný ¹⁴
Původ ¹⁰	154,007	154,007	1	12,4100	11,5988	3,8518	Významný ¹⁵
Interakce ¹¹	73,652	73,652	1	8,5821	5,5469	3,8518	Významný ¹⁵
Rezidua ¹²	11 963,370	13,278	901	3,6439			
Celkem ¹³	12191,717	13,486	904	3,6724			

¹Source, ²Sum of square, ³Avg. square, ⁴Degree of freedom, ⁵Standard deviation, ⁶F-exp., ⁷F-test., ⁸Verdict, ⁹Pruning, ¹⁰Use of propagation ¹¹Interaction, ¹²Residue, ¹³Sum, ¹⁴Insignificant, ¹⁵Significant

Tab. 6.

Analýza variance (ANOVA) tloušťkového přírůstu jednotlivých variant Na VP Nový Ples 2 v roce 2009 (2. rok po úpravě nadzemních částí) ANOVA of diameter at breast height (dbh) increment in 2009 on research plot (RP) Nový Ples (2 year after pruning)

Tabulka ANOVA - Tloušťkový přírůst 2009/Dbh increment in 2009							
Zdroj variability ¹	Součet čtverců ²	Průměrný čtverec ³	Stupně volnosti ⁴	Směr. odch. ⁵	F-kritérium ⁶	Kritický kvantil ⁷	Závěr ⁸
Úprava ⁹	87,712	87,712	1	9,3655	7,8502	3,8518	Významný ¹⁵
Původ ¹⁰	112,368	112,368	1	10,6004	10,0569	3,8518	Významný ¹⁵
Interakce ¹¹	0,545	0,545	1	0,7383	0,0488	3,8518	Nevýznamný ¹⁴
Rezidua ¹²	10 055,942	11,173	900	3,3426			
Celkem ¹³	10 251,109	11,352	903	3,3693			

¹Source, ²Sum of square, ³Avg. square, ⁴Degree of freedom, ⁵Standard deviation, ⁶F-exp., ⁷F-test., ⁸Verdict, ⁹Pruning, ¹⁰Use of propagation ¹¹Interaction, ¹²Residue, ¹³Sum, ¹⁴Insignificant, ¹⁵Significant

Dalším hodnoceným parametrem byl podíl jedinců s průběžným kmenem v jednotlivých variantách experimentu. Úprava nadzemní části byla prováděna zejména za účelem zvýšení kvality kmene (odstranění dvojáků apod.). Výsledky hodnocení zobrazené na obrázku 4 ukazují na mírné zvýšení podílu jedinců s průběžným kmenem u variant, které byly tvarovány. Výraznější zvýšení oproti kontrole bez zásahu bylo zaznamenáno u vegetativně množených jedinců. U jedinců generativního původu byl rozdíl mezi tvarovanými a kontrolními variantami minimální.

- Z našeho experimentu je zřejmá velmi dobrá růstová dynamika u jedinců dubu vegetativního původu, kteří 9 roků po výsadbě svými morfologickými parametry (výška nadzemní části, tloušťka kmínku) statisticky průkazně převyšují kontrolní jedince generativního původu.
- Vliv tvarování nadzemních částí na dynamiku růstu se projevil odlišně u variant výsadeb vegetativního a generativního původu. V prvním roce po pěstebním tvarovacím zásahu reagovaly řízkovance dubu mírným snížením dynamiky tloušťkového přírůstu,

zatím u stromků generativního původu byl zaznamenán přírůst vyšší, rozdíl byl ovšem statisticky neprůkazný. V druhém roce po tvarovacím zásahu byl u řízkovanců i generativního sadebního materiálu dubu zjištěn průkazně vyšší tloušťkový přírůst ve variantě s upravenou nadzemní částí. Tvarování nadzemní části se projevilo relativně malým zvýšením podílu jedinců s průběžným kmenem. Výraznější vliv byl zaznamenán u stromků vegetativního původu.

Z růstu výsaděb řízkovanců dubu je tedy zřejmá jejich využitelnost pro umělou obnovu lesa, kdy lze v porovnání s výsadbami generativního původu využít rychlého a jistého přenosu genetické kvality do další generace zakládaného lesa. Pokud se při dalším sledování opakovaně potvrdí vyšší schopnost reakce na tvarovací výchovné zásahy, bude to další významný argument pro širší uplatnění výpěstků z vegetativního množení v praxi lesního hospodářství.

Poděkování:

Poznatky byly získány v souvislosti s řešením výzkumného záměru MZE 002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- CORNU C., DELRAN S., GARBAYE J., TACON F. le. 1977. Investigation into optimum rooting conditions for softwood cuttings of sessile oak (*Quercus petraea*) and beech (*Fagus sylvatica*). *Annales des Sciences Forestieres*: 1-16.
- ČSN 48 2115 Sadební materiál lesních dřevin. Praha, Český normalizační institut 1998: 17 s.
- CHALUPA V. 1987. Vegetativní rozmnožování listnatých lesních dřevin řízků a metodou in vitro. *Lesnictví*, 33: 501-510.
- CHALUPA V. 1989. Současné zkušenosti s rozmnožováním listnatých lesních dřevin řízků a explantátovými kulturami. In: *Vegetativní množení smrku, buku a jiných lesních dřevin*. Brno, VŠZ: 17-20.
- JURÁSEK A. 1996. Použití autovegetativní metody řízkování u buku a dubu. In: *Perspektivy použití vegetativně množeného sadebního materiálu v podmínkách lesního hospodářství*. Sborník referátů z odborného semináře s mezinárodní účastí. 11. 12. 1996. Brno. Opočno, VÚLHM-VS: 63-69.
- JURÁSEK A. 2009. Pěstební postupy pro získání výsadbyschopných řízkovanců buku a dubu. [Technologies for raising plantable planting stock of beech and oak from cuttings.] *Recenzovaná metodika. Lesnický průvodce č. 13*: 39 s.
- KERR G., MORGAN G. 2006. Does formative pruning improve the form of broadleaved trees? *Canadian Journal of Forest Research*, 36: 132-141.
- KLEINSCHMIT J., WITTE R., SAUER A. 1975. Possibilities of genetic improvement of *Quercus robur* and *Quercus petraea*. II. Propagation of oak by cuttings. *Allgemeine Forst- und Jagdzeitung*. :179-186.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E. 1996. Vývoj řízkovanců buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) po výsadbě do porostu. In: *Perspektivy použití vegetativně množeného sadebního materiálu v podmínkách lesního hospodářství*. Sborník referátů z odborného semináře s mezinárodní účastí. Brno, 11. 12. 1996. Opočno, VÚLHM-VS: 71-77.
- MÜLLER D. 1996. Growth investigations on young oak plants from cuttings and seedlings. *Forst und Holz*: 12-14.
- RADOSTA P. 1990. Vliv vnějších a vnitřních faktorů na proces rhizogenese u řízků vybraných druhů dřevin. *Kandidátská disertační práce*. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 175 s.
- REID R. 2002. The principles and practice of pruning. *AFG Special Liftout*, 25: 1-12.
- SCHÜTE G., KIM TAE SU 1993. Vergleichende Wurzeluntersuchungen an Stecklingen, in Vitro vermehrten Pflanzen, Direktsaaten und Sämlingen der Stiel- und Traubeneiche. In: *Schriften aus der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen und der Niedersächsischen Forstlichen Versuchsanstalt*, 111: 159-177.
- SPETHMANN W. 1986. Stecklingsvermehrung bei Waldbäumen. *Deutsche Baumschule*, 38 (4): 148-152.
- ŠINDELÁŘ J. 1987. Genetická a šlechtitelská aspekty záchrany genofondu ohrožených populací lesních dřevin vegetativním množением. *Lesnictví*, 33 (6): 485-490.

EVALUATION OF SESSILE OAK (*QUERCUS PETRAEA* (M.) LIEBL.) GROWTH REACTION TO PRUNING IN YOUNG PLANTATIONS OF VEGETATIVE AND GENERATIVE ORIGIN**SUMMARY**

The autovegetative reproduction by cuttings is not a common forest-nursery technology for growing forest trees in the Czech Republic. However, lack of high-quality seeds is an important reason for application of this alternative technology. The technology is also important for breeding program aimed to improve genetic quality of newly planted stand.

The aim of the paper is (i) to evaluate growth dynamics of both vegetative and generative propagated oaks and (ii) to assess effect of pruning on trees in young stand. The pruning was used mainly to improve stem quality. The results show good growth of oaks of vegetative propagation origin (cuttings), which are significantly higher than control plants (of generative origin). The pruning of young trees has relatively little impact on proportion of trees with fine quality of stem in closed stand. Major impact of pruning was registered in trees of vegetative propagation origin.

To evaluate growth dynamics of sessile oaks propagated by cuttings, a Nový Ples II research plot (RP) was planted at the altitude of 260 m a. s. l. Pruning was made 7 years after outplanting in both treatments (vegetative and generative propagated). Total height and diameter at breast height (DBH) were measured 2 years after pruning. Proportion of trees with fine-quality stem was determined before pruning and 2 years after pruning.

As regards vegetative and generative propagated planting stocks of sessile oak, it can be concluded:

1. We found a very good survival rate of vegetative propagated oaks. Survival rate is 99% at vegetative propagated oaks and 95 % at generative propagated oaks (tab. 1).
2. Vegetative propagated oaks showed also very good growth dynamics. These oaks are significantly bigger at morphological parameters such as total height and DBH compared to control (generative-propagated plants) 9 years after outplanting (fig. 1, tab. 2, 3).
3. Pruning of shoots had relatively little impact on proportion of trees with fine-quality stem, though stronger effect of pruning was documented on vegetative propagated trees. The influence of pruning on diameter growth was positive in comparison with control (without pruning) (fig. 4).

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jan Leugner, Ph.D., doc. Ing. Antonín Jurásek, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391-2; e-mail: leugner@vulhmop.cz, jurasek@vulhmop.cz

VÝVOJ KOŘENOVÝCH SYSTÉMŮ SMRKU ZTEPILÉHO V KULTURÁCH ZALOŽENÝCH KRYTOKOŘENNÝM A PROSTOKOŘENNÝM SADEBNÍM MATERIÁLEM V EXTRÉMNÍCH HORSKÝCH PODMÍNKÁCH

POST-PLANTING DEVELOPMENT OF ROOT SYSTEMS OF BARE-ROOTED AND CONTAINERIZED NORWAY SPRUCES PLANTED UNDER EXTREME MOUNTAIN CONDITIONS

JAN LEUGNER - ANTONÍN JURÁSEK - JARMILA MARTINCOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

The potential risk of impaired root expansion from the space of container or plug into surrounding soil exists after planting of containerized plants under extreme climatic and soil conditions of mountain localities. On research plot in the Krkonoše Mts. (Harrachov, 940 m a. s. l.) the growth of bare-rooted plants of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) has been compared to containerized plants. In more concrete terms, the seedlings grown in peat pots (Jiffy pots) and seedlings (plugs) intensively grown in plastic trays in greenhouses have been tested. The development of root systems, namely growth of roots outside the planting hole, was assessed 7 years after planting. Results indicate very good root growth of seedlings grown intensively in nursery greenhouses (plugs) even under extreme conditions of mountain localities. During seven years after planting the plugs drew up the size advance of bare rooted planting stock. A different architecture of root systems among plant types was observed 7 years after planting. In all types of plants, however, a good growth of roots out of original root ball occurred, which is a prerequisite for good performance and stability of stands.

Klíčová slova: smrk ztepilý, horské podmínky, kořenový růst, prostokořenný sadební materiál, krytokořenný sadební materiál

Key words: Norway spruce, mountain conditions, root growth, bare rooted plants, Jiffy pots, plugs

ÚVOD

Odlesněním rozsáhlých ploch došlo k výrazné negativní změně přírodních podmínek. Vzniklé horské holiny se velmi často stávají obtížně zalesnitelnými lokalitami, které kladou zvýšené nároky na kvalitu sadebního materiálu. Jednou z možností, jak zvýšit úspěšnost při zalesňování, je používání krytokořenného sadebního materiálu. V České republice jsou poměrně velké zkušenosti s používáním krytokořenných sazenic pěstovaných v prorůstavých obalech – rašelino-celulózových kelímcích (dále RCK), ve kterých jsou sazenice pouze po relativně krátkou dobu (maximálně 1 rok) zakořeňovány (LOKVENEC 1975, 1990). V současné době se i ve středoevropských podmínkách rychle rozšiřují intenzivní školkařské technologie (WESOŁY 1999). Tyto technologie používají při pěstování semenáčků nebo sazenic řízené prostředí skleníků a speciálních tepelně izolovaných foliových krytů (TINUS, MACDONALD 1979, LANDIS et al. 1993). V těchto zařízeních je komplexním systémem řízeno mikroklima (závlaha, teplotní a světelný režim). Detailně je řešeno i přihnojování. Režim hnojení je dokonale přizpůsoben jednotlivým fázím vývoje rostlin. Sadební materiál je pěstován v obalech, nejčastěji v různých typech neprorůstavých typů obalů – sadbovačů (JURÁSEK 1994). Pro výpěstky z intenzivních školkařských technologií se používá označení „plug“. Tento sadební materiál vykazuje velmi dobrou ujmavost a růst v běžných podmínkách (SZABLA 2004). V současnosti je využíván i pro zales-

ňování exponovaných horských poloh. Dosud však chybí informace o růstu plugů v extrémních klimatických a půdních podmínkách. V těchto podmínkách potenciálně hrozí nebezpečí omezeného rozrůstání kořenů z prostoru obalu do okolního půdního prostředí (LOKVENEC 1990). Problémy s kvalitou kořenových systémů by mohly být jednou z příčin špatného zdravotního stavu nebo odumírání smrkových kultur v extrémních horských podmínkách. Omezené a zejména mělké rozrůstání kořenů na horských lokalitách bylo v podmínkách ČR pozorováno již dříve (MARTINCOVÁ 2004).

Mnoho odborných prací se zabývá porovnáváním krytokořenného a prostokořenného sadebního materiálu z hlediska dalšího růstu založených kultur. Tato srovnání přinášejí velmi nejednoznačné výsledky, což odpovídá velké variabilitě jak použitého sadebního materiálu (a typů pěstebních obalů), tak velké rozdílnosti přírodních podmínek, kam byl vysazován (MENES et al. 1996, TUČEKOVÁ 2004). Mnozí autoři uvádějí zkušenost, že počáteční velikostní rozdíly sadebního materiálu přetrvávají ještě mnoho let po výsadbě. To se týká i porovnání menších krytokořenných semenáčků s většími prostokořennými sazenicemi (ALM 1983, DUDDLES, OWSTON 1990, GARDNER 1982, MATTICE 1982, WOOD 1990). Na druhé straně například BURDETT et al. (1984) uvádějí u některých druhů smrku snížení stíhlostního koeficientu (intenzivním tloušťkovým růstem) krytokořenných semenáčků během 3 let po výsadbě z původních 73 na 43, což odpovídá hodnotě běžné u prostokořenných sazenic. Rozrůstáním kořenových systémů smrku ztepilého

i dalších dřevin se podrobně věnují MAUER et al. (2004, 2008). Jejich sledování je zaměřeno především na rozdíly mezi charakteristikami kořenových systémů poškozených a nepoškozených stromů přibližně stejně starých a stejně vysokých jedinců. Z jejich výsledků jsou patrné výrazné rozdíly v některých charakteristikách kořenových systémů mezi zdravými a poškozenými jedinci.

Cílem našeho experimentu je posouzení, zda sadební materiál z pevných neprorůstáných obalů (plug) je možno bez rizika používat při umělé obnově v horských polohách. V našich pokusech tedy sledujeme růst sadebního materiálu horských populací smrku ztepilého pěstovaného intenzivními skleníkovými technologiemi v porovnání s růstem sadebního materiálu vypěstovaného klasickými postupy (prostokořenné sazenice, klasické krytokořenné sazenice pěstované v prorůstáných rašelino-celulóзовých kelímcích – RCK). Výzkum se zaměřuje především na problematiku aspekty technologie (rozdělení kořenových systémů) ve vztahu k extrémním horským polohám.

MATERIÁL A METODY

V roce 2002 byla založena experimentální výsadba smrku ztepilého na lokalitě Harrachov (HS 501, SLT 6N, nadmořská výška 940 m n. m.) zaměřená na sledování vývoje kořenových systémů prostokořenných a krytokořenných sazenic v extrémních horských podmínkách. Použit byl sadební materiál krkonošského původu. Na jaře byly vysazeny čtyřleté prostokořenné sazenice (1 + 3) a dvouleté krytokořenné sazenice (plugy) vypěstované intenzivní technologií ve fóliovém krytu (1fk + 1fk). Tyto krytokořenné sazenice byly pěstovány v prvním roce v tabletách Jiffy, následně byly přesazeny do větších plastových sadbovačů. Část prostokořenných sazenic byla použita pro osazení do rašelino-celulóзовých kelímků (RCK) a po zakořenění (po dobu 3 měsíců) v červnu (1 + 3 + 0,5k) vysazena na stejnou lokalitu (obr. 1). Výsadba všech variant byla provedena do jamek o velikosti 35 x 35 cm. Při osazování do obalů byla věnována velká pozornost úpravě kořenů a zabránění vzniku kořenových deformací. Také výsadba byla prováděna pečlivě, s maximálním důrazem na omezení deformací kořenů.

Během 7 let po výsadbě byl průběžně sledován výškový a tloušťkový růst všech vysazených sazenic. Na podzim roku 2008 byla část sazenic (24 ks z varianty) opatrně vyzvednuta pro detailní analýzy kořenových systémů.

Detailní analýza vzorníků na podzim 2008

Smrky pečlivě vykopané na podzim 2008 (7 let po výsadbě) byly převezeny do výzkumné stanice v Opočně pro podrobné laboratorní hodnocení morfoloických charakteristik sadebního materiálu, především pak jeho kořenových systémů. Měření se uskutečnilo v akreditované laboratoři „Školkařská kontrola“, která je součástí Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Výzkumné stanice Opočno. Vizualně byla hodnocena přítomnost významnějších deformací a adventivních kořenů. Stabilita byla dále posuzována pomocí největšího úhlu mezi dvěma sousedními horizontálními kosterními kořeny. Za kosterní kořeny v dalším hodnocení byly považovány takové, jejichž průměr v místě hodnocení činil alespoň 1/10 průměru kořenového krčku.

Rozrůstání horizontálních kořenů mimo prostor původního kořenového balu bylo hodnoceno ve vzdálenosti 5 a 15 cm od svislé osy. Vertikální kosterní kořeny byly hodnoceny v hloubce 5 a 15 cm. Zjišťován byl počet kosterních kořenů a jejich průměry a počítána celková kruhová plocha všech kosterních kořenů rostoucích v jednotlivých vzdálenostech od osy a hloubkách. Ve vzdálenosti 15 cm od kořenového krčku a v hloubce 15 cm byly pak odštířeny přerůstající kořeny a byla zjištěna sušina kořenových systémů v předpokládaném prostoru výsadbové jamky. Odštíření dlouhých kořenů snížilo chybu způsobenou nemožností vykopání celých nepoškozených kořenových systémů v náročném horském terénu.

Dále byl vypočítán „Index P“, který udává, jak velký je kořenový systém ve vztahu k velikosti nadzemní části. Jde o poměr součtu příčných ploch průřezů ve vzdálenosti 5 cm od osy kmene všech kosterních kořenů (v mm²) k výšce nadzemní části (v cm). Čím větší je hodnota Indexu P, tím lepší je poměr vývinu kořenového systému k nadzem-



Obr. 1.

Různé typy sadebního materiálu použité pro pokusnou výsadbu v Harrachově (zleva: prostokořenné sazenice, krytokořenné sazenice v neprorůstáných obalech—plugy a prorůstáných obalech - RCK)

Different type of planting stocks use for out-planting on research plot Harrachov (on the left: barerooting plants, plugs, peat pots)

ní části (MAUER et al. 2004). Z důvodů posouzení rozrůstání kořenů z prostoru výsadbových jamek byl proveden výpočet indexu P ve vzdálenosti 15 cm od osy kmene (poměr sumy průřezů kořenů ve vzdálenosti 15 cm ke výšce stromu – označení Index P15).

Statistické hodnocení získaných výsledků bylo prováděno v programu Excel a QC Expert.

VÝSLEDKY A DISKUSE

Růst nadzemních částí

Výškový a tloušťkový růst výsadbe je znázorněn na obrázcích 2 a 3, další znaky včetně statistického hodnocení vzorníků vyzvednutých 7 let po výsadbě jsou uvedeny v tabulce 1.

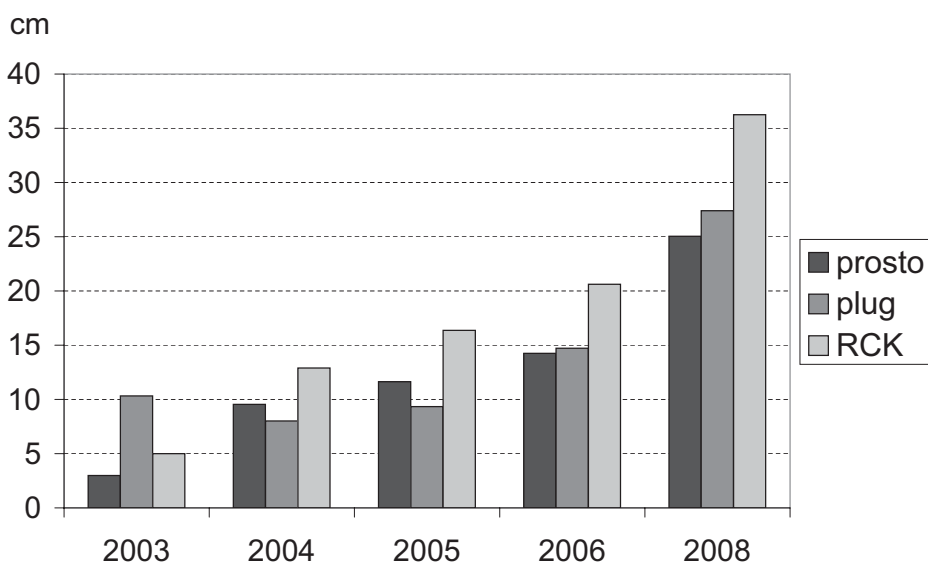
Výsledky ukázaly nejlepší výškový i tloušťkový růst klasických krytokořenných sazenic v RCK. Velmi dobře odrůstaly také dvouleté sazenice vypěstované intenzivní technologií – plugy. Jak je patrné z výškového přírůstu v jednotlivých letech, negativní reakce na přesazení

do extrémních podmínek se u nich projevila později než u ostatních variant a byla poměrně slabá. Díky intenzivnímu růstu po výsadbě se zpočátku výrazně menší plugy během 7 let vyrovnaly prostokořenným sazenicím, a to jak svou výškou, tak tloušťkou kořenového krčku, ale také hmotností nadzemních částí i kořenů (tabulka 1).

Hodnocení struktury kořenových systémů (tabulka 2) ukázalo, že u krytokořenného sadebního materiálu (plugy, RCK) nedošlo k přednostnímu růstu kořenů v prostoru původních kořenových balů, které by znamenalo nebezpečí vzniku druhotných deformací kořenů. Větší na sazenic vytvářela po výsadbě adventivní kořeny, které se intenzivně rozrůstaly do okolního půdního prostoru.

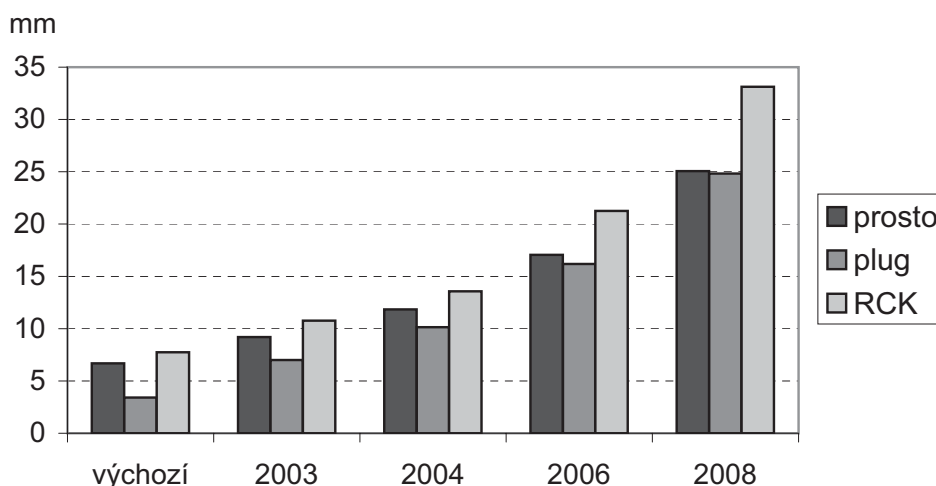
Tyto výsledky potvrzuje i detailní analýza kořenových systémů (tabulka 3). Z těchto analýz je patrné vyšší zastoupení horizontálních kořenů u variant RCK a prostokořenné, zatímco u jedinců pocházejících z plugů byl zaznamenán větší podíl vertikálních kořenů.

Z těchto důvodů byl proveden výpočet indexu P ve vzdálenosti 15 cm od osy kmene (poměr sumy průřezů kořenů ve vzdálenosti 15 cm k výšce stromu – označení Index P 15). Výsledky Indexu P a Index P15 jsou zobrazeny na obrázku 4.



Obr. 2.

Roční výškový přírůst různých typů sadebního materiálu (průměrné hodnoty celých variant) na experimentální ploše Harrachov
Height increments of the compared types of planting stock (average of variant) used on research plot Harrachov



Obr. 3.

Vývoj hodnot průměrné tloušťky v krčku všech jedinců u srovnávaných typů sadebního materiálu na experimentální ploše Harrachov
Average of diameter of root collar all trees of compared types of planting stocks used on research plot Harrachov

Tab. 1.

Základní morfologické znaky vzorníků smrků 7 let po výsadbě na extrémní horskou lokalitu
Basic morphological traits of sample trees of Norway spruce 7 years after planting on extreme mountain locality

Morfologický znak/Morphological feature		Prostokořenné/Bare-rooted	Plugy/Plugs	RCK/Peat pots
Výška nadzemní části/ Height	(cm)	průměr ¹⁾	118	150
		Sx ²⁾	38,734	43,517
		průkaznost ³⁾	a	a
Výškový přírůst 2008/ Height increment	(cm)	průměr ¹⁾	25	36
		Sx ²⁾	14,211	15,476
		průkaznost ³⁾	a	a
Průměr kořenového krčku/ Root collar diameter	(mm)	průměr ¹⁾	25,1	33,1
		Sx ²⁾	8,661	9,619
		průkaznost ³⁾	a	a
Sušina nadzemní části/ Shoot dry weight	(g)	průměr ¹⁾	366,3	631,3
		Sx ²⁾	267,369	258,704
		průkaznost ³⁾	a	a
Sušina kořenů/ Root dry weight	(g)	průměr ¹⁾	86,9	131,8
		Sx ²⁾	55,155	62,814
		průkaznost ³⁾	a	a
Poměr sušiny K/N/ Root/shoot dry mass ratio		průměr ¹⁾	0,26	0,21
		Sx ²⁾	0,071	0,107
		průkaznost ³⁾	a	a
Počet/Number	(ks)	23	25	24

¹⁾mean, ²⁾standard deviation, ³⁾Different letters in rows (treatments) indicate statistically significant differences at $\alpha = 0.05$ level

Tab. 2.

Charakteristiky stability kořenových systémů vyzvednutých vzorníků
Characteristic of stability of root systems of sample trees

Podíl sazenic/Share of planting stock (%)	Adventivní kořeny/ Adventitious roots		Maximální úhel mezi dvěma sousedními kosterními kořeny/Maximal angle between two neighbouring skeletal roots			Počet sazenic (ks)/ Number of plants (pcs)
	Ano/Yes	Ne/No	>= 180°	< 180°	nejsou/none	
Prostokořenné/ Barerooted	95,5	4,5	22	78	0	23
Plugy/Plugs	84,0	16,0	40	52	8	25
RCK/Peat pots	100,0	0,0	25	75	0	24

Výsledky hodnocení velikosti kořenového systému pomocí Indexu P a Indexu P15 potvrdily rozdíly mezi jednotlivými variantami, které jsou pravděpodobně způsobeny pěstební technologií při pěstování ve školce. Vyšší hodnoty Indexu P15 u varianty „plug“ naznačují bezproblémové rozrůstání kořenů mimo původní prostor výsadbové jamky.

Z výsledků našeho experimentu porovnávaného růst sadebního materiálu ze skleníkových technologií (plugů) se sadebním materiálem pěstovaným klasickými technologiemi tedy vyplývá, že nebyly zjištěny vážnější problémy s růstem sadebního materiálu z intenzivních technologií na extrémních horských holinách. I když si tento sadební materiál udržoval po řadu let určitá specifika (sadební materiál tohoto typu má v prvních letech po výsadbě nižší mrazuodolnost (MARTIN-

COVÁ 1990), neobjevily se vážnější anomálie růstu v porovnání s klasicky pěstovaným sadebním materiálem. Sedm let po výsadbě „plugy“ intenzivnějším růstem vyrovnaly velikostní předstih prostokořenného sadebního materiálu. Klasicky pěstovaný krytokořenný sadební materiál v RCK si po sedmiletém období od výsadby zachoval dobrou růstovou dynamiku a ve všech morfologických parametrech nadzemní části byl statisticky průkazně větší než zbývající dvě varianty experimentu. Mimo jiné se tím potvrdily výsledky, které zaznamenali BURDETT et al. (1984) o velmi intenzivním tloušťkovém růstu krytokořenných semenáčků smrku.

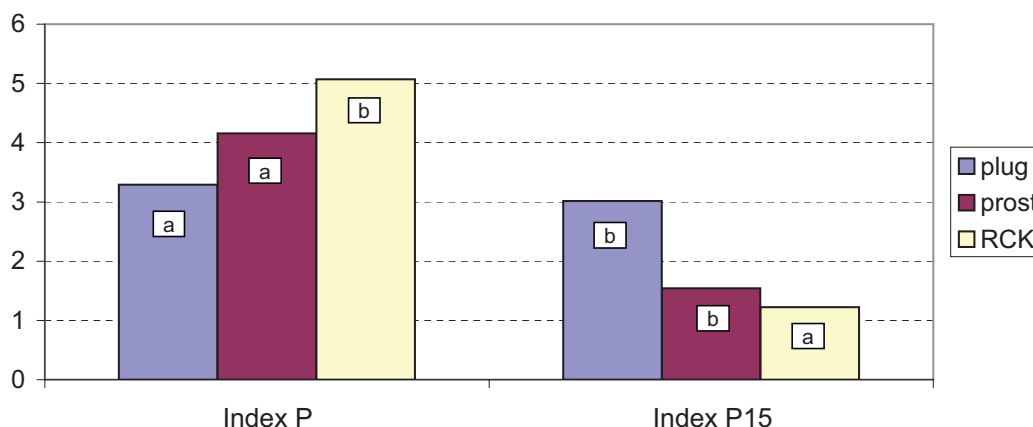
Relativně málo informací je k dispozici v problematice rozvoje kořenového systému. Například MAUER (2004) upozorňuje na nebezpečí vzniku druhotných deformací při velkém rozdílu v chemickém složení

Tab. 3.

Detailní analýza kořenových systémů vzorníků
Detail analyses of root systems of sample trees

Hodnocený znak/Morphological feature			Plug/Plugs	Prostokořenné/ Barerooted	RCK/Peat pots
Horizontální kořeny/ kosterní kořeny/ Horizontal skeletal roots	Počet kořenů ve vzdálenosti od osy/ No. of roots in distance from stem	5 cm	4,4 a	7,1 b	7,7 b
		15 cm	4,2 a	6,9 b	7,4 b
Horizontální kořeny/ kosterní kořeny/ Horizontal skeletal roots	Suma kruhové plochy kořenů (mm ²) ve vzdálenosti od osy/Sum of circular plots of roots in distance from stem:	5 cm	283,4 a	413,8 ab	650,4 b
		15 cm	115,9 a	134,0 a	215,4 a
Vertikální kořeny/ Vertical roots	Počet kořenů v hloubce/ No. of roots at depth	5 cm	3,3 b	1,9 a	2,1 a
		15 cm	2,6 a	1,7 a	1,7 a
	Suma kruhové plochy kořenů (mm ²) v hloubce/ Sum of circular plots of roots at depth:	5 cm	199,0 a	122,0 a	174,3 a
		15 cm	46,1 a	23,2 a	30,6 a
Index P			3,3 a	4,2 a	5,1 b
Index P15			3.0 b	1.5 ab	1.2 a
Počet hodnocených sazenic/No. of planting stocks			25	23	24

Zjištěné signifikantní rozdíly mezi variantami jsou uvedeny v tabulce jednotlivých charakteristik (odlišná písmena ukazují rozdíly signifikantní na 5% hladině významnosti)./Different letters in rows (treatments) indicate statistically significant differences at $\alpha = 0.05$ level



Obr. 4.

Hodnoty Indexu P a P 15 vzorníků (Odlišná písmena ukazují rozdíly signifikantní na 5% hladině významnosti.)

Parameters of „Index P“ and Index P15“ of sample trees (The letters in rows (treatments) indicate statistically significant differences at $\alpha = 0.05$ level)

balů krytokořenného sadebního materiálu a okolní půdy. Na základě detailního hodnocení našeho experimentu lze konstatovat, že kořenové systémy jednotlivých variant pokusu se výrazně lišily. Z výsledků je zřejmé, že odlišná architektura kořenových systémů je 7 let po výsadbě výrazně ovlivněna technologií pěstování sadebního materiálu ve školce. U krytokořenného sadebního materiálu pěstovaného v RCK byla zjištěna signifikantně vyšší suma kruhové plochy kořenů ve vzdálenosti 5 cm od osy kmene (viz tab. 3), která souvisí s technologickým postupem, kdy jsou RCK osazovány vyspělými prostokořennými sazenicemi (před osazením je kořenový systém krácen pro zamezení deformací kořenového systému).

Z analýz kořenových systémů je dále zřejmé, že výsledky většiny sledovaných charakteristik jsou srovnatelné pro varianty „plug“ a „prostokořenné“. Statisticky významné rozdíly vůči zbývajícím dvěma variantám byly zaznamenány u varianty „RCK“ (viz tab. 2 a 3). Rozdíly v morfologii kořenových systémů jsou tedy v souladu s růstem nadzemních částí stromů. Jedinci vypěstovaní v RCK mají více

horizontálních kořenů, které mají větší tloušťku než varianta „plug“, u které byl naopak zjištěn větší počet vertikálních kořenů. Větší objem nadzemní části (téměř dvojnásobný objem nadzemních částí u RCK – způsobený technologií pěstování – osazování kelímků vyspělými sazenicemi) měla u varianty RCK za následek nejméně příznivý poměr sušiny nadzemních částí ku kořenovému systému.

Zjištěné parametry „Index P“ (viz obr. 3), který udává, jak velký je kořenový systém k velikosti nadzemní části, jsou srovnatelné s výsledky publikovanými MAUEREM et al. (2008), kteří zjistili v 10letém porostu z oblasti Krkonoš Index P v rozpětí (3,67 – 5,62). Z pohledu budoucí stability jedinců (a celých porostů) je důležitý „Index P15“, který naznačuje velikost kořenového systému mimo prostor původní výsadbové jamky. Za významný výsledek zjištěný v rámci našeho experimentu považujeme to, že hodnota tohoto indexu byla největší u „plugů“. Z tohoto zjištění se tedy dá odvodit, že u této varianty dochází k relativně velmi dobrému a bezproblémovému růstu kořenů z prostoru původního kořenového balu do okolí.

ZÁVĚR

Výsledky pokusů ukázaly velmi dobrý růst krytokořeného sadebního materiálu vypěstovaného ve školce intenzivními postupy ve fóliových krytech (tzv. „plugů“) i v extrémnějších podmínkách horských lokalit.

Nezbytným předpokladem úspěšného použití tohoto sadebního materiálu je dodržení komplexní technologie pěstování ve školce (vhodný biologicky ověřený typ pěstební obalu, kvalitní „vzduchový polštář“, vyvážená výživa...) a vyloučení druhotných deformací kořenového systému správnou výsadbou při výsadbě na stanoviště. Poznatky o rozrůstání kořenových systémů v nepříznivém půdním prostředí neukázaly větší problémy s rozrůstáním kořenů z plugů mimo původní bal. Na stanovištích umožňujících využití těchto velikostních kategorií sadebního materiálu by tyto výpěstky mohly výrazně přispět ke zvýšení úspěšnosti umělé obnovy lesa.

Poděkování:

Poznatky byly získány v souvislosti s řešením výzkumného záměru MZE č. 002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- ALM A. A. 1983. Black and white spruce plantings in Minnesota: Container vs bareroot stock and fall vs spring planting. *For. Chron.*, 59/4: 189-191.
- BURDETT A. N., HERRING L. J., THOMPSON C. F. 1984. Early growth of planted spruce. *Canad. J. For. Res.*, 14: 644-651.
- DUDDLES R. E., OWSTON P. W. 1990. Performance of conifer stocktypes on national forests in the Oregon and Washington Coast Ranges. In: Rose R., Campbell S. J., Landis T. D. (eds.): *Target Seedling Symposium. Proc., Comb. Meet. West. For. Nursery Assoc.* August 13-17, 1990. Rosenberg, Oregon. Gen. Techn. Rep. RM-200. Fort Collins (Colorado), Rocky Mount. For. and Range Exp. Stat.: 263-68.
- GARDNER A. C. 1982. Field performance of containerized seedlings in interior British Columbia. In: Scarrat J. B., Glerum C., Plexman C. A. (eds.): *Proc. Canadian Containerized Tree Seedling Symp.* Toronto, ON., Sep. 14 – 16, 1981. Gt. Lakes For. Res. Cent., Sault Ste. Marie.: 321-330.
- JURÁSEK A. 1994. Netradiční způsoby pěstování sadebního materiálu lesních dřevin. In: *Nové směry v pěstování a ochraně sadebního materiálu ve školkách.* Sborník referátů z celostátního odborného semináře. Opočno, 26. a 27. 10. 1994. Opočno, VÚLHM-VS: 39-54.
- LANDIS T. D., TINUS R. W., McDONALD S. C. E., BARNETT J. P. 1993. *The Container Tree Nursery Manual. Volume 2. Containers and Growing Media.* Washington, D.C., U.S. Department of Agriculture: 87 s.
- LOKVENC T. 1975. Vliv nadmořské výšky na růst smrku (*Picea excelsa* LINK) v juvenilním stadiu. *Opera corcontica*, 12: 91-107.
- LOKVENC T. 1990. Poznatky se zaváděním obalené sadby, zejména typu Jiffy pots v ČR. In: *Technika obalované sadby. Mezinárodní konference Jiffy Research and Service.* Špindlerův Mlýn 18. – 19. 9. 1990. Hradec Králové, Východočeské státní lesy: 9 s.
- MARTINCOVÁ J. 2004. Zkušenosti s použitím krytokořeného sadebního materiálu smrku v horských oblastech. In: *Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa.* Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. 6. 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 49-56. ISBN 80-86386-51-1.
- MATTICE C. R. 1982. Comparative field performance of paperpot and bare-root planting stock in northeastern Ontario. In: Scarrat J. B., Glerum C., Plexman C. A. (eds.): *Proc. Canadian Containerized Tree Seedlings Symp.* Toronto, ON, Sep. 14-16, 1981. Sault Ste. Marie, Great Lakes For. Res. Cent.: 321-330.
- MAUER O. 2004. Deformace kořenového systému a stabilita lesních porostů. In: *Možnosti použití sadebního materiálu z intenzivních školkařských technologií pro obnovu lesa.* Sborník z mezinárodního semináře. Opočno, 3. a 4. 6. 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 22-26.
- MENES P. A., ODLUM K. D., PATERSON J. M. 1996. Comparative performance of bareroot and container-grown seedlings: an annotated bibliography. *Forest Research Information Paper No. 132.* Sault Ste. Marie, Ontario Forest Research Institute: 151 s.
- SZABLA K. 2004. Ekonomiczne uwarunkowania produkcji sadzonek z zakrytym systemem korzeniowym w szkołkach kontenerowych. In: *Sborník z mezinárodního semináře.* Opočno, 3. a 4. 6. 2004. Kostelec nad Černými lesy, Lesnická práce: 74-79.
- TINUS R. W., McDONALD S. E. 1979. How to grow tree seedlings in containers in greenhouses. *USDA Forest Service General Technical Report RM 60:* 225 s.
- TUČEKOVÁ A. 2004. Výsledky zalesňovania imisných holin voľnokorennými a obalenými sadenicami. *Lesnícky časopis – Forestry Journal*, 50/1: 17-39.
- WESOŁY W. 1999. Seedlings' production with covered root system in Polish nurseries. In: *Sborník referátů z mezinárodní konference.* Trutnov, 26. – 28. 5. 1999. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita: 87-90.
- WOOD J. E. 1990. Black spruce and jack pine plantation performance in boreal Ontario: 10-year results. *North. J. Appl. For.*, 7/4: 175-179.

POST-PLANTING DEVELOPMENT OF ROOT SYSTEMS OF BARE-ROOTED AND CONTAINERIZED NORWAY SPRUCES PLANTED UNDER EXTREME MOUNTAIN CONDITIONS

SUMMARY

After planting of containerized plants of Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) to extreme mountain climatic and soil conditions there is a risk of an impaired root growth out of space of a container into surrounding soil. Therefore, the growth of bare-rooted plants of Norway spruce has been compared to containerized plants on a research plot in the Krkonoše Mts. (Harrachov, 940 m a. s. l.). In more concrete terms, the seedlings grown in peat pots (Jiffy pots) and seedlings intensively grown in trays in greenhouses (plugs) have been tested. The development of root systems, namely growth of roots outside the original planting hole, was assessed 7 years after planting.

Results showed the best height and diameter growth of common containerized plants (Jiffy pots). Nonetheless, the two-year-old plugs produced by an intensive way also grew very well (Fig. 2, 3). Initially noticeably smaller plugs overgrew bare-rooted plants in height, root collar diameter and in root and shoot mass in the course of 7 years after planting (Table 1). No preferential root growth in space of original root balls, that means no risk of secondary root deformations, occurred.

Most of the plants formed adventitious roots after planting which intensively grew to surrounding soil (Table 2).

Significantly greater sum of root cross-sectional areas of roots in the distance of 5 cm from stem axis occurred in plants in Jiffy pots (Table 3). It is related to the way of cultivation when bare-rooted plants with shortened roots (because of prevention of root deformation) are planted into Jiffy pots. On the other hand higher number of vertical roots occurred in plugs.

Index P15 was calculated for quantification of roots growing out of planting hole. It represents the ratio of plots of crosswise root cuts in the distance of 15 cm from stem axis.

Our study did not show any indications of an impaired root expansion from plugs into surroundings even in harsh soil environment of a mountain site. On localities where the use of this plant-size category is acceptable, the plugs can contribute to an increased success of artificial regeneration.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jan Leugner, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 391-2; e-mail: leugner@vulhmop.cz

BIOTECHNOLOGICKÉ POSTUPY PŘI ZÁCHRANĚ KRITICKY OHROŽENÉHO DRUHU - HOŘCE JARNÍHO (*GENTIANA VERNA* L.)

BIOTECHNOLOGICAL METHODS IN THE PROTECTION OF CRITICALLY ENDANGERED SPECIES *GENTIANA VERNA* L.

PAVLÍNA MÁCHOVÁ - JANA MALÁ - HELENA CVRČKOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

ABSTRACT

The growth of axillary shoots was initiated on vegetative shoots, excised from aseptically grown plants of critically endangered *Gentiana verna*. Optimal cultivation media for organogenesis induction, multiplication and rooting were established. The induction of organogenesis on vegetative shoots was successful on the WPM medium with low concentration of cytokinin BAP (0.2 mg l⁻¹). The multiplication of primary explants was achieved on medium MS with concentration BAP (0.2 mg l⁻¹) and IBA (0.1 mg l⁻¹). Propagated shoots rooted in the half concentration of basal MS medium without cytokinins and with higher concentration of IBA (0.5 mg l⁻¹). In this condition 70 – 75 % of rooting rate of microcuttings was reached. The mortality during acclimatization was not over 40%.

Klíčová slova: hořec jarní, organogeneze, zakořeňování, aklimatizace

Key words: *Gentiana verna* L., organogenesis, rooting, acclimatization

Použité zkratky: BAP – benzylaminopurin, IBA – kyselina β-indolylmásečná, NAA – kyselina α-naftyloctová, 2iP – 6 – (y, γ – Dimethylallylamino)purine, WPM – woody plant medium (LLOYD, McCOWN 1981), MS – Murashige Skoog medium (MURASHIGE, SKOOG 1962)

ÚVOD

Hořec jarní (*Gentiana verna*, L.) se na přelomu 19. a 20. století vyskytoval v České republice na cca 60 lokalitách, dnes je tento druh na okraji vyhynutí (SLAVÍK et al. 2000). V současné době roste pouze na 3 lokalitách. Populace nížinné formy (dealpin) hořce jarního, která se již téměř neobnovuje přirozenou cestou, se nachází v NPP Rovná na Strakonicku a dvě o něco větší populace horské formy hořce jarního rostou v Malé kotlině a Velké kotlině v CHKO Jeseníky (KIRSCHNEROVÁ et al. 2008). Ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. byla ověřována možnost reprodukce populace nížinné formy hořce jarního metodami *in vitro*. Mikropropagační postupy *in vitro* (klonové množení v explantátových kulturách) jsou stále častěji používány jako alternativně možný způsob reprodukce ohrožených druhů rostlin. Představují vhodnou technologii pro konzervaci ohrožených genotypů i rychlé získání dostatečného množství klonového sadebního materiálu pro případnou repatriaci ohrožených druhů rostlin na původní stanoviště. Pro získání rostlin k reintrodukcii na původní stanoviště byla vypracována metoda organogeneze, tj. indukce adventivních nebo axilárních výhonů na primárním explantátu, jejich namnožení, zakořeňování a dopěstování kompletních rostlin.

MATERIÁL A METODY

Rostlinný materiál

Vegetativní výhony dlouhé cca 1 cm byly odebírány v jarních a podzimních termínech (květen, září – listopad) v letech 1998 až 2007. Výhony byly sterilizovány 5 min v 10% Sekuseptu® forte (Farmak, a. s., ČR), 10 minut v 1% SAVO (Bochemie, a. s., ČR) a třikrát promyty ve sterilní destilované vodě. Jako výchozí materiál pro založení explantátových kultur byla použita i semena hořce jarního, u nichž proběhla sterilizace 10 min v 1% SAVO, a poté byla třikrát promyta ve sterilní destilované vodě.

Indukce organogeneze

Pro indukci organogeneze se použily 2 typy modifikovaných médií: 6% agarové (Dr. Kulich Pharma, s. r. o, ČR) modifikované médium WPM (LLOYD, McCOWN 1981) doplněné o 200 mg.l⁻¹ glutaminu, 200 mg.l⁻¹ kaseinového hydrolyzátu, 30 g.l⁻¹ sacharózy, 0,2 mg.l⁻¹ BAP a 0,1 mg.l⁻¹ IBA a 6% agarové modifikované médium MS (MURASHIGE, SKOOG 1962) doplněné o 200 mg.l⁻¹ glutaminu, 200 mg.l⁻¹ kaseinového hydrolyzátu, 30 g.l⁻¹ sacharózy, 0,2 mg.l⁻¹ BAP a 0,1 mg.l⁻¹ IBA. Kultivace probíhala v klimatizovaných podmínkách při 24 °C a 16hodinové osvitové periodě bílým fluorescenčním světlem (30 μmol.m⁻².s⁻¹).

Multiplikace výhonů

Po 4 týdnech byly výhony přesazeny na multiplikační médium. Pro multiplikaci proběhlo testování 6 typů živných agarových médií. Byly použity různé kombinace růstových látek, jejich koncentrací a základních médií (tab. 1). Bylo provedeno testování dvou druhů agaru (AK – agar ČL 97, Dr. Kulich Pharma, s. r. o., AR – agar-agar, Carl Roth GmbH Co. KG). Multiplikace probíhala v klimatizovaných podmínkách při 24 °C a 16hodinové osvitové periodě bílým fluorescenčním světlem (30 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Pasážování probíhalo ve 4 – 5týdenních intervalech (obr. 1).

Zakořeňování

Pro zakořeňování byly výhony přesazeny na poloviční koncentrované základní agarové MS médium doplněné o 2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ glutaminu, 2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ glycinu a 10 $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ sacharózy, bez přítomnosti cytokininů a s auxinem IBA v koncentraci 3 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$. První fáze (7 dní) zakořeňování probíhala ve tmě při 24 °C. Druhá fáze probíhala na stejném médiu bez auxinu a za kultivačních podmínek aplikovaných ve fázi multiplikace (obr. 2).

Aklimatizace

Zakořeněné kultury byly přesazeny do perlitu a jedenkrát denně zalévány bazálním médiem MS ředěným 1 : 10 destilovanou vodou. Aklimatizace probíhala v konstantních kultivačních podmínkách při 20 °C a 24hodinovém osvětlení bílým fluorescenčním světlem (30 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$). Po 21 dnech byly rostliny přesazeny do směsi perlitu a neesterilního zahradnického substrátu a poté přeneseny do skleníku, kde byly postupně adaptovány na 70% relativní vzdušnou vlhkost.

VÝSLEDKY

Indukce organogeneze

Indukovat organogenezi se podařilo u všech klonů odebraných v jarním (květen) i v podzimním (polovina září až polovina listopadu) termínu. Pro indukci organogeneze se osvědčilo modifikované médium WPM doplněné o 200 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ glutaminu, 200 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ kaseinového hydrolyzátu, 30 $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ sacharózy, 0,2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ BAP a 0,1 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ IBA. Vysterylizovaná semena vyklíčila s 5% úspěšností na modifikovaném médiu MS doplněném o 200 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ glutaminu, 200 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ kaseinového hydrolyzátu, 30 $\text{g}\cdot\text{l}^{-1}$ sacharózy, 0,2 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ BAP a 0,1 $\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$ IBA.



Obr. 1.
Multiplikace hořce jarního
Multiplication of *Gentiana verna*

Tab. 1.

Vliv rozdílných kultivačních médií na multiplikaci hořce jarního
Effect of various media on multiplication of *Gentiana verna*

Základní médium/ Basal medium	Cytokinin ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)/ Cytokinin ($\text{mg}\cdot\text{l}^{-1}$)	Prům. počet nově vytvořených výhonů na kulturu \pm SD/ Average number of new shoots per culture \pm SD
MS	BAP (0,2)	13,75 \pm 6,76
MS	BAP (0,3)	0,5 \pm 0,09
MS	BAP (0,5)	8,3 \pm 3,21
MS	TDZ (3,3)	0,71 \pm 0,15
MS	BAP (1,0) + TDZ (3,3)	1,75 \pm 0,51
WPM	BAP (0,2)	6,2 \pm 2,45

Tab. 2.

Efektivnost mikropropagace hořce jarního
Efficiency of *Gentiana verna* micropropagation

Klon Clone	Počet primárních explantů/ Number of primary explants	Počet namnožených kultur po 8 měsících kultivace/ Number of propagated cultures after 8 months of cultivation
H1	4	57
H2	4	11
H3	3	18
H4	3	37
H5	4	21
H6	4	16
H7	2	14
H8	2	15
H9	2	22



Obr. 2.
Indukce kořenů u explantů hořce jarního
Induction of roots in explants of *Gentiana verna*



Obr. 3.
Výpěstek *in vitro* hořce jarního
Plantlets of *Gentiana verna*

Multiplikace výhonů

Na základě experimentů bylo jako nejúčinnější vybráno médium MS doplněné o 200 mg.l⁻¹ glutaminu, 200 mg.l⁻¹ kaseinového hydrolyzátu, 30 g.l⁻¹ sacharózy, 0,2 mg.l⁻¹ BAP a 0,1 mg.l⁻¹ IBA. Jako vhodné ztužující agens byl vtipován agar AK (Dr. Kulich Pharma, s. r. o, ČR), při použití agaru AR nedocházelo k vytváření nových výhonů. U rychlosti multiplikace byla pozorována výrazná klonová závislost (tab. 2).

Zakořeňování a aklimatizace

Na polovičním koncentrovaném MS médiu bez přítomnosti cytokininů a se zvýšenou koncentrací auxinu IBA došlo v průběhu 2 až 4 týdnů k indukci kořenů u všech klonů. Úspěšnost zakořeňování dosahovala u jednotlivých klonů 70–75 %. Kompletní rostliny byly úspěšně aklimatizovány (obr. 3) a u všech klonů dosahovaly průměrné ztráty při aklimatizaci cca 40 %.

DISKUSE A ZÁVĚR

Pro namnožení některých kriticky ohrožených druhů rostlin, např. lýkovec vonného lze úspěšně využít metodu mikropropagace (COHEN 1975, MALÁ et al. 2004). Mikropropagační technologie probíhající v kontrolovaných podmínkách umožňují vyloučení škodlivých faktorů, které v přírodě limitují přirozenou obnovu ohrožených druhů a současně zaručují i genetickou identitu množného materiálu (D'AMATO 1978). Neopomenutelnou výhodou mikropropagace je, že dárcovské rostliny nejsou vzhledem k malému množství odebraného materiálu ohroženy. Metoda mikropropagace byla u hořce jarního aplikována poprvé, a proto byly experimentálně ověřovány podmínky organogeneze, metody, která se osvědčuje pro reprodukci řady rostlin včetně listnatých dřevin (MALÁ et al. 2010). Mikropropagační metoda organogeneze byla u rodu *Gentiana* úspěšně využita k reprodukci i dalších ohrožených druhů, např. *Gentiana kurroo* (SHARMA et al. 1993), *G. lutea*, *G. crutiata*, *G. purpurea*, *G. acaulis* (MOMČILOVIČ et al. 1997). Pro indukci organogeneze se autorům osvědčilo použití vyšší koncentrace BAP (2 mg.l⁻¹) v kombinaci s IAA (0,2 mg.l⁻¹). Podobně HOSOKAWA et al. (1996) použili vysoké koncentrace růstových regulátorů především cytokininů pro indukci organogeneze u různých typů explantátů u rodu *Gentiana*. Indukci organogeneze se však podařilo navodit i s použitím nižších koncentrací fytohormonů, např. u *Gentiana crutiata* se podařilo navodit organogenezi při použití 0,1 – 2 mg.l⁻¹ BAP nebo kinetinu v kombinaci s 0,1 mg.l⁻¹ NAA (BUTIUC-KEUL, DELIU 1999). Tato zjištění jsou v souladu i s našimi výsledky, kdy pro indukci organogeneze u druhu *Gentiana verna* postačovaly nízké koncentrace cytokininu BAP (0,2 mg.l⁻¹) v kombinaci s auxinem IBA (0,1 mg.l⁻¹). Při použití nízkých koncentrací fytohormonů se neprojevil již dříve popsané (BOLLMARK et al. 1988) inhibiční účinky BAP na rhizogenezi. Tento inhibiční účinek u rodu *Gentiana* popsali BUTIUC-KEUL et al. (2005), kteří pozorovali negativní dopad vysoké koncentrace 2iP a zeatinu použitých k indukci organogeneze na schopnost kořenění explantátů u *Gentiana punctata*.

Pro reprodukci kriticky ohroženého hořce jarního se k indukci organogeneze osvědčilo modifikované agarové WPM médium s koncentrací růstových látek 0,2 mg.l⁻¹ BAP a 0,1 mg.l⁻¹ IBA. V průběhu kultivace na indukčním médiu se na bázi primárních explantátů tvořily další adventivní výhony, které byly dále namnoženy pro založení explantátové banky a následně i pro zakořeňování. S ohledem na navazující zakořeňování explantátových kultur bylo pro multiplikaci použito modifikované médium MS s nižším obsahem cytokininu BAP. V průběhu let 1998 – 2009 bylo pro následnou aklimatizaci zakořeňováno cca 500 rostlin. Vývoj kořenového systému u rostlin byl vyrovnán, výrazné rozdíly v délce a počtu kořenů se neprojevil. Po úspěšné aklimatizační fázi se podařilo dopěstovat cca 330 kompletních rostlin.

Při mikropropagaci hořce jarního se podařilo z vegetativních částí mateřských rostlin dopěstovat kompletní rostliny a založit explantátovou banku, ve které je v současné době od každého klonu uchováno 5 vícevrcholových kultur. Dopěstované kompletní rostliny byly předávány k reintrodukcii na základě požadavků Agentury ochrany přírody a krajiny České republiky (AOPK ČR).

Poděkování:

Příspěvek vznikl v rámci řešení výzkumného záměru č. MZE0002070203.

LITERATURA

- BOLLMARK M., KUBÁT B., ELIASSON L. 1988. Variation in endogenous cytokinin content during adventitious root formation in pea cuttings. *J. Plant Physiol.*, 132: 262-265.
- BUTIUC-KEUL A. L., DELIU C. 1999. Plant regeneration from nodal explant and callus of *Gentiana cruiata* L. In: Cachita-Cosma D., Ardelean A., Craciun C. (eds.): *In Vitro Cultures of Higher Plants*. Cluj-Napoca, Ed. Risoprint: 74-79.
- BUTIUC-KEUL A., SUTEU A., DELIU C. 2005. In vitro organogenesis of *Gentiana punctata*. *Not. Hot. Bot. Agribot.*, 33: 38-40.
- COHEN D. 1975. Plant tissue culture – possible applications in the New Zealand Nursery Industry. *Proc. Intern. Plant Prop. Soc.*, 25: 310-315.
- D'AMATO F. 1978. Chromosome number variation in cultured cells and regenerated plants. In: Thorpe T. A. (ed.): *Frontiers of Plant Tissue Culture*, Int. Assoc. Plant Tissue Cult., University of Calgary, Alberta: 287-295.
- HOSOKAWA K., NAKANO M., OIKAWA Y., YAMAMURA S. 1996. Adventitious shoot regeneration from leaf, stem and root explants of commercial cultivars of *Gentiana*. *Plant Cell Rep.*, 15: 578-581.
- KIRSCHNEROVÁ L., KAVALCOVÁ V., KLAUDISOVÁ A. 2008. Záchranný program pro hořec jarní (*Gentiana verna* L. subsp. *verna*) v České republice. http://www.nature.cz/publik_syst2/files146/zp_horec_jarni_bez_planu_pece.pdf.
- LLOYD G., MCCOWN B. H. 1981. Commercially feasible micropropagation of mountain laurel *Kalmia latifolia*, by use of shoot tip culture. *Proc. Intern. Plant Propag. Soc.*, 30: 421-427.
- MALÁ J., BYLINSKÝ V. 2004. Micropropagation of endangered species *Daphne cneorum*. *Biologia plantarum*, 48: 633-639.
- MALÁ J., MÁCHOVÁ P., CVRČKOVÁ H., ŠÍMA P. 2010. Biotechnologie v lesním hospodářství a šlechtění. *Lesnická práce*, 8: 17-19.
- MOMČILOVIČ L., GRUBIŠIĆ D., NEŠKOVIC M. 1997. Micropropagation of four *Gentiana* species (*G. lutea*, *G. crutiata*, *G. purpurea* and *G. acaulis*). *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 49: 141-144.
- MURASHIGE T., SKOOG F. 1962. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue cultures. *Physiol. Plant.*, 15: 473-497.
- SHARMA N., CHANDEL K. P. S., PAUL A. 1993. In vitro propagation of *Gentiana kurroo* – an indigenous threatened plant of medicinal importance. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture*, 34: 307-309.
- SLAVÍK B. et al. 2000. *Květena České republiky 6*. Praha, Academia: 108-109.

**BIOTECHNOLOGICAL METHODS IN THE PROTECTION OF CRITICALLY ENDANGERED SPECIES
(*GENTIANA VERNA* L.)****SUMMARY**

The *Gentiana verna* is one of the most endangered species in the Czech Republic. In this study, the induction of organogenesis, multiplication, rooting and acclimatization procedures are described. Vegetative shoots were sterilized in 10% Sekusept forte solution (Farmak, joint-stock company, CR) for 5 min, in 1% SAVO solution (Bochemie, joint-stock company, CR) for 10 min, and washed three times in sterile distilled water. The induction of organogenesis on vegetative shoots was successful on the 6% agar WPM medium with low concentration of cytokinin BAP (0.2 mg l⁻¹), glutamine (200 mg l⁻¹), casein hydrolyzate (200 mg l⁻¹), sucrose (30 g l⁻¹), and IBA (0.1 mg l⁻¹) with pH adjusted to 5.8. We tested 6 types of multiplication media, the fast multiplication rate of explants was obtained on medium MS with concentration BAP (0.2 mg l⁻¹), and IBA (0.1 mg l⁻¹), glutamine (200 mg l⁻¹), casein hydrolyzate (200 mg l⁻¹), sucrose (30 g l⁻¹). The half concentration of basal MS medium without cytokinins but with higher concentration of auxin IBA (3 mg l⁻¹) was used for induction of rhizogenesis. The explants are cultured firstly in the dark (one week) at 24 °C and then cultivation continued on the same medium without auxin in air-conditioned room under 16hrs photoperiod of white fluorescent light (30 μmol m⁻² s⁻¹) at 24 °C. The roots appeared during 2 – 4 weeks. Propagated shoots of each clones rooted with 70 – 75% success. The mortality during acclimatization did not exceed 40%. At present, five multiapex cultures of each clone are stored in the explant bank of FGMRI.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Pavlína Máchová, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 257 892 268; e-mail: machova@vulhm.cz

EKONOMICKO-PRÁVNÍ A SOCIÁLNÍ ASPEKTY SOUČASNÉ SITUACE MALÝCH LESNÍCH PODNIKŮ V RAKOUSKU A PŘEDPOKLÁDANÉ VÝVOJOVÉ TRENDY PŘI JEJICH SDRUŽOVÁNÍ

ECONOMICAL, LEGISLATIVE AND SOCIAL ASPECTS OF THE PRESENT SITUATION OF SMALL FOREST ENTERPRISES IN AUSTRIA AND SUPPOSED TRENDS OF DEVELOPMENT IN THEIR ASSOCIATIONS

JIŘÍ MATĚJÍČEK - BARBORA LIŠKOVÁ

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav lesnické a dřevařské ekonomiky a politiky, Brno

ABSTRACT

In the Czech Republic the situation in associating of forest owners with small-scale enterprises did not markedly change during the last 20 years even when it is one of the most effective ways how to remove fragmentation of ownership as well as the so-called structural imperfections of small forest ownerships. Describing of present situation in Germany and Austria, as an example, shows the possible, but not simple association process. This article deals with economical, legislative and social aspects of associating in Austria including expected trends of development of this process that indicates the gradual fading of interest in work not only in agriculture but also in forestry.

Klíčová slova: malé lesní podniky, sdružování vlastníků lesa, Rakousko, Zemědělská komora, lesnické služby

Key words: small-scale forest enterprises, associating of forest owners, Austria, Agricultural Chamber, forest services

ÚVOD

Neuspokojivá situace při sdružování vlastníků lesů malých výměr v České republice je dlouhodobě neměnná a nedává ani v posledních letech naději na rozhybní sdružovacího procesu u nás, přestože představuje jednu z neefektivnějších reálných cest, jak změnit nevyhovující situaci na cestě k odstranění tzv. strukturálních nedostatků malých lesních majetků.

Článek navazuje na obdobně koncipovaný příspěvek o situaci v Německu. Příspěvek podává základní informace o lesním hospodářství Rakouska se zřetelem na přiblížení situace, která existuje u malých lesních majetků.

PROBLEMATIKA

V úvodu příspěvku je provedena charakteristika lesního hospodářství Rakouska z hlediska několika základních statistických ukazatelů a je také popsána situace týkající se druhů vlastnictví, počtu a velikosti lesních majetků. V dalších kapitolách jsou charakterizovány jednotlivé druhy vlastnictví a pozice malých lesních podniků. Cílem autora příspěvku je seznámit čtenáře s vývojem sdružovacího procesu, především v poválečném období. Těžiště příspěvku je zaměřeno na současný stav v oblasti právních a organizačních forem sdružení a na výkon různých činností při řádném obhospodařování lesa a na další předpokládaný vývoj vyplývající z demografických změn ve společnosti. Stranou pozornosti nezůstává ani hledisko problematiky venkova a struktury vlastnictví. Právě aktuální problémy sdružování vlastníků lesů v těchto lesnických vyspělých evropských zemích by mohly být vodítkem i pro naše iniciativy v této oblasti na podporu sdružování, neboť naše zkušenosti prakticky neexistují nebo jsou minimálně velmi omezené a na urychlený přenos ověřených zahraničních zkušeností do našich podmínek (pochopitelně v modifikované podobě).

METODIKA

Příklady ze zahraničí ukazují, že při soustředěném úsilí na podporu sdružování vlastníků lesů by se mohly efekty společného prodeje lesnických výrobků a společného obhospodařování lesa dosáhnout i u malých vlastníků lesa. Z důvodu nedostatku našich vlastních zkušeností a poznatků a pro získání inspirace ze sdružovacího procesu z oblastí, kde se mu daří a přináší své výsledky, byla provedena rozsáhlejší analýza ekonomicko-právních, organizačních a sociálních aspektů současné či nedávné situace u malých lesních podniků v Německu a v Rakousku s cílem vytvořit znalostní základnu pro transfer zahraničního know-how do podmínek našeho lesního hospodářství.

Za významný přínos pro rozšíření možností volby vhodných metodických přístupů v ČR lze považovat využití zahraničních výsledků také z řady již provedených průzkumů mezi vlastníky lesů, které mohou s určitým časovým předstihem představovat naznačení očekávaných trendů v této oblasti i v našich podmínkách.

VÝSLEDKY

Charakteristika lesního hospodářství Rakouska

Rakouská republika patří ve střední Evropě mezi menší země, přesto patří k nejlesnatějším. Lesnatost je 47,2 % z celkové rozlohy státu. Největší podíl lesní plochy je ve spolkových zemích Steiermark (61,1 %) a Kärnten (60,6 %), dokonce i hlavní město Vídeň má přes 21 % rozlohy zalesněno. Téměř tři čtvrtiny rakouských lesů jsou lesy soukromé a jsou obhospodařovány soukromými vlastníky. Přibližně třetinu z celkové rozlohy zaujímají velké lesní majetky.

Rakousko se nazývá zemí dřeva. Roční těžba se v Rakousku pohybuje okolo 19 mil. m³ dříví, z velké části jehličnatého. Celorepubliková zásoba představuje 1,095 mld. m³ dříví a roční přírůst činí 31 mil. m³.

U velkých majetků se výše těžby blíží přírůstu, na rozdíl od lesů sel-
ských, kde je přírůstek těžen pouze z 50 %.

V Rakousku je podle oficiálních údajů 170 548 vlastníků lesů. Necelé
1 % vlastníků vlastní polovinu rakouských lesů s průměrem větším
než 1 000 ha na vlastníka. Naproti tomu 99 % vlastníků má majetek
menší než 200 ha a přibližně 40 % majitelů dokonce majetek menší
než 3 ha. Průměrná obhospodařovaná plocha 1 majitele lesa je 15 ha.
U majitelů pod 5 ha se toto číslo sníží až na 1,9 ha na vlastníka. V kate-
gorii 5 – 20 ha se průměr pohybuje přibližně kolem 9,5 ha na majitele
a pro kategorii 50 – 200 ha je to 92 ha. U největších vlastníků, jejichž
rozloha přesahuje 200 ha, dosahuje průměr na podnik 1 246 ha. Počet
lesních majetků a jejich zastoupení na celkové rozloze lesa je uveden
v tabulce 1.

Tab. 1.

Počet lesních majetků v Rakousku
Number of forest holdings in Austria

Velikost majetku/ Size of holdings	Počet majetků/ Number of holdings	%
do 3 ha	64 681	37,9
3 až 5 ha	30 728	18
5 až 20 ha	56 954	33,4
20 až 50 ha	12 476	7,3
50 až 200 ha	4 663	2,7
nad 200 ha	1 406	0,8
Celkem	170 548	100

Zdroj: Statistik Austria 2002, Agrarstrukturerhebung, 1999

Největší zastoupení lesních majetků podle velikosti je u majetků do
3 ha (38 %) a dále u majetků o velikosti 5 – 20 ha (33 %). Vzhledem
k historickému vývoji je podíl lesa ve vlastnictví státu pouhých 17 %,
soukromé lesní majetky o rozloze nad 200 ha představují 22 % a lesní
majetky do 200 ha tvoří 50 % všech lesních pozemků. Tyto malé lesy
patří převážně zemědělským podnikům a výrazně přispívají k jejich
ekonomické životaschopnosti. Podrobně je vlastnická struktura
popsána v tabulce 2.

Tab. 2.

Vlastnická struktura lesů v Rakousku
Ownership structure of forest in Austria

Druh vlastnictví/ Type of ownership	ha	%
soukromé do 200 ha/ private to 200 ha	1 806 753	50
soukromé nad 200 ha/ private over 200 ha	796 446	22
společenstevní lesy/ association forests	343 528	9
obecní lesy/ municipal forests	78 372	2
lesy spolkových zemí/ forests of federal lands	49 666	1
státní lesy/state forest	571 068	16
Celkem/Totally	3 645 833	100,0

Zdroj: Lebensministerium 2007

Podle rakouského lesního zákona lesní majetky nad 500 ha musí
zaměstnávat lesníka a lesní majetky nad 1 800 ha musí zaměstnávat
lesního inženýra s vysokoškolským vzděláním. Vzhledem k majet-
kové a velikostní struktuře lesů tedy většina lesních majetků nemá
povinnost zajistit hospodaření v lese pod odborným vedením.

Charakteristika jednotlivých druhů vlastnictví lesa

Většina lesů obhospodařovaná soukromými vlastníky spadá mezi
tzv. smíšené zemědělské a lesní podniky. Platí to především pro
alpské oblasti (často se jedná o tzv. selský les). V průběhu vývoje
však u vlastníků dochází k ochabování zájmu o hospodaření v země-
dělství a v lese.

Ke státním lesům patří všechny lesy Rakouské republiky i jednotlivých
spolkových zemí. Na rozdíl od Německa je poměr vlastnictví mezi stá-
tem a jednotlivými spolkovými zeměmi opačný, tzn. že v Rakousku
vlastní spolkové země výrazně méně lesů než Rakouská republika,
která lesy obhospodařuje prostřednictvím akciové společnosti Öster-
reichische Bundesforste AG.

Pod názvem společenstevní lesy jsou myšleny především lesy církevní
a potom lesy jiných, jinde neuvažovaných organizací.

Pozice malých lesních podniků v Rakousku

Obecný vývoj v zemědělství částečně ztěžuje efektivní lesní hospo-
daření. Hospodářské celky složené z malých jednotek brání nasazení
moderní těžební techniky. Špatná jakost dříví a malé množství dříví
dodávaného na trh podhodnocuje výnosy v porovnání s možnostmi,
které poskytuje trh a jeho ceny.

Také v Rakousku byly již od zhruba 60. let minulého století snahy
o spolupráci vlastníků selských lesů. Stavělo se na zkušenostech ze
spolkové země Oberösterreich v případě společného prodeje malého
množství určitých sortimentů. Před více než 30 lety se vlastníci lesů
v Rakousku poprvé sloučili do společenství lesních podniků, aby spo-
lečně prodali topolové dříví.

Zemědělská komora

Péče o malé lesy se uskutečňuje na jedné straně prostřednictvím les-
ních úřadů a na druhé straně prostřednictvím zákonného zájmového
zastupování zemědělských a lesních vlastníků pozemků, kterým je
Komora pro zemědělství a lesnictví (dále Zemědělská komora, „ZK“).
Tato dvoukolejná péče vede částečně ke shodě mezi úřady a Zemědě-
lskou komorou, ovšem dělbu práce také zčásti ke konkurenci a kon-
fliktům. Pro praxi je důležité tzv. povinné členství. To znamená, že
každý vlastník zemědělského a/nebo lesního majetku je automaticky
členem Zemědělské komory, a tím mu vzniká povinnost finančně při-
spívat, ale také má nárok na zastupování a podporu. Jiné spolky a sva-
zy mohou být Zemědělskou komorou uznány a přibrány k zajištění
úkolů ZK. Například Svaz vlastníků selských lesů je jedním z takových
odborných svazů v rámci ZK.

Velmi důležité pojítko mezi managementem a jednotlivými vlastníky
selského lesa představuje obecní lesní pomocník (Waldhelfer). To je
různými lesnickými kurzy vyškolený rolník, který trvale žije v obci.
Tito pomocníci nejsou ovšem ve všech městech a také ne všechny je
možné označit za aktivní v této činnosti.

Podle stanov sleduje Svaz vlastníků selských lesů záměr „podporovat
hospodářský zájem svých členů v každém ohledu, být jim nápomocen
obzvláště v oblasti dřevní produkce, prodeje a zhodnocení, ale také
podporovat členy ve všech otázkách souvisejících s lesnickým hospo-
dařením“.

Z provedených průzkumů vyplývá, že je třeba zlepšit metody těžby dříví a strojní vybavení. Podle mínění respondentů toho lze dosáhnout modernější a automatizovanější lesní mechanizací. K zajištění kapacity strojů je třeba vytvořit metody spolupráce. Moderní logistické koncepce by měly zlepšit a kontrolovat tok materiálu a informací v řetězci přidané hodnoty. Podpora se v této souvislosti očekává od propagace metod spolupráce a vhodného poradenství a informačního zabezpečení. Mnozí také vidí možnost v zaměstnání lesnických dodavatelů prací, kteří zajistí péči o les. Důvodem je nedostatečná vlastní pracovní kapacita.

Motiv sdružování a současný stav

Průměrná rozloha lesa ve velikostní skupině podniků do 200 ha je 7,5 ha. Malá rozloha a částečně rozptýlená povaha vlastnictví lesa jsou příčinou značných překážek v hospodaření. Kvůli malému množství dříví uváděného na trh je odbyt užitkového dříví v porovnání s tržní cenou podprůměrný. Ze strany malých vlastníků lesa bylo s nelihostí registrováno, že Rakouské spolkové lesy dosahují stále vyšších cen za dříví, což bylo jedním z hlavních motivů k vytváření sdružení. V minulosti vždy existoval tento cenový rozdíl, ale pro cenovou úroveň nebyl silný obchodní partner (nebo konkurent) nevýhodou, protože bez tohoto partnera by byla celková cenová úroveň dříví z malých lesů ještě nižší.

Spolupráce pro lesní podniky může být organizována horizontálně a vertikálně. Nejčastějším vyjádřením je založení společenství lesních podniků, v nichž se slučují převážně zemědělské podniky z důvodů společného plánování, obhospodařování lesa a prodeje dříví. Tím mohou zefektivnit aktivity a investice (např. stroje), stejně jako zvýšit obchodovatelnost množství lesních produktů. Ve smyslu formalizované sousedské spolupráce mohou potenciálně všichni členové profitovat podle angažovanosti.

Podle stavu v roce 2006 bylo v rámci Zemských lesních svazů ze 170 000 vlastníků rakouských lesů organizováno okolo 52 100 vlastníků ve 200 společenstvích lesních podniků. To reprezentuje lesní plochu okolo 809 000 ha. V roce 2005 bylo společně zobchodováno 2,57 mil. m³ dříví. Podrobnější členění společenství lesních podniků podle spolkových zemí je uvedeno v tabulce 3.

Tab. 3.
Společenství lesních podniků v Rakousku
Associations of forest enterprises in Austria

Spolková země/ Federal land	Společenství lesních podniků/Associations of forest enterprises	Členové/ Members	Rozloha/ Size
	počet/number		ha
Burgenland	4	5 000	15 000
Kärnten	41	2 960	87 000
Niederösterreich	69	4 999	233 813
Oberösterreich	55	21 335	172 662
Salzburg	5	6 000	100 000
Steiermark	23	11 000	160 000
Tirol	1	382	10 400
Vorarlberg	2	471	31 000
Rakousko celkem/ Austria in total	200	52 147	809 875

Význam spolupráce představuje pro lesní podniky především posílení pozice na trhu nebo dosažení přístupu na nové trhy. Zkouší se

hledat nová cesta fungování počínaje společnou profesionalizací lesní těžby, důsledným řízením dodávek k odběrateli až po prodej. S lesním svazem je spojen řetěz služeb od poradenství přes těžební servis až k prodeji dříví. Lesní sdružení jsou někdy viděna jako poskytovatel lesnických služeb a pojitko mezi vlastníkem lesa a lesním hospodářstvím. Obzvláště malým lesům a statkům vzdálených vlastníků chybí zkušenosti nebo nutná důvěra, mnozí jsou všeobecně nejistí.

Panuje obecná shoda, že dosud kooperace – v uvádění surového dříví na trh nebo při využití strojů – přinášela vlastníkům lesa výhody a alespoň částečně zvyšovala jejich konkurenceschopnost. Stávající formy spolupráce prokázaly nejen nutnost reagovat na změny, ale mají také strukturální význam v procesním řízení. Je tedy nezbytné neustále se přizpůsobovat měnícím se požadavkům. Potvrzuje to také průzkum provedený v Rakousku, který ukazuje význam vhodných kooperačních metod a zlepšení v oblasti logistiky.

Problémy s obhospodařováním malých majetků

Praktikované nekontinuální obhospodařování lesa brání získání nepřetržitého vedlejšího výnosu z lesa. Mnohem důležitější funkci zde plní les jako „záložna“. V souladu s tím se pro práci v lese zřídka zařazují časově stále pracovní kapacity, což zpochybňuje otázky udržitelného hospodaření vůbec. Možnost získat vedlejší výnos není dostatečně využívána.

Nejvýznamnější problémy hospodaření v maloplošných lesích jsou důsledkem maloplošných lesních celků a změn ve struktuře vlastnictví. Maloplošné hospodářské celky, stejně jako jejich tvar a umístění, ztěžují efektivní správu těchto jednotek. Vzdálenost mezi lesem a sídlem vlastníka se stále zvětšuje, což také brání možnosti efektivního lesního hospodaření. Vzdálení vlastníci lesa stále více ztrácejí vztah ke svému lesu, což částečně vede až k tomu, že už ani neznají hranice svého majetku. Velkou výzvou v maloplošném lesnictví je překonat tyto strukturální nevýhody.

Druhým významným problémem je malá důležitost lesů v rámci zemědělského podniku. Na třetí místo se řadí problém nedostatečnosti péstebních metod. Absence realizace opatření a péče o les, nedostatečné zohlednění potřeb stanoviště, špatný výběr dřevin a také negativní dopad na životní prostředí hrají důležitou úlohu. Jako nevýznamné se jeví vzdělání, práce majitele lesa jako lesnického dodavatele a zužitkování dříví.

Prodej dříví

Lesní zákon obsahuje množství předpisů o druhu a způsobu jak les a lesní půdu využívat a pečovat o ně, ale neurčuje v žádném případě způsob obchodu se dřívím, a proto se taky v této oblasti lesní úřady neangažují. Svazy malých soukromých lesů jsou v první řadě organizace prodávající dříví. Vyskytují se ovšem styčné body mezi úřady jako svrchovanou správou a svazy. Prostřednictvím snahy poskytnout služby pro soukromé vlastníky lesů (a tím je motivovat k dobrému hospodaření v lesích) přichází úřady do kontaktu s lesními svazy.

Společenství lesních podniků napomáhají vlastníkům malých lesních majetků k efektivnějšímu hospodaření v lesích tím, že je zlepšeno využití vytěženého dříví. Regionálně připadající malé množství dříví je spojeno do velké jednotky, která posílí možnosti prodeje, neboť umožní přístup k podnikům zpracovávajícím velké množství dřevní hmoty. Zaprvé se tím zjednoduší způsob nákupu pro kupující a zadruhé může být podle pravidel pro prodej většího množství dříví dosaženo vyšší ceny. Navíc je poukazováno na to, že neexistuje nabídkový tlak při prodeji dříví a vlastní zajištění členů stojí v popředí.

Řetěz tvorby přidané hodnoty společenství lesních podniků se významně liší podle jednotlivých podniků. Společný prodej dříví velkého množství vyžaduje od vlastníků současné procesní kroky, jako je např. vystavení jednotlivých vyúčtování ze společného účetního výkazu odběratelů pro různé členy dodávající dříví v průběhu zúčtovacího období. Prodej neobvyklých sortimentů pro speciální odběratele je pro osamocené vlastníky lesa kvůli malému množství vyrobeného dříví většinou nemožný. Prostřednictvím činností svazu lesních vlastníků se malé, vhodně agregované odbytové množství od jednotlivých vlastníků sdruží a jako velké množství za co možná nejlepší podmínky prodá.

Prostřednictvím přímých výhod jednotlivých vlastníků bude trh se dřívím celkově ovlivněn. Cena dříví, která bude dosažena prostřednictvím svazu lesních vlastníků má funkci doporučené ceny, která bude také zohledněna u mnoha jiných obchodů se dřívím. Z této činnosti svazu budou profitovat nejen jeho členové, ale všichni vlastníci lesa.

Také odběratelé dříví mají výhody vycházející z činnosti svazu – místo uzavírání (často však dohadování) obchodů s mnoha vlastníky lesa převezme svaz jejich úlohu obchodního partnera, a tím dojde k výraznému zjednodušení při dopravě dříví i vyúčtování.

Vývoj u odběratelů dříví ukazuje, že stále menší počet firem kupuje stále větší množství dříví. Obzvláště rolnický vlastník lesa tím stojí proti stále menšímu počtu kupujících. Doby, kdy prodávající sám určoval podmínky prodeje dříví, jsou dávno pryč. Dnes prodávající neurčuje jaké dříví a za jakou cenu bude prodáno. Velké závody nejsou nuceny jednat s velkým množstvím malých nabídek. Lesní hospodářství, obzvláště malí vlastníci, musí zpracovatelům dříví nabídnout, aby zajistili prodej.

Podpory určené malým lesním majetkům

Podpory jsou řízeny zvláštní směrnici Les & voda v rámci rakouských programů pro rozvoj venkovského prostoru na období 2007 – 2013. Mezi podpory společného obhospodařování lesů lze zařadit:

- koordinace opatření – podpora členů prostřednictvím plánování, poradenství nebo provádění dlouhodobého efektivního obhospodařování jejich lesních porostů
- kooperace – kooperace mezi lesním hospodářstvím a dřevozpracujícím průmyslem a/nebo s třetí stranou.

DISKUSE

Tato část příspěvku pojednává o trendech a výhledech lesních sdružení do budoucna. Rozvoj maloplošného lesnictví úzce souvisí se strukturálními změnami v zemědělství. V dekadách 1960 až 1990 se celkový počet zemědělských a lesních podniků snížil ze 371 195 na 273 210, což odpovídá 26,4 % poklesu. Tento trend pokračoval i v posledním desetiletí. Současně se zvýšil počet vlastnictví „na dálku“, jehož důsledkem je chybějící nebo nedostatečná péče o les.

Podle rakouského průzkumu bylo zjištěno, že lesní majetek nepředstavuje pro vlastníky žádný hospodářský význam, navíc se vytrácí zájem o hospodaření v lese. Největší část vlastníků malých lesních majetků je ještě zemědělsky činná, přesto vzrůstá trend nového „nezemědělského“ typu vlastníka. Podle toho může být třetina majitelů lesa označena jako zemědělství nebo tradiční, další třetina jako „ne-tradiční“ (tzv. noví měšťtí a zemědělství vzdálení vlastníci). Poslední třetinu představují majitelé na rozhraní.

V poslední době se dostávají ne-tradiční vlastníci do oblasti zájmu lesnické politiky, podnikatelů v lesním hospodářství a také zpracovatelů dříví. Podnikatelé přemýšlí o nabídkách lesnických služeb pro vlastníky, díky čemuž by bylo mnoho lesních ploch znovu lesnický obhos-

podáváno a využíváno. Mnoho lesních svazů a veřejných a soukromých lesních podniků tyto výkony nabízí.

Podíl ne-tradičních nových vlastníků je v současné době přibližně jedna třetina, ale v příští generaci bude již nejméně poloviční. S ohledem na tento vývoj by bylo vhodné začít s navázáním ne-tradičních majitelů lesa do lesnických sítí, dokud ještě většina těchto vlastníků má spojení se zemědělstvím a vyznává tradiční hodnoty.

Cíle společenství lesních podniků v Rakousku jsou:

- co nejlepší prodej dříví pro své členy,
- na zákazníka orientované a hromadné zásobování odběratelů dřevní surovinou,
- výhodný nákup podnikových prostředků prostřednictvím nákupu velkého množství,
- snížení nákladů na m³ a zvýšení výnosů pro členy svazu,
- zvýšení úrovně lesnických vědomostí prostřednictvím vzdělávacích programů,
- zlepšení názoru na lesy, vytváření povědomí prostřednictvím práce s veřejností.

Jeden z důležitých cílů spočívá ve využití přírůstového potenciálu lesa, samozřejmě s ohledem na daný stav na trhu. Tím by bylo možné zajistit dlouhodobé zajištění dřevní suroviny pro materiálové i energetické použití. Lesní celky velmi malých rozloh vyžadují nové modely obhospodařování. Přitom má být současně zlepšena stávající prodejní struktura a udržena tržně relevantní velikost vůči odběratelům. Dále by měly být používány všechny možné elektronické podpory jako například GIS-systémy, stejně jako by měla být silněji vybudována spolupráce s tržně relevantním partnerem.

Společenství lesních podniků a lesní svazy se vyvinuly v Rakousku v dobře fungující kooperaci vlastníků malých lesních majetků při prodeji dříví. Společenské změny vedly ke stálému nárůstu vlastníků neznalých obhospodařování lesa. Velkým nákladům na poradenství pro vlastníky lesů malých výměř, kteří mohou provádět jen sporadické obhospodařování svého lesa, se staví naproti tomu zanedbatelné množství vytěženého dříví. Zlepšení započatých procesů a další vývoj společenství lesních podniků a lesních svazů k podniku nabízejícímu služby s rozsáhlou nabídkou výkonů pro obhospodařování lesa tvoří základy pro efektivní těžbu dřevní suroviny v malých lesích.

K zajištění konkurenceschopnosti maloplošných lesních podniků do budoucna je třeba vyvinout nové formy spolupráce a logistická zlepšení. Pro soukromé vlastníky, kteří zcela pochopí své zájmy ohledně lesa, je nutné nalézt způsoby, jak by vlastníci maloplošných lesů mohli participovat na trhu a pomáhat dřevařskému průmyslu v získání této části produkce dříví.

Modely a přístupy ke kooperaci jsou mnohé. Tyto modely sahají od uvedených příkladů uvádění dříví na trh a společného využívání strojů až k transferu hospodaření k centralizovanému způsobu prostřednictvím pronájmu. Spojuje se tak zájem majitelů lesa i jejich marketingových partnerů na optimalizaci postupu kroků. Moderní formy organizace, jako jsou virtuální podniky nebo smluvně zajišťované interní služby (outsourcing), budou v odvětví lesnictví také akceptovány.

Moderní řetězce zpracování dříví vyžadují intenzivní horizontální a vertikální spolupráci. Pokud jde o horizontální integraci, stávající formy spolupráce, jako jsou lesní hospodářská sdružení, nabízejí vynikající ústřední řídicí centra. Budoucí podpora ze strany veřejných institucí by se měla soustředit na nezbytnou počáteční podporu, která by těmto společenstvím razila cestu k modernímu pojetí managementu. K rozvoji vhodných metod vertikální integrace se diskutují možnosti logistických koncepcí. Důležitým cílem tohoto nového přístupu

je dát vlastníkům maloplošných lesů šanci začlenit a využít výhody moderních technologií.

Tyto koncepce je schopna uskutečnit pouze dobře organizovaná dřevařská síť. Ta organizuje a řídí veškerý tok informací a materiálu řetězcem přidané hodnoty podle požadavků moderní logistiky. Vyžaduje ústřední informační platformu, kde se shromažďují data od majitele lesa i zákazníka. Na základě těchto dat se manažer průběžně rozhoduje o postupu výroby a nákupu dříví, který garantuje integrovaná síť skupiny podnikatelů. Všechny tyto výhody jako menší zpoždění dodávek, vyšší flexibilita, snížení zásob a zvýšená jakost produktu zvyšují celkový zisk sítě.

Provedená šetření jasně ukázala, že v Rakousku existují v maloplošném lesním hospodářství problémy. Situace v dalších částech Evropy je obdobná. Doposud naznačuje existence jistých horizontálních forem spolupráce alespoň částečný úspěch. K zajištění konkurenceschopnosti v budoucnu je nezbytná spolupráce na vertikální úrovni. Vyžaduje to ústupky v záměrech a odklon od starých tradic u všech, jichž se to týká.

ZÁVĚR

Popisovaná problematika není díky rozmanitosti prakticky aplikovaných přístupů jak v Německu, tak i v Rakousku jednoduchá, z čehož plyne, že není možné si na předmět řešené problematiky vytvořit jednoznačný názor a učinit patřičný závěr pro aplikaci v podmínkách České republiky. Dokládá to i množství často protichůdných informací vztahujících se k problematice sdružování v obou zemích. Situaci dále ztěžuje i nedostatek aktuálních informací o problematice sdružování v Rakousku ve srovnání s dostupností informací o situaci v Německu.

Pro obě analyzované země je společné, že realizovaná těžba nedosahuje výše přírůstu. Tento stav vychází ještě zřetelněji najevo při vyhodnocování výsledků inventarizace lesů. Díky této skutečnosti a díky rostoucím potřebám dřevařského průmyslu vznikla v obou zemích lesnickopolitická aktivita označovaná jako „mobilizace dřevní suroviny“. Tato aktivita, která v letech 2005 – 2007 iniciovala řadu diskusí, přesunula soukromé lesy a problémy spojené s jejich strukturou do středu pozornosti celého oboru. Hlavní myšlenkou bylo podporovat vlastníky lesů k obhospodařování svých lesů a prodeji vytěžené dřevní suroviny. Nástrojem pro realizaci této myšlenky měly být právě nejrozumnější formy sdružení, které by pro vlastníka lesa zajistily společný prodej dříví a v některých případech i komplexní obhospodařování lesa.

Tento příspěvek spolu s již publikovaným příspěvkem z německého prostředí představuje v ČR dosud neexistující souhrn informací o nedávné či současné situaci sdružovacího procesu v Německu a Rakousku. Takovýto informační zdroj může být velmi dobrým východiskem při úvahách o nejvhodnějších opatřeních při opětovném oživení sdružování vlastníků lesa, které se na rozdíl od výše uvedených zemí u nás v podstatě za uplynulých 20 let nijak nezformovalo ani nerozvinulo.

Ze zkušeností obou lesnických vyspělých sousedních zemí jednoznačně vyplývá, že sdružování vlastníků lesa je velmi účinný prostředek k odstranění strukturálních nedostatků malých lesních podniků a může být významným faktorem rozvoje venkova, kde působí, a to především v současné době, kdy existuje řada výzev a šancí pro lesní hospodářství, jak v oblasti poptávky po obnovitelném přírodním zdroji – dřevě, tak při snaze o dosažení vyššího zhodnocení lesních nedřevních komodit a lesnických služeb. Tamní vlády a státní správa lesů si jsou toho plně vědomy a procesu sdružování věnují stálou pozornost, přičemž se jedná o prioritní téma státní i zemské lesnické politiky.

I když je v textu zmínka o vytrácení zájmu o hospodaření v lesích, v posledních letech lze přesto pozorovat zvýšený zájem o ekonomické využití lesního potenciálu v podobě energetického využití dendromasy či komerčního uplatnění lesnických nedřevních komodit a služeb apod., což jistě souvisí se zvýšenými aktivitami na úrovni EU (Akční plán EU pro lesnictví), rozpracování národních lesnických programů v těchto zemích i s postupným nárůstem uvědomování si významu lesů pro další rozvoj společnosti, pro kvalitu života obyvatelstva atd.

Bez vzniku sdružení vlastníků lesa malých výměr u nás se nepodaří úspěšně řešit problémy spojené s touto formou vlastnictví a současně významně přispět k tvorbě nových pracovních příležitostí a dodatečných příjmů venkovských lesnických i nelesnických subjektů.

Oba příspěvky mapující situaci u našich sousedů na poli sdružování vlastníků lesa či jinými slovy sdružování lesních podniků mohou být velmi inspirativní pro oblast sociálně ekonomického výzkumu při návrzích na rozpracování dalších důležitých témat, jejichž výstupem by mohly být poznatky urychlující proces aktivizace vzniku sdružení vlastníků lesa jako jsou tolik chybějící osvětové materiály.

Poděkování:

Poznatky byly získány v souvislosti s řešením 1. etapy projektu pro MZe č. j. 25636/2009-16220 „Zjištění situace a vývojových trendů u malých lesních podniků v zahraničí“.

LITERATURA

- DAXNER P., DÜRRSTEIN H., KANZIAN C., PERTLIK E., RAUCH P., STAMPFER K. 2004. Prozessverbesserung Kleinwald Produktionskette Holz. Wien, Universität für Bodenkultur.
- EDER R. 2001. Wen interessiert der Bauernwald und seine Ergebnisse wirklich? Forstzeitung, č. 1: 5-6.
- FISCHER A. 2006. Nicht jammern, sondern anpacken. Forstzeitung, č. 10: 4-5.
- FISCHER A. 2009. Strategische Neuausrichtung. Forstzeitung, č. 1: 4-5. Wien. Str. 18-19. Získáno 12. 10 2009 z <http://www.lebensministerium.at/filemanager/download/6900>
- HUBER W., SCHWARZBAUER P., WEINFURTER, S. 2007. Kleinwald-Analyse zeigt Barrieren. Forstzeitung, č. 1: 4-5.
- MAG H. 2006. Verwachsener Kleinwald. Forstzeitung, č. 7: 6-7.
- RIEGER G. 2001. Forstbetriebsgemeinschaften für den Privatwald. Österreichische Forstzeitung, 112/1: 10-11.
- SEKOT W. 2000. Betriebsabrechnung für den Kleinprivatwald. Forstzeitung, č. 10: 10-11.
- STAMPFER K., DÜRRSTEIN H., MOSER A. 2001. Small-scale forestry challenges in Austria. In: Economic sustainability of small-scale forestry, EFI: 179-186.
- ZAUNBAUER F. 1996. Der bäuerliche Waldbesitzverband Salzburg. Beziehungen der Staatforstverwaltung zu privaten Waldeigentümern und deren Verbänden. Mätrafired: International Union of Forest Research Organisations.

ECONOMICAL, LEGISLATIVE AND SOCIAL ASPECTS OF THE PRESENT SITUATION OF SMALL FOREST ENTERPRISES IN AUSTRIA AND SUPPOSED TRENDS OF DEVELOPMENT IN THEIR ASSOCIATIONS

SUMMARY

This article, like the similar article on situation in Germany issued in the preceding number of this periodical, characterizes forest management in Austria as a whole, position of small forest enterprises and present state in associating of forest owners. Attention is also given to the spacious structure of forest owners and to characteristics of individual forest ownerships. Unlike Germany, in Austria important role in care of small forests plays Agricultural Chamber with its so-called obligatory membership. Forest associations are sometimes understood like providers of forestry services and connecting links between the owners and forest management. Nevertheless, it is generally agreed that cooperation at raw timber sale and at machinery use is lucrative and enhances competitiveness of forest owners. There is a great problem of low importance of forests in frame of agricultural enterprise and insufficient Silvicultural measures. Subsidies are based on the special directive included in the Austrian programs for landscape development. With regard to future development it is recommended to involve the non-traditional forest owners into forest networks, to create new models of forest management, to work on logistic improvements, etc. and to gradually reach management transfer on base of leasing.

Considering the final discussions both for Germany and Austria, it is evident that not only differences and complexity of practically applied access in the both countries but also opposing information related to associating do not enable to form clear opinion and appropriate conclusion concerning the problem and to use these foreign experiences in conditions of the Czech Republic forest management.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Jiří Matějčíček, CSc.

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav lesnické a dřevařské ekonomiky a politiky
Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika
Tel.: 257 982 235; e-mail: matejcekjiri@seznam.cz

Ing. Barbora Lišková

Mendelova univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav lesnické a dřevařské ekonomiky a politiky
Zemědělská 3, 613 00 Brno, Česká republika
tel.: 545 134 312; e-mail: barbora.liskova@mendelu.cz

HISTORIE ZALESŇOVÁNÍ NELESNÍCH PŮD NA ÚZEMÍ ČESKÉ REPUBLIKY

HISTORY OF NON-FOREST LAND AFFORESTATION IN THE CZECH REPUBLIC

ONDŘEJ ŠPULÁK - DUŠAN KACÁLEK

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno

ABSTRACT

Afforestation is a principal measure to establish a new forest on land which has never been covered with forest or that one being deforested a long time ago and then used for other human purposes (agriculture). In the Czech Republic, the first colonization of the land dates back to the Neolithic period 5,000 B.C. First records from Classical world mention our lands as inaccessible due to horrible woods and swamps. These large forests lying along borders of the Czech lands were kept undisturbed till the beginning of medieval colonization. Then both lay and ecclesiastical lords including their peasants were allowed to clear the forests to obtain an agricultural land. At the beginning of the modern era some areas were found so treeless that first afforestations were done to provide people with both fuel and timber. The land use was rapidly influenced by consequences of wars. However a plan-based forest management emerges along with the first Austro-Hungarian laws only at the beginning of the 18th century. The area of forest land had started to increase since that time. Some land was also afforested in order to limit or stop damage caused by floods at the end of the 19th century. Very large areas were afforested within confiscated land after the World War II. The total forest land has been increasing till these days. Both Czech government and the European Union support land use change in terms of providing subsidies for afforestation of less-productive agricultural land.

Klíčová slova: nelesní půda, zalesňování, historie, delimitace

Key words: non-forest land, afforestation, history, delimitation

ÚVOD

Zalesňování je často chápáno jako umělá obnova lesa. Nicméně již KONŠEL (1940) uvádí, že tento termín je lepší používat pro „nové zakládání lesa na pozemcích, které buď ještě lesem nebyly nebo již dávno jím býti přestaly, takže nemají povahy půd lesních.“ Naše studie se zabývá právě těmi pozemky, které byly v minulosti pokryty lesem, ale později byly odlesněny za účelem získání půdy k zemědělskému hospodaření. Tento proces byl nastartován již v 5. tisíciletí př. Kr. (LOŽEK 1999b) a s rozvojem společnosti se odlesňování stalo pravděpodobně nejvýznamnějším procesem přeměny (WILLIAMS 2000) ve smyslu transformace zemského povrchu (OLOFSSON, HICKLER 2008).

Středoevropské lesy se začaly vyvíjet po ústupu kontinentálního zalednění, kdy změna klimatu umožnila vývoj půd a došlo k postupnému osídlení bezlesí dřevinami. Podle LOŽKA (1999a) zprvu převažovaly porosty tzv. pionýrských dřevin (borovice, bříza); později je také doloženo významné šíření lísky. V průběhu dalšího oteplování byly světlé přípravné porosty zatlačeny smíšenými doubravami s přimíšenými jilmy, lipami, jasanem a javory. V horských oblastech Šumavy a v sudetských pohořích se v té době vyskytoval i smrk. LOŽEK (1999a) dále připomíná, že vliv člověka na vegetaci byl ve střední době kamenné ještě poměrně malý – zejména vzhledem k nepočetné populaci. Asi dva a půl tisíce let př. n. l. došlo k imigraci buku a jedle do lesů na našem území (RANDUŠKA et al. 1986). V té době již byly nejteplejší oblasti našeho území trvale osídlené a obhospodařované (LOŽEK 1999b), tudíž alespoň v rámci těchto území se vegetační kryt vyvíjel za současného působení lidské společnosti. Nové poznatky totiž ukazují, že již evropská neolitická vytyvořili stabilnější usedlou společnost s diverzifikovanou ekonomikou, než se dosud myslelo. Již tehdy vytvářeli „kulturní krajinu“ a současní zemědělci by i v neolitických sídlech mohli rozpoznat podobné přístupy, jaké jsou uplatňovány při moderním hospodaření (WILLIAMS 2000).

Nejstarší historické zprávy o lesnatosti na území naší země zaznamenal řecký geograf Ptolemaios (2. pol. 2. století n. l.). Tyto zprávy i pozdější zmínky (Tacitův spis *Germania*) nasvědčují tomu, že už „na počátku našeho letopočtu panovala o naší vlasti představa jako o území lesnatém“ (NOŽIČKA 1957). Tato představa ale vychází pravděpodobně jen ze znalosti okrajových oblastí našeho dnešního území. Nožička cituje Tacitu v tom smyslu, že země byla „nepřístupná pro hrozné pralesy a bažiny“ a nikoliv, že by tyto oblasti byly celé pokryty nedotčenými hvozdy a mokřady. Není pochyb, že lesnatost našeho území byla tehdy mnohem vyšší než dnes a že pohraniční pohoří byla pokryta téměř neporušenými lesy, které zasahovaly hluboko do Čech i do sousedních zemí. Osídlení našich zemí bylo do konce 12. století ještě poměrně řídké a soustřeďovalo se nejvíce do oblastí bezlesých spraší nebo jen málo zalesněné krajiny (NOŽIČKA 1957). Nejdůležitější funkcí prakticky nedotčeného pohraničního hvozdu v období před jeho kolonizací byla obrana státu. Se změnou sociálních a hospodářských poměrů ve 12. a 13. století však postupně tento význam slábl (TYDLITÁT 1985) a území byla na popud panovníků osidlována. Přesto v některých částech našich hor přetrvával účel obrany státu ještě poměrně dlouho. LÁSKA (1948) to dokládá na příkladu lesů z vrcholových partií Orlických hor, kde byla zapovězena těžba ještě v 17. století.

Řídce osídlená slovanská území ve střední a východní Evropě byla později kolonizována zejména osadníky z území dnešního Německa, jak o tom svědčí např. počátky českých měst na konci 13. století zakladané na německém právu (ŽEMLIČKA 2003). Tato kolonizace byla organizována jak světskou, tak duchovní vrchností, často za velmi velkorysých podmínek. V Čechách a na Moravě byli také místní rolníci podněcováni k tomu, aby klučili les a usazovali se v nových oblastech (WILLIAMS 2000). V lesnatých a horských oblastech byly do poloviny 12. století pouze osady a obydlí strážců v okolí obchodních cest. Rozmach klášterní kolonizace souvisí s tím, že kláštery byly často zakládány v odlehlých lesnatých krajinách, nebo dostaly celé lesní újezdy,

aby je přeměnily na zemědělskou půdu (NOŽIČKA 1957, HORÁK 1963). Přeměna lesní půdy na ornou byla velice obtížná a vyžádala si řadu let namáhavé práce, proto byli kolonisté na určitý počet let osvobozeni od placení úroků. Často se stávalo, že vykloučená půda, která se pěstováním zemědělských plodin vyčerpala, byla opět ponechána lesu a místo ní byly vykloučeny další části lesa.

Ne vždy byla opuštěná půda ponechávána lesu zcela záměrně. V případě výskytu velkých epidemií (černý mor v letech 1347 – 1353) nebo válečných konfliktů (stoletá válka ve Francii, husitské války v Čechách a třicetiletá válka jako skutečný evropský konflikt) je prokázáno opětovné šíření lesů (WILLIAMS 2000). Tyto změny využití půdy se projeví i v ústní tradici předávané po generacích a později byly zachyceny v krásné literatuře. Tak např. JIRÁSEK (1957) vkládá ve hře *Lucerna do úst šumaři Zimovi příběh o hejkalovi, který mj. pravil: „Už pamatuju třikrát pole a třikrát les na tomhle místě.“* Pravdou i z jiných zdrojů potvrzenou je, že střídání kultur bylo v průběhu staletí častým jevem, zvláště při hospodaření polařením. Polaření bylo nejprve provozováno zcela náhodně (v Evropě již od 16. století) jako výpomoc při nedostatku zemědělské půdy. Od počátku 19. století je někteří majitelé lesů využívali záměrně; sledovali tím jak zvýšení výnosů z lesního hospodářství tak usnadnění práce a zlepšení výsledků při zalesňování holin. CHADT-ŠEVĚTÍNSKÝ (1913) uvádí, že ve 40. letech 19. století, kdy se polaření u nás rozšířilo nejvíce, skoro ve všech našich lesích bez ohledu na bývalý porost se po důkladném vykloučení pařezů a přípravě půdy sázely na holé mýtiny brambory, nebo se selo letní i ozimé obilí. V nižších polohách Krkonoš mohli například poddaní obhospodařovat přidělené paseky tři roky jako pole a čtvrtý rok byli povinni je osít lesním semenem (LOKVENC et al. 1992).

Cílem našeho příspěvku je shrnout vývoj stavu lesa a legislativního usměrňování lesnického hospodaření včetně věcného obsahu s hlavním zřetelem na zalesňování nelesních půd. Změny ve vnímání potřeby lesa pro společnost nakonec vedly ke snaze o opětovné zvýšení lesnatosti na našem území. Přestože dřevní surovina již dávno není tak strategickou surovinou nutnou k udržení chodu ekonomiky státu, jako tomu bylo ve starověku, středověku a na prahu novověku, i v současnosti je zalesňování nelesních půd vnímáno jako pozitivní opatření.

HISTORICKÝ VÝVOJ

Od doby prvních městských práv

Ustanovení o trestech za krádež dříví bylo obsaženo už v právní památce „Zakon sudnyj ljudem“ z doby Velkomoravské říše. Zde bylo uvedeno, že „kdo podpaluje cizí les nebo kácí z něho stromy, jest povinen dvojnásobkem“ (VAŠICA 1966). Také v nařízeních knížete Konráda Oty, přijatých na sněmu v Sadské roku 1189, byl jeden článek věnován potrestání pachatele, který by porážel strom v cizím lese (NOŽIČKA 1957). Další ustanovení o ochraně lesů proti jejich devastaci a krádeži dřeva, včetně trestů za překročení, obsahují městská práva ve výrazně odlesněných oblastech (městské právo brněnské 1243, jihlavské 1259) (NOŽIČKA 1957).

Okolo roku 1350 nechal připravit císař Karel IV. první celostátně platnou normu u nás zabývající se mj. také lesem – zákoník „Maiestas Carolina“ (PALACKÝ 1884 in KŘEPELA 2002). Konstatovalo se v něm, že v Království Českém jsou lesy, jejichž „rozlehlost, hustota a výška stromů jsou známy v mnoha zemích světa“. Obsahoval však také stíznost, že lesy jsou už v některých krajích vytěženy, vyorány a vykopány. Přísně měly být trestány především krádeže dříví, zapálení královských lesů, svévolné kácení stromů apod. I když se pro odpor šlechty navrhovaný dokument nestal zákonem, výmluvně vypovídá o tehdejšímu stavu lesů, které bylo nutné chránit tak přísnými tresty (NOŽIČKA 1957).

Maiestas Carolina byl cennou inspirací pro mnohé následující právní normy označované jako lesní řády, z nichž nejstarší byl vydán roku 1379 na Chebsku (MOCKER 1913). Tento dokument, stejně jako mnoho dokumentů pozdějších, řeší pouze omezení devastace stávajících lesů, zvyšováním výměry lesní půdy se přímo nezabývá.

Za husitských válek bylo vypáleno mnoho osad i dvorců a značně poklesl počet obyvatel, takže byla pozastavena za doby Karla IV. rychle se rozvíjející kolonizace. Pro lesy toto období znamenalo oddych po předchozím velkém náporu a i když na mnoha místech byla potřeba stavebního dříví na znovuvybudování zničených měst a vsí, ustalo rozsáhlé přeměňování lesů na pole a louky. Často značná plocha orné půdy náležící k vypáleným sídlům opět zarůstala lesem (NOŽIČKA 1957).

Teprve v 16. století se výrazněji projevil vzestup hospodářství, kdy zvláště rozvíjející se hornictví přineslo značný tlak na lesy. Vykloučení rozsáhlých lesních ploch mělo za následek trvalé snižování produkční základny, avšak potřeba dříví stoupala. Bylo tedy zapotřebí přikročit k pěstební péči o lesy a usilovat o zabezpečení co největší produkce. Tak se např. pro obnovu větších pasek začaly více používat výstavky (první zmínky v pardubickém urbáři krátce po r. 1494 – NOŽIČKA 1957).

Kromě přirozených způsobů obnovy lesa náletem a pomocí výmladků (zvláště v luzích), byla již v 16. století známa a také uplatňována obnova umělá a zakládání lesů. První cílené zalesňování nelesních půd u nás, o kterém se dochovala zmínka, se uskutečnilo v roce 1570, kdy byl za starou pražskou Oborou oplocen nově vysázený lesík („neu ausgesetzte Wäldl“), jak je uvedeno v místodržitelském přípisu ze 7. dubna 1571 (NOŽIČKA 1957). Na plot se mělo vzít potřebné dubové dříví z nedalekého lesa zvaného Šárka.

Podle zprávy J. Beckovského založil roku 1589 G. F. Žďárský, majitel statku Červený Újezd, dvě míle od Prahy za oborou Hvězda nový les, „neboť daleko z šíří i z dýlí žádného lesa ani hájička tehdaž se nenacházelo v té celý a dosti dalekých rovině“ (NOŽIČKA 1957). Žďárský dal tehdy „díl toho rovného položený skrze svý poddaný zvorati, semeno borovičné i žaludy síti, oboje to zavlačeti a okolo toho borovičného i dubového pole hluboký příkopy do čtyř úhlův neb čtverhranný vyházeti“. Zároveň byla na tomto osetém místě zakázána pastva, kde „v několika krátkých letech vyrostl krásný hájek neb lesíček“. Na málo zalesněném Slánsku, kde se již tehdy projevoval nedostatek palivového dříví, vysázeli roku 1548 Jarpičtí vrby (NOŽIČKA 1957).

Umělá obnova a zakládání nových lesů se tehdy soustředilo především na záměrné pěstování určitých zvláště potřebných dřevin. Tak bylo artikulemi pro lesní včelaře na panství litomyšlském (1570/78) nařízeno šetřit v panských lesích „javoří, kleniči a lipí“. Naproti tomu myslivecké zájmy a snaha zajistit pastvu směřovaly k šetření dubů a buků (NOŽIČKA 1957).

K velké změně v charakteru krajiny došlo v důsledku třicetileté války (1618 - 1648). Válka způsobila v českých zemích pokles počtu obyvatel až o jednu třetinu, zanikl také zhruba srovnatelný počet sídel. Odhaduje se, že po válce 20 – 25 % poddanské půdy zůstalo pustých. Uplatňovala se zde přirozená sukcese, většinou se v ní uplatňovala bříza, osika, vrba, méně borovice (NOŽIČKA 1957).

Od počátku 18. století

Lesnické pokusnictví má své kořeny v době předbělohorské, kdy už byla známa umělá obnova lesa. Tomuto období jistě předcházely různé pokusy, i když o nich není dochovaný žádný záznam. Jako první konkrétní doklad tohoto druhu je možné uvést zprávu o Jeltschově pěstebním pokusu z r. 1701. Lesmistr Jeltsch na mikulovském panství dal na velké pasece rozházet borové šišky. Do roku 1736 zde vyrostlo mnoho tisíc krásných borovic rovných jako svíce (NOŽIČKA 1957). První

zmínky o zalesňovacích pokusech jsou z roku 1755, kdy na valdštejnských panstvích v Čechách i na Moravě zalesňoval pozdější trebičský polesný Fr. Barton (Nožička 1957).

V osmdesátých letech 18. století jsou na panství Brandýs n. L. doloženy speciální pokusy novobydžovského lékaře Jana Bernarda Gregoriho. Ten se, po předchozím působení v Uhrách, kde se již setkal s problémem zalesňování, snažil zalesnit neplodné písčité půdy. Gregori zkoušel vysévat borové a březové semeno s obilím, které mělo poskytnout mladým stromkům potřebný stín. Tento způsob setby se však neosvědčil, protože obilí poskytovalo ochranu semenáčkům pouze první rok a semenáčky po sklizni obilí usychaly. Gregori nakonec přišel na způsob úspěšného zalesnění písčitých půd: místo obilí použil k výsevu společně se semeny dřevin sverep (pravděpodobně *Bromus secalinus* nebo *B. sterilis*), který dobře snáší sucho, vlhko a chlad. Když se zaseje s lesním semenem a uzraje, sám se vysemení, další rok znovu vyklíčí a svým stínem chrání stromky do té doby, než ho přerostou a zadusí. Důležitým předpokladem úspěchu zalesnění bylo náležité ohrazení místa, aby v něm nemohl dělat škody dobytek. Na svém pokusu u Sojovic dal Gregori plochu k zalesnění dvakrát zorat, poté nechal zavlažet sverep a lesní semeno zasít jako obilí na celý záhon. Výzkumnická činnost Gregoriho se neomezovala jen na střední Čechy, později působil také v Uhrách. Zde vypracoval podrobný návrh na zalesňování neplodných půd včetně melioračních opatření: přihnojení bahnem z močálů, mastnou hlinou z pastvin, smíchaným bahnem a hnojem, nebo alespoň dovoz kvalitní hlíny do jam pro sázení (Nožička 1954).

Až do poloviny 18. století ponechával rakouský stát veškerou péči o lesy pouze jejich vlastníkům. Prozíravější majitelé šlechtických velkostatků (např. Schwarzenberg, Kinský, Sporck aj.) si uvědomovali význam lesů a vydávali instrukce pro jejich obhospodařování s cílem zlepšit jejich stav (Nožička 1957). Většina lesů však byla v neutěšeném stavu a jejich část ještě byla, i přes četné zákazy v instrukcích té doby, postupně přeměňována na pole, louky a pastviny, mnohdy se souhlasem vrchnosti.

Za vlády císaře Karla VI. (1711 – 1740) došlo k prvním státním usměrňování hospodaření v lesích: vlastníci v pohraničí museli žádat o povolení vývozu dříví do Saska, byl proveden soupis lesů pro účely daní a došlo k jednoduché kategorizaci lesů (lesy příhraniční s obrannou funkcí a lesy vnitrozemní se zásobovací funkcí). Uvažovalo se již také o vydání lesních řádů, pro odpor šlechty však byla jejich příprava odsunuta až do doby vlády Marie Terezie (Nožička 1957). Zájem společnosti (nedostatek dřeva) si i v zemích Koruny České vynutil zásah do vrchnostenské hospodářské svobody. Dvorský dekret pro Čechy z 1. 9. 1753 nařizoval, že v jakkoliv vykáčených lesích musí být zase hned zajištěna obnova. Toto ustanovení přešlo později do lesního řádu (KAZIMOUR 1933).

V polovině 18. století pak vydalo Rakousko v jednotlivých zemích, mezi nimi v Čechách (1754 – „Císařský a královský patent lesů a dříví, ustanovení v království Českém se týkající“), na Moravě (1754) a ve Slezsku (1756) císařské patenty, které významně zasáhly do vlastnictví lesů a hospodaření v nich. Tyto lesní řády mj. přísně zakazovaly ničení (klučení) lesů bez ohledu na vlastníka, omezovaly svévolnou těžbu (i za cenu výrazného omezení vlastnických práv), stanovily vlastníkům povinnost obnovení lesa na vykáčených plochách, zakazovaly pastvu v mladých kulturách a zavedly oplocování kultur tam, kde vznikaly velké škody. Dozor nad hospodařením v lesích byl svěřen krajským úřadům.

Tyto lesní řády, i když jejich naplňování nebylo vždy zaručeno, je možné označit za významný mezník ve vývoji evropských lesů, protože od jejich vydání se začal stále důrazněji uplatňovat státní a společenský zájem o lesy a lesní hospodářství, což vedlo k postupnému zlepšování stavu lesů (POLENO 1990). Lesní řády však nevěnovaly žádoucí pozornost otázkám pěstování lesa a důkladnější úpravě těžby, proto byl k lesnímu řádu pro Čechy připojen obsáhlý návod s názvem: „Návod

k řádu dříví a lesů pro Království České, jak by lesy mohly být pěstovány, lépe vychovávány, rozmnoženy a zachovány“ (Sbírka patentů SÚA Praha, příloha IV in KŘEPELA 2002), obsahující shrnutí tehdejších lesnických vědomostí a zkušeností (Nožička 1957). Tento návod nebyl součástí lesního řádu a nebyl tedy závazný.

Nařízení z 22. 5. 1805 (ROTH, BLASECK 1800 in KŘEPELA 2002) přikazovalo zalesnit během poslední války odlesněnou půdu v obranných lesích a dále místa určená hraničním inspektorem. Kultury, které špatně prospívaly, měly být převedeny do řádného stavu. Dále se nesměly zakládat velké holiny, protože při odlesnění celých horských úbočí vzniknou velké mezery v obranné linii a také při odvozu dřeva vznikají nové nežádoucí cesty (KŘEPELA 2002).

Vlivem rychlého rozvoje přírodních i ekonomických věd na konci 18. století byla rychle překonána odborná koncepce lesních řádů. Proto se již od roku 1798 začalo s přípravou jejich reformy. Cílem bylo nejen lesní řády novelizovat, ale i unifikovat, proto bylo v roce 1843 rozhodnuto o vydání nového lesního zákona, který měl platit v celém státě (OLIVA, SIXTA 2001). První celorakouský lesní zákon č. 250/1852 ř. z. byl vyhlášen 3. prosince 1852 (obr. 1). Zákon mimo jiné obsahoval zákaz pustošení lesů i jakoukoliv přeměnu lesní půdy na jiné kultury bez úředního povolení, povinnost zalesnit nové holiny do 5 let



Obr. 1.

Titulní list zákona č. 250/1852 ř. z.

Front page of the law no. 250/1852

a postupně zalesňovat staré. To podmínilo i postupné snižování podílu sítí a zvýšení obnovy lesa sadbou. Zákon vymezil a výrazně zvýšil také kvalifikační požadavky na odborný lesní personál. Tento dokument, jako základ lesního zákonodárství, byl u nás platný až do roku 1960. Při výkladu zákona vznikl spor, zda se vztahuje pouze na lesy, které k datu jeho účinnosti existovaly, nebo i na lesy vzniklé po roce 1853. V rozhodnutí Nejvyššího správního soudu (NSS) z roku 1899 (č. 7915, Budw. 13 183(A) in KŘEPELA 2002) je vysvětlován smysl zákona zaměřený zejména na konzervaci lesní půdy a dále to, že se vztahuje jen na lesy, které k účinnosti již existovaly. Je tedy zkoumáno, zda předmětná parcela byla v okamžiku zahájení účinnosti zákona lesem či ne. Prošetřením pozemkového katastru bylo shledáno, že šlo o louku, načež NSS zrušil zalesňovací příkaz Ministerstva orby. Pozdější rozhodnutí NSS se přiklonilo k výkladu, že ustanovení § 2 („bez povolení nesmí být žádný lesní pozemek odňat pěstování dříví a použit k jiným účelům“) lze použít vždy, jestliže by měla být současná lesní půda svému dosavadnímu určení odňata (KŘEPELA 2002).

Podle nejstarší souborné statistiky, sumáře josefinského katastru (zpracován v letech 1785 – 1789), měly v tehdejších svých hranicích české země celkem 1 974 060 ha lesní půdy (Čechy 1 329 360 ha, Morava 515 280 ha a Slezsko 129 420 ha). Ve stabilním katastru (měření probíhala 1824 – 1843) se výměra vyšplhala již na 2 223 808 ha (Čechy 1 507 730 ha, Morava 555 524 ha a Slezsko 160 554 ha). Rozloha lesů se pak i nadále zvětšovala, takže v poslední statistice před 1. světovou válkou roku 1910 dosahovala již 2 350 990 ha (Čechy 1 538 478 ha, Morava 623 481 ha a Slezsko 179 031 ha) (NOŽIČKA 1957). Nárůst výměry si však nelze vysvětlovat jen jako výsledek zalesňování, je také podmíněn zpřesňováním měřičských metod a evidence, ve které vzhledem k daňovým dopadům byla plocha lesů často šlechtou úmyslně snižována (např. na rájeckém panství bylo při revizi tereziánského katastru vyměřeno o 60 % více lesů než udával původní katastr) (NOŽIČKA 1957).

Velká část zalesňování v tomto období pak byla prováděna jako půdoochranné zalesňování zvláště na základě vodního zákona č. 117/1884 ř. z. o bežeškodném odvádění vod a na základě konkrétních zemských předpisů (ZACHAR 1965). Tento vodní zákon byl reakcí na rozsáhlé povodňové škody, ke kterým začalo docházet počátkem 80. let 19. století zvláště v podhorských oblastech na severu českých zemí. Do 1. světové války se půdoochranné zalesňování provádělo v Čechách v 15 oblastech. Nejrozsáhlejší práce se vykonaly v povodí Zlatého potoka, Korály, Litavky, Labe a malých přítoků Vltavy nad Štěchovicemi.

Pro zalesnění nelesních půd se v Čechách z jehličnatých dřevin nejvíce používala borovice lesní, smrk ztepilý, borovice černá, modřín, z listnatých dřevin akát. Kromě toho se vysazovala v té době módní borovice Banksova (v půdoochranných porostech se však neosvědčila), dále vejmutovka, bříza, dub, habr, lípa a jilm. Z jehličnanů se ukázala jako odolná proti tlaku sněhu douglaska. Ve většině případů navazovalo zalesňování na důkladné technické úpravy (drnování strží, oživené záplety apod.) a přípravu půdy. Zalesňovalo se převážně sadbou, sje se používala méně. Při výsadbě se upřednostňovala výsadba starších a školkovaných sazenic (LEMBERGER 1960).

Rozsáhlé zalesňování, vyvolané povodněmi v roce 1882 a zejména potom v roce 1897, bylo soustředěno také v Krkonoších nad hranicí lesa, zvláště v povodí Labe (LOKVENC 1958). Za jednu z hlavních příčin povodní byl považován nedobrá stav porostů nad hranicí lesa, kde působením budního hospodářství vznikly rozsáhlé odlesněné plochy. Počátky zalesňování pásma kosodřeviny spadají už do roku 1870, nejrozsáhlejší akce na jilemnickém panství však proběhly od začátku 20. století do roku 1912. Na vrchlabském panství se za období 1870 – 1916 založilo 480 ha kultur. Nejčastěji (z 91 %) byla vysazována borovice kleč, dále borovice limba, smrk ztepilý a nepatrným podílem i jeřáb ptačí a buk lesní (LOKVENC et al. 1992). Většina kultur vysázených v Krkonoších v tomto období z různých důvodů vyhynula (LOKVENC 1958).

V období let 1880 – 1910 se v Čechách zvýšila výměra lesní půdy o 64 000 ha. Také na Moravě došlo v té době k mírnému zvýšení rozlohy lesů, zatímco na Slovensku ještě pokračoval jejich úbytek (POLENO 1990).

Od první světové války

Těsně po skončení první světové války se nelesní půdy zalesňovaly jen v malém rozsahu. Zalesňovat se prakticky začalo po roce 1923, v období nejintenzivnějšího zalesňování se v republice ročně zalesnilo 500 až 600 ha, z čehož více jak polovina připadala na Čechy. Například v období 1923 – 1927 bylo v okolí Prahy zalesněno 429 ha nelesní půdy. V rámci hrazení bystřín se v letech 1919 – 1936 v Československu zalesnilo celkem 952 ha, z toho v Čechách 308 ha a na Moravě 481 ha (ZACHAR 1965).

Také po druhé světové válce byl rozsah zalesňování zpočátku malý, pokusně se zakládaly ochranné lesní pásy, výsadby rychlerostoucích dřevin a jen v menší míře celoplošné výsadby. Celkově se v Československu v letech 1946 – 1948 zalesnilo asi 3 000 ha nelesních půd (ZACHAR 1965).

Zábor pozemků odsunutého německého obyvatelstva po roce 1945 přinesl vzestup objemu zalesňovaných pozemků. Zalesňování bylo legislativně zakotveno v zákoně č. 206/1948 Sb. „O zalesňování, zřizování ochranných lesních pásů a zakládání (obnově) rybníků“. Zákon omezoval holosečný obnovní postup v lesích, pojednával o zalesňování na lesní půdě a ve druhé části i o zalesňování nelesních půd (obr. 2). Vlastníkům lesa bylo uloženo zakládat a obnovovat lesní porosty stanovištně vhodnými dřevinami a co nejrychleji a nejehospodárněji zalesnit holiny na lesní půdě. Také měly být zalesněny nelesní pozemky, které nebylo možno z nejrůznějších důvodů zemědělsky obhospodařovat. Na základě tohoto zákona byly k zalesňování určeny nejen velké plochy, ale i menší pozemky přidělené LH z důvodů arondačních (scelování lesního majetku) a pozemky uvnitř lesa (MAREK 1948). Nejvíce ploch k zalesnění bylo předáno v Jihočeském a Západočeském kraji, v menším rozsahu v pohraničí severní Moravy, ve Slezsku a v dalších oblastech. Zalesňování se provádělo jak sadbou, tak sítí, pomístně bylo využíváno i přípravných dřevin (březové sje), zvláště při zalesňování velkých území, na kterých nebyla šance založit porost v krátké době (MAREK 1948). Některé z ploch byly ponechány ladem, na mnohých z nich probíhala více či méně úspěšná sukcese dřevin (např. ŠINDELÁŘ 1974).

Zároveň se zalesňováním ploch probíhal výzkum, který mimo jiné řešil i problematiku vhodných dřevin (např. ŠVARC 1954, KADLUC 1958). Přesto převážná část i rozsáhlých ploch byla zalesněna smrkem, v některých oblastech, pak byla nejvíce využívána borovice lesní (např. Třeboňsko). Některé plochy, a to nejen na vlhkých stanovištích, byly vysázeny dřevinami přípravnými – olší lepkavou, někdy i šedou. Výjimečně byly, kromě smrku a borovice, na nemalých plochách nelesních půd ve skupinách vysazovány i další dřeviny cílového charakteru (ŠINDELÁŘ, FRÝDL 2006). Velkým problémem tohoto období byl nedostatek pracovních sil ve většině oblastí s vyššími podíly zalesnění, způsobený vysídlením původního obyvatelstva (MAREK 1948), pro nepřipravenost této akce bylo zalesňování často neúspěšné (ZACHAR 1965).

Mezitím se pracovalo na Státním vodohospodářském plánu (SVP), který v rámci komplexních úprav povodí počítal se zalesňováním 444 290 ha. Z toho připadalo na povodí Labe 113 190 ha, Odry 38 360 ha, Moravy 66 530 ha a na Slovensko 226 210 ha. Státní vodohospodářský plán počítal se zvýšením lesnatosti v povodí Labe o 2 %, Odry o 6 %, Moravy o 3 %, na Slovensku o 4 %, v průměru za republiku pak o 3 % (ZACHAR 1965). SVP byl zpracován v letech 1949 – 1953 a byl schválen vládou Československé republiky podle § 3 zákona č. 11/1955 Sb., o vodním hospodářství (který byl vydán na základě podkladů SVP).

Snaha o zvýšení úspěšnosti mnohdy zdlouhavého zalesňování těchto ploch vedla Ministerstvo k zadání výzkumného úkolu odboru pěstění lesa Výzkumného ústavu lesního hospodářství (VŮLH) v Opočně. V roce 1952 tak byla založena například série ploch na SLH Český Krumlov zaměřená převážně na řešení otázek zalesňování sítí, s dobově ovlivněnou orientací na vzory v sovětské literatuře. Byly zde testovány metody sítě miskové a hnízdové ve dvou etapách: nejprve zalesnění hlavními hospodářskými dřevinami, které nevyžadují v mládí ochranu (SM, BO, MD), na zbytku plochy založení ochranného porostu z přípravných dřevin a keřů. Ve druhé etapě pak byly do přípravného porostu vnášeny cílové dřeviny vyžadující v mládí ochranu (ŠVARC 1954).

Také zalesňování nad horní hranici lesa v Krkonoších bylo podpořeno rozsáhlým výzkumem VŮLH v Opočně (LOKVENC 1962). Od roku 1952 se pak započalo se zalesňováním realizovaným Správami lesotechnických meliorací. V roce 1960 vypracoval Lesprojekt na základě poznatků výzkumu speciální hospodářský plán, podle kterého mělo být ze 1 200 ha ploch bez souvislých porostů dřevin nad hranici lesa zalesněno 864 ha. Pro zalesnění byla z 50 % využívána kleč, z 48 % smrk ztepilý a dále se vysazovala vrba laponská, jeřáb ptačí a bříza pýřitá (LOKVENC et al. 1992).

§ 10.

Ministerstvo zemědělství určí, pokud jde o zakládání (obnovu) rybníků v dohodě s ministerstvem techniky, po slyšení příslušného Jednotného svazu zemědělců se zřetelem k ustanovením § 1, odst. 1, které nelesní pozemky, konfiskované podle dekretu presidenta republiky ze dne 21. června 1945, č. 12 Sb., o konfiskaci a urychleném rozdělení zemědělského majetku Němců, Maďarů, jakož i zrádců a nepřátel českého i slovenského národa, na Slovensku podle nařízení Slovenské národní rady ze dne 23. srpna 1945, č. 104 Sb. n. SNR, o konfiskaci a urychleném rozdělení majetku Němců, Maďarů, jakož i zrádců a nepřátel slovenského národa, ve znění nařízení Slovenské národní rady ze dne 14. května 1946, č. 64 Sb. n. SNR, a ze dne 19. prosince 1947, č. 89 Sb. n. SNR, dále které nelesní pozemky převzaté podle zákona ze dne 11. července 1947, č. 142 Sb., o revisi první pozemkové reformy, ve znění zákona ze dne 21. března 1948, č. 44 Sb., a které nelesní pozemky, vykoupené podle zákona ze dne 21. března 1948, č. 46 Sb., o nové pozemkové reformě (trvalé úpravě vlastnictví k zemědělské a lesní půdě), budou zalesněny, po případě, na kterých z nich budou založeny (obnoveny) rybníky. Pozemky určené k zalesnění se ocení a přidělí jako půda lesní.

Obr. 2.

§ 10 zákona č. 206/1948 Sb. „O zalesňování, zřizování ochranných lesních pásů a zakládání (obnově) rybníků“

§ 10 of the law n. 206/1948 “Afforestation, establishment of forest shelterbelts and establishment (recoveries) of ponds”

Zalesňování na základě delimitace půdy

Na základě usnesení vlády č. 2520 a 823 z roku 1954 byl v letech 1955 – 1959 vypracován „Generální plán zvelebení polního, lesního a vodního hospodářství“. Vedle delimitace zemědělského a lesního půdního fondu stanovoval vypracovat plány výsadby rychlerostoucích dřevin a ochranného zalesňování. Cílem plánování výsadby rychlerostoucích dřevin bylo zajistit dostatek topolového dřeva především pro papírenský průmysl. Tato direktivně řízená akce se realizovala v období 1956 – 1960, kdy byly vysázeny statisíce topolových a vrbových sazenic (tzv. topolová mánie – OLIVA, SIXTA 2001).

Generální plán delimitace byl schválen vládním usnesením č. 606/1961 Sb. a od téhož roku uskutečňován. Zalesňování pozemků určených k zalesnění podle státního plánu rozvoje národního hospodářství bylo již zakotveno v novém lesním zákoně č. 166/1960 Sb. Delimitace půdního fondu byla zpracována ve snaze o maximálně účelné využití půd. Z větší části vyčleňovala k zalesnění pozemky nevhodné pro zemědělské účely, v menší míře však docházelo i k převodu zemědělsky využitelné lesní půdy do zemědělského půdního fondu. Ohledy při rozhodování měly být brány i na zlepšení klimatického, vodohospodářského a estetického rázu krajiny (TUŽINSKÝ 1996). Plochy určené k zalesnění zahrnovaly také pozemky v klečovém lesním vegetačním stupni, na kterých se v minulosti páslo (např. LOKVENC et al. 1992, LOKVENC 2001, ze Slovenska např. HÖHER 1962), i neplodná trvale zamokřená pozemky nížin (např. VAJČÍK 1961). Největší rozloha zalesňování nelesních půd se předpokládala v pásnu flyš, ve vodohospodářských oblastech, na územích s karbonátovými podložimi a v oblasti horní hranice lesa (TUŽINSKÝ 1996).

Na Slovensku se lesní hospodářství nejvíce soustředilo na zalesnění (místy až rekultivaci) zpustlých půd na různých podložích s hlavní funkcí protierozní, půdoochrannou, až v další řadě produkční a případně jinou (LIPTÁK 1995). To byly plochy většinou na strmých svazích, exponovaných orientací svahu, bez stromového krytu s částečně narušeným drnem jak předchozím zemědělským obděláváním, tak pastvou, na kterých hrozila nebo i probíhala eroze půdy (ŽÁK 1961). Blíže k problematice zpustlých půd a jejich zalesňování viz např. JANEČKO et al. (1955), SLIVKA (1964), ZACHAR (1964), ZACHAR et al. (1969). Často zmiňovaným problémem zalesnění i obnovy lesních porostů na Slovensku byla ještě na počátku 60. let pastva v lese (SLIVKA 1960, PFEFFER 1961, ŽÁK 1961).

Delimitace navrhovala k zalesnění, plánovaná na období 1959 – 1980, v první etapě v českých krajích 46 000 ha, na Slovensku 139 000 ha, ve druhé etapě 53 000 ha a 124 000 ha. Naproti tomu odlesnění bylo navrhováno v českých zemích na 13 000 ha a na Slovensku na 2 000 ha. Lesnatost se tak měla v Česku zvýšit o 1,1 % na 32,8 %, na Slovensku o 5,4 % na 41,3 % (RACHMAN 1962). Z celkové plochy pak připadalo zhruba 135 000 ha na ochranné zalesnění, z toho cca 15 000 ha nad horní hranici lesa. Plán byl však splněn jen asi na 50 %, v mnoha regionech bylo dokončeno pouze plánované ochranné zalesnění. Na některých pozemcích zalesněním došlo ke změně druhu kultury, která často nebyla zanesena do katastru nemovitostí a tak kromě jiného došlo k nárůstu tzv. bílých ploch (LALKOVIČ, KRÁLÍK 1996, LALKOVIČ, PAULENKA 1998).

Zákon č. 53/1966 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu, stanovil, že pro účely zalesnění lze ze zemědělského půdního fondu odejmout jen ty pozemky, o nichž bude prokázáno, že jde o pozemky extrémně svažitě nebo ohrožené erozí, pozemky kamenité, trvale zamokřené bez možnosti odvodnění, s nepatrnou hloubkou ornice nebo pozemky nepřístupné mechanizaci, popřípadě pozemky nezpůsobilé k zemědělské rekultivaci nebo jinak nezpůsobilé k zemědělskému využívání (Zákon č. 53/1966 Sb.). Skutečnosti, na jejichž základě bylo možno odejmout zemědělskou půdu pro účely zalesnění, bylo nutno doložit agronomicko-půdoznaleckým zhodnocením pozemků podle kritérií uvedených v prováděcí vyhlášce č. 142/1976

Tab. 1.

Vývoj výměry zemědělské a lesní půdy v období 1927 – 2008 (v tis. ha) – zdroj MZe (2009)

Development of agricultural and forest land area in 1927 – 2008 (in thousands ha) – source Ministry of Agriculture (2009)

Rok/Year	Zemědělská půda/ Agricultural land	Lesní půda/ Forest land	Celková výměra půdy/ Total land
1927	5 095	x	x
1937	4 988	2 353	7 887
1948	4 751	2 407	7 886
1951	4 679	2 507	7 886
1956	4 667	2 524	7 886
1961	4 573	2 581	7 889
1966	4 513	2 599	7 889
1971	4 465	2 607	7 890
1976	4 444	2 613	7 890
1981	4 374	2 624	7 890
1986	4 327	2 627	7 890
1991	4 287	2 629	7 886
1992	4 284	2 629	7 886
1993	4 283	2 629	7 886
1994	4 282	2 629	7 886
1995	4 281	2 630	7 887
1996	4 280	2 630	7 887
1997	4 279	2 631	7 886
1998	4 280	2 631	7 886
1999	4 284	2 634	7 886
2000	4 280	2 637	7 886
2001	4 277	2 639	7 886
2002	4 273	2 643	7 886
2003	4 269	2 644	7 886
2004	4 265	2 646	7 886
2005	4 260	2 647	7 886
2006	4 254	2 649	7 887
2007	4 249	2 651	7 887
2008	4 244	2 653	7 887

1) V letech 1976 – 1996 údaj k 1. 1. daného roku, za roky 1971 a 1966 k 1. 4, za rok 1961 k 31. 12. 1960, za rok 1956 k 15. 12. 1965, za rok 1951 k 28. 1. 1951, za rok 1948 k 1. 3. 1948.

Sb., (svažitost pozemku nad 25°, hloubka půdy do 30 cm a současně více než 50 % skeletu v povrchové vrstvě, balvanitost, drobná enkláva do 0,15 ha obklopená lesní půdou a zastíněná lesem, plocha k protieroznímu zalesnění (Vyhláška č. 142/1976 Sb.).

Ze zákona (č. 61/1977 Sb.) se k 1. 1. 1978 staly součástí lesního půdního fondu také pozemky nad horní hranicí stromové vegetace ve vysokohorských oblastech. Některé z těchto pozemků měly být zalesněny kosodřevinou a ta měla zabraňovat erozi a vytváření lavin (KŘEPELA 2002).

Zalesňovací práce byly podpořeny ekologickým i technologickým výzkumem obnovy lesa i výzkumem konkrétně zaměřeným na specifika zalesnění nelesních půd. Například výzkumem využití balíkové sadby při zalesňování nelesních půd se zabýval LOKVENC (1963), přirozenou obnovou dřevin na opuštěných zemědělských půdách hodnotil KADLUS (1958), zkušenosti s využitím nové technologie strojové výsadby popisuje LOKVENC a ŘEHOUNEK (1970) apod.

Za období 1948 – 1991 v Česku se uvolněním pozemků, které byly uznány nevhodnými pro racionální zemědělské obhospodařování, zvětšil lesní půdní fond asi o 9 % půdní výměry (222 000 ha – tab. 1) (MZe 2003).

Zalesňování po roce 1990

Výměra lesní půdy vykazuje v období 1990 až 2008 trvalý nárůst (tab. 1). Jen v menší míře šlo o zalesňování málo produkčních půd. Větší část přírůstku vyplýval zpočátku ze zpřesnění evidence a z převodu samovolně (náletově) zalesněných ploch, zejména v horských oblastech, z původní kategorie zemědělské půdy do půdy lesní (MZe 2003). Jako podpora transformace zemědělství byl v roce 1994 vyhlášen dotační program podpory zalesnění méně produkčních ploch. Prognózy Českého institutu agrární ekonomiky v Praze uvažovaly o poklesu rozlohy zemědělské půdy ve prospěch lesní o cca 300 000 hektarů (ČERNÝ et al. 1995). Uvažované zalesnění na zemědělských půdách by se mělo provádět tak, aby tato změna kultur způsobila zlepšení ekologického stavu naší krajiny. Mezi lety 1994 a 2003 bylo v rámci dotací zalesňováno od 300 po 1 200 hektarů ročně, dotace byly převážně směřovány na pozemky soukromých majitelů (tab. 2).

Poskytování dotací na zalesňování zemědělské půdy v rámci programu Ministerstva zemědělství bylo ukončeno nařízením vlády č.203/2004 Sb. a dále je financována pouze ochrana dříve založených lesních porostů do jejich zajištění (MZe 2005). Podporu zalesňování počínaje rokem 2004 nově přebírá dofinancování ze strukturálních fondů Evropské unie. Základním programem pro podporu zalesňování zemědělských půd se stalo podopatření 3.4.1. Horizontálního plánu rozvoje venkova ČR pro období 2004 – 2006, které bylo uprave-

Tab. 2.

Vývoj roční výměry (ha) zalesněných zemědělských pozemků využívajících finanční podpory z dotačních programů (zdroj MZe 1995 - 2005)
Development of annual area (ha) of forested agricultural land using financial support from subsidiary programs (source Ministry of Agriculture 1995 – 2005)

Druh vlastnictví pozemků/ Type of ownership	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
soukromé/private	287	507	519	306	283	324	616	764	821	700	
obecní/municipal	12	57	107	88	116	161	283	327	382	240	
ostatní/other	0	3	24	39	4	8	9	0	0	0	
Celkem/Total	299	567	650	433	403	493	908	1 091	1 203	940	570

no nařízením vlády č. 308/2004 Sb., o stanovení některých podmínek pro poskytování dotací na zalesňování zemědělské půdy a na založení porostů rychle rostoucích dřevin na zemědělské půdě určených pro energetické využití (MZe 2007). Dotace se skládá ze tří složek, a to a) na založení lesního porostu, b) na péči o založený lesní porost, c) na ukončení zemědělské činnosti na zalesněném pozemku (MZe 2005).

V roce 2005 byly sumarizovány představy o předpokládaném rozsahu zalesňování v příštích letech. V případě užší varianty, zahrnující všechny bonitačně půdní ekologické jednotky, které je výhledově, vzhledem k jejich vlastnostem, nutné až nezbytné zalesnit, mělo být zalesněno 38,7 tis. ha. Při uplatnění varianty rozšířené pak 158,8 tis. ha (MZe 2006).

V květnu 2007 byl schválen programový dokument pro čerpání finančních prostředků z Evropského zemědělského fondu pro rozvoj venkova – Program rozvoje venkova České republiky na období 2007 – 2013. Součástí Programu je opatření II.2.1 – Zalesňování zemědělské půdy, které se tak stalo základní směrnicí pro poskytování podpor v oblasti zalesňování zemědělských půd. Provádějícím národním právním předpisem je nařízení vlády č. 239/2007, o stanovení podmínek pro poskytování dotací na zalesňování zemědělské půdy (MZe 2008). Při splnění určitých podmínek tak může být na tuto činnost poskytována státní dotace i v současnosti (BARTOŠ et al. 2007).

ZÁVĚR

Lesy tvoří významnou složku krajiny. Na jejím vývoji se podílí přírodní procesy, nicméně hlavním činitelem utvářejícím kulturní krajinu je po staletí člověk. Vývoj potřeb lidské společnosti se odrážel ve změnách využití půdy - v míře odlesňování a opětovného zalesňování pozemků.

- Významný podíl na spontánní obnově lesa na nelesní půdě měl pokles počtu obyvatel následkem velkých epidemií nebo válečných konfliktů;
- Hospodářský rozmach ve středověku spojený s intenzivním odlesňováním vedl k nedostatku dřeva a potřebě opětovné obnovy a rozšiřování lesní půdy;
- V období před aplikací prvních legislativních norem bylo zalesňování aktivitou jednotlivých majitelů nebo správců pozemků;
- Vznik legislativy byl podmíněn špatným stavem lesních porostů, proto prvními právními normami byly zejména zakázány svévolné změny využití půdy (např. vykloučení lesa na pole) a pastva dobytka v lesích;
- Zvyšování výměry lesní půdy v katastru mělo souvislost nejen se zalesňováním, ale zpočátku zejména se zpřesňováním evidence využití půdy;
- Rozsáhlé zalesňování extrémních a devastovaných stanovišť na nelesních půdách bylo prováděno jako reakce na povodňové škody na sklonku 19. století.

Ve 20. století se předmětem zalesňování stala méně úrodná zemědělská půda. Tento způsob nakládání s pozemky je i v současné době považován za vhodné opatření v managementu krajiny. Z toho důvodu je zalesnění podporováno dotacemi jak státem, tak i Evropskou unií. Zalesňování nelesních půd, stejně jako přeměna lesní půdy na zemědělskou, je vždy významným zásahem do charakteru krajiny a proto je potřeba k němu přistupovat citlivě a s koncepční rozvahou.

Poděkování:

Článek vznikl za podpory výzkumného záměru MZe ČR č. 0002070203 „Stabilizace funkcí lesa v antropogenně narušených a měnících se podmínkách prostředí“.

LITERATURA

- BARTOŠ J., ŠACH F., KACÁLEK D., ČERNOHOUS V. 2007. Ekonomické aspekty druhového složení první generace lesa na bývalé zemědělské půdě. Zprávy lesnického výzkumu, 52: 11-17.
- ČERNÝ Z., LOKVENC T., NERUDA, J. 1995. Zalesňování nelesních půd. 1. vyd. Praha, Institut výchovy a vzdělávání Ministerstva zemědělství ČR: 55 s.
- HÖHER J. 1962. Súčasný stav a zalesňovanie na hornej hranici lesa. Lesnícká práce, 41 (3): 112-115
- HORÁK K. 1963. Historický průzkum lesů LHC Opočno. Ústav pro hospodářskou úpravu lesů ve Zvoleni, pobočka Žďár nad Sázavou: 323 s.
- CHADT-ŠEVĚTÍNSKÝ J. E. 1913. Dějiny lesů a lesnictví (Hospodářství lesního a hospodářského lesního zřízení či úpravy lesa—soustav) v Čechách, na Moravě a ve Slezsku. Písek: 1121 s.
- JANEČKO J., KRÉBES G., CIFRA J. 1955. Spustnuté pôdy a ich zalesňovanie. Bratislava, Slovenské vydavateľstvo pôdohospodárskej literatúry: 127 s.
- JIRÁSEK A. 1957. Lucerna. Hra o čtyřech dějstvích. Praha, Orbis: 117 s.
- KADLUS Z. 1958. K zalesňování nelesních půd v horských oblastech. Lesnícká práce, 37: 3-7.
- KAZIMOUR J. 1933. Státní péče o lesy v Čechách v letech 1754 - 1852. Praha, Zemědělské museum: 169 s.
- KONŠEL J. (ed.) et al. 1940. Naučný slovník lesnický – Díl II. Písek, Matice lesnická: 2108 s.
- KŘEPELA M. 2002. Vývoj lesního zákonodárství na území České republiky z hlediska hospodářské úpravy lesů. Disertační práce. Praha, Česká zemědělská univerzita, Lesnícká fakulta, Katedra hospodářské úpravy lesů: 166 s.
- LALKOVIČ M., KRÁLÍK A. 1996. Problematika nelesných půd na Slovensku. In: Biotechnické opatrenia v pozemkových úpravách. Zborník referátov zo seminára. Zvolen, September 1996. Zvolen, Technická univerzita: 65-70.
- LALKOVIČ M., PAULENKA J. 1998. Problematika zalesňovania nelesných půd na Slovenku v súčasnosti. In: Prékop J. (ed.): Zalesňovanie nelesných půd stále aktuálne. Brezová pod Bradlom, 1. 10. 1996. Zvolen, Lesnícký výskumný ústav vo Zvolene: 43-47.
- LÁSKA J. 1948. První kniha léta Páně – o panské historii na Skuhrově, Solnici a Kvasinách. Vamberk, Čermákova tiskárna: 272 s.
- LEMBERGER J. 1960. Některé výsledky a zkušenosti půdoochranných akcí v Českých krajích. Lesnícký časopis, VI: 225-231.
- LIPTÁK J. 1995. Program a výsledky zalesňovania nelesných půd. In: Gubka K., Jaloviár P. (eds.): Stav a perspektívy rozvoja výučby a výskumu zakladania a pestovania lesa. Zborník referátov. Zvolen, 19. 9. 1995. Zvolen, Technická univerzita: 34-40.
- LOKVENC T. 1958. Historie zalesňování nad horní hranicí lesa v Krkonoších. Práce výzkumných ústavů lesnických ČSR, 15: 151-166.

- LOKVENEC T. 1962. Zalesňování hřebenů Krkonoš. Lesnická práce, 41: 107-111.
- LOKVENEC T. 1963. Zkušenosti s použitím nových modifikací balíkové sadby při zalesňování nelesních půd. In: Zborník z celoštátnej porady o zalesňovaní nelesných pôd. 6 str.
- LOKVENEC T., ŘEHOUNEK J. 1970. Finský sázecí stroj při zalesňování nelesních půd. Lesnická práce, 49: 467-469.
- LOKVENEC T., et al. 1992. Zalesňování Krkonoš. Vrchlabí, Správa KRNAP a Opočno, VÚLHM VS Opočno: 111 s.
- LOKVENEC T. 2001. History of the Giant Mts. Dwarf pine (*Pinus mugo* TURRA ssp. *pumilio* FRANCO). Opera Corcontica, 38: 21-42.
- LOŽEK V. 1999a. Časný holocén – velké migrace, nástup lesa a teplomilných druhů. Ochrana přírody, 54: 163–168.
- LOŽEK V. 1999b. Zemědělská kolonizace a její dopad. Ochrana přírody, 54: 227-233.
- MAREK B. 1948. Zalesňování rolí a holin v pohraničí. Lesnická práce, XXVII: 177-179.
- MOCKER F. 1913. Die erste Forstordnung vom Jahre 1379 für Eger und sein Gebiet. Centralblatt für das gesamte Forstwesen, 39: 258-267.
- MZe 2005. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2004. Ministerstvo zemědělství: 108 s.
- MZe. 2006. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2005. Ministerstvo zemědělství: 135 s.
- MZe. 2007. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2006. Ministerstvo zemědělství: 128 s.
- MZe. 2008. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2007. Ministerstvo zemědělství: 100 s.
- MZe. 2009. Situační a výhledová zpráva - půda. Ministerstvo zemědělství ČR: 91 s., online: http://eagri.cz/public/eagri/file/45535/puda_11_2009.pdf [20.9.2010].
- NOŽIČKA J. 1954. První pokusy se zalesňováním neplodných písčitých půd v 18. století. Práce výzkumných ústavů lesnických ČSR, 6: 191-206.
- NOŽIČKA J. 1957. Přehled vývoje našich lesů. Praha, SZN: 460 s.
- OLIVA, J., SIXTA, J. 2001. Lesnická politika (texty přednášek pro lesnickou fakultu ČZU v Praze). Skriptum LF ČZU, el. verze: 100 s.
- OLOFSSON J., HICKLER T. 2008. Effect of human land-use on the global carbon cycle during the last 6,000 years. Vegetation History and Archaeobotany, 17: 605-615.
- PFEFFER L. 1961. Zalesňovanie na delimitovaných nelesných pôdach. Les, XVII: 65-68.
- POLENO Z. 1990. Lesy a lesní hospodářství ve světě I. Praha, SZN: 280 s.
- RACHMAN L. 1962. Souhrnné výsledky lesnické části generálního plánu ZLV. Lesnická práce, 41: 117-120.
- RANDUŠKA D., VOREL J., PLÍVA K. 1986. Fytocenologie a lesnická typologie. Bratislava, Příroda: 344 s.
- SLIVKA J. 1960. Problémy pri zalesňovaní delimitovaných plôch. Les, 1960: 312-314.
- SLIVKA J. 1964. Zalesňovanie spustnutých plôch v Juhoslovenskom krasi. Lesnícky časopis, 10 (XXXVII): 301-308.
- ŠINDELÁŘ J., FRÝDL J. 2006. Hlavní směry a cíle aktivit spojených se zalesňováním nelesních půd v České republice. In: Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor. Kostelec nad Černými lesy, 17. 1. 2006, Praha, ČZU a Jiloviště-Strnady, VÚLHM – VS Opočno: 33-38.
- ŠINDELÁŘ J. 1974. Přirozená obnova jesenického (sudetského) modřínu (*Larix decidua* var. *sudetica* DOM.) na nelesních půdách a struktura mlazín. Časopis slezského muzea, ser. Dendr., 23: 33-52.
- ŠVARC B. 1954. Příspěvek k otázce zalesňování málo úrodných polnohospodářských a neplodných pozemků v pohraniční oblasti Šumavy. Práce výzkumných ústavů lesnických ČSR, 6: 57-77.
- TUŽIŇSKÝ L. 1996. Delimitácia pôdneho fondu a história zalesňovania nelesných pôd. In: Prékop J. (ed.): Zalesňovanie nelesných pôd stále aktuálne. Zborník referátov zo seminára. Brezová pod Bradlom, 1. 10. 1996. Zvolen, Lesnícky výskumný ústav vo Zvolene: 9-13.
- TYDLITÁT J. 1985. Člověk a jeho vztah k Orlickým horám. In: Orlické hory '85, Sv. 8 podzim – zima. Rychnov nad Kněžnou, ČSOP ve spolupráci s Okresním muzeem Orlických hor v Rychnově nad Kněžnou: 1-2.
- VAJČÍK V. 1961. Možnosti zalesnenia neplodných pozemkov v podunajskej nížine. Les: 101-103.
- VAŠICA J. 1966. Literární památky epochy Velkomoravské 863 – 885. Praha, Lidová demokracie: 287 s.
- Vyhlaška č. 142/1976 Sb. Federálního ministerstva zemědělství a výživy ze dne 8. prosince 1976, kterou se provádějí některá ustanovení zákona o ochraně zemědělského půdního fondu
- WILLIAMS M. 2000. Dark ages and dark areas: global deforestation in the deep past. Journal of Historical Geography, 26: 28-46.
- ZACHAR D. 1964. Celoštátna porada o zalesňovaní nelesných pod v Piešťanoch. Lesnícky časopis, 10 (XXXVII): 221-230.
- ZACHAR D. 1965. Zalesňovanie nelesných pôd. Bratislava, Slovenské vydavateľstvo pôdnohospodárskej literatúry: 229 s.
- ZACHAR D. et al. 1969. Výskum spustnutých pôd Perísk a ich zalesňovanie. Zvolen, VÚLH: 143 s.
- Zákon č. 206/1948 Sb. o zalesňování, zřizování ochranných lesních pásů a zakládání (obnově) rybníků.
- Zákon č. 53/1966 Sb. o ochraně zemědělského půdního fondu.
- Zákon č. 61/1977 Sb. ze dne 26. října 1977 o lesích
- ŽÁK A. 1961. Prvý rok tretej päťročnice – počiatky realizácie delimitácie pôdneho fondu. Les, 17: 99-100.
- ŽEMLIČKA J. 2003. Němci, německé právo a transformační změny 13. století (Několik úvah a jeden závěr), Archaeologia historica, 28: 33-46.

HISTORY OF NON-FOREST LAND AFFORESTATION IN THE CZECH REPUBLIC

SUMMARY

Since the Ice Age, many tree and shrub species altered a species composition which depended on particular environmental conditions. However the most important agent influencing a development of vegetation cover is a human society. Even the first Neolithic farmers were likely to create a “cultural landscape” due to deforestation, growing crop plants and breeding farm animals; as for the Middle Europe that process began 7,000 years ago. Although large areas were made treeless, forests often returned naturally as people abandoned depleted sites.

In the Bohemian Kingdom, the largest forested areas were cleared during a medieval colonization. As a consequence of deforestation a lack of utilizable wood occurred and then some land was afforested, depending on landowners' will. Sometimes forests were left to spread again throughout the land when human's population decreased because of war or disease. However a first written proof of planting in the Czech lands dates back to the end of the 16th century A. D. Afforestation efforts were always related to development of forestry management, i. e. local governments tried to specify limits for management. At that time, some forests were still cleared to obtain land for agricultural purposes and the forests were mostly in poor condition. In the second half of the 18th century, the first laws dealing with forestry passed in the Austro-Hungarian Empire. The laws banned unlawful change of land use and farm animals were forbidden to be at pasture in forests. Clearing was also limited and forest owners were obligated to renew crops and if a great damage by game occurred, the owners had to use a protective fencing of the new plantations.

Roughly 100 years later (1852), a new statewide forest law became effective in the Austro-Hungarian Monarchy. Principles of management and requirements on education of foresters according to this law were so ahead of that time that Czechoslovakian forest law was based on it till the 1960s. The area of forest land increased also as a more precise information on ownership and land use was registered in cadastre. At the end of the 19th century, a protective afforestation was used in order to prevent damage by flooding and to control gullies which occurred due to deforestation. Some of areas afforested in that period were situated near a tree line in the Krkonoše Mts., North Bohemia.

After the Great World War, the most extensive afforestations had been done since 1923. At that time roughly 500 – 600 ha of new forest a year were planted in Czechoslovakia. Undoubtedly the largest afforestation efforts were related to confiscated property of the Germans who were expelled from Czechoslovakia after the World War II. However, the area of forest land had increased also during the rest of the 20th century reaching totally 2,629 thousands ha in the Czech Republic in 1991. Afforested sites included the lands such as above tree line, depleted, poor, shallow or rocky grounds which were decided to be used for forestry purposes.

The area of forest land still increases in the Czech Republic during the last 20 years. The afforestation was considered a convenient measure how to manage the cultural landscape in the Czech Republic so that planting and care of young crops were subsidized by the government. These days (2007 – 2013), the European Union provides support of agricultural land afforestation within the European Agricultural Fund for Rural Development.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

Ing. Ondřej Špulák, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., VS Opočno
Na Olivě 550, 517 73 Opočno, Česká republika
tel.: 494 668 392; e-mail: spulak@vulhmop.cz

ŽIVOTNOST A MNOŽSTVÍ KOŘENŮ SMRKU ZTEPILÉHO NA PLOCHÁCH MEZINÁRODNÍHO MONITORINGU ICP FORESTS V ČESKÉ REPUBLICE

NORWAY SPRUCE ROOT VITALITY AND BIOMASS AT THE ICP FORESTS MONITORING PLOTS IN THE CZECH REPUBLIC

VÍT ŠRÁMEK - VĚRA FADRHOŇSOVÁ

Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

ABSTRACT

The biomass and vitality of fine roots was studied at twenty Norway spruce plots in the Czech Republic. At each plot roots were taken from twenty sampling points for two depth layers 0 – 10 cm and 10 – 20 cm. The vitality of forest stands (defoliation) and chemical properties of mineral soils were also used for the statistical evaluation. The mean fine root amount in the upper soil layer 0 – 10 cm varied from 78,6 to 455,7 kg.ha⁻¹, in deeper mineral layer it was substantially lower. The root vitality was relatively high reaching more than 90% at half of studied plots. One of the plot with distinctively reduced root vitality (59%) was influenced by infestation of bark beetle. The root vitality exhibits only significant relation to the total nitrogen content in the deeper mineral soil layer (10 – 20 cm). The expected negative correlation with exchangeable aluminium was not found. The aluminium effect should be studied on the level of individual Al³⁺ species content or on the base cations/Al ratio in the soil solution. The found negative relation of root biomass and Ca or Mg content in the mineral soil was influenced by values from two monitoring sites with very high base saturation. After exclusion of these values as outliers, the significant positive correlation of root biomass and exchangeable magnesium was stated. Defoliation at monitoring sites correlated negatively with the active pH(H₂O) in the 0 - 10 cm of mineral soil and total N in the deeper layer 10 – 20 cm. The found negative correlation of defoliation and total root amount should be considered carefully, because non-complete set of factors influencing the forest stand vitality was taken for the evaluation.

Klíčová slova: kořeny, množství, životnost, smrk ztepilý, zdravotní stav, defoliace, půdní, vlastnosti

Key words: roots, biomass, vitality, Norway spruce, health status, defoliation, soil properties

ÚVOD

Hlavním faktorem, který v minulosti negativně ovlivňoval zdravotní stav lesních porostů v České republice, bylo znečištění ovzduší. Od konce 80. let dvacátého století míra imisní zátěže výrazně poklesla (HŮNOVÁ et al. 2004), přesto nedošlo k zásadnímu zlepšení zdravotního stavu lesů. V současné době vykazuje více než polovina porostů vyšší než čtvrtinovou ztrátu olistění (FABIÁNEK 2010). Jedním z hlavních faktorů, který nadále negativně ovlivňuje zdravotní stav lesů, jsou vlastnosti lesních půd (LOMSKÝ, ŠRÁMEK 2004). Ty byly v uplynulých 150 letech výrazně ovlivňovány kyselými srážkami a došlo v nich ke znatelným změnám chemických vlastností, biologických procesů i jejich struktury. Změny půdních parametrů byly na jednotlivých lokalitách ovlivněny úrovní depozic, vlastnostmi sorpčního komplexu i druhovým složením a prostorovou strukturou lesních porostů (KLIMO et al. 2006). V řadě oblastí ČR byl doložen výrazný deficit bazického prvku v sorpčním komplexu lesních půd (LOCHMAN et al. 2006). Kromě nedostatečného obsahu živin může být vážnou příčinou chřadnutí rostlin zvýšená koncentrace fyto toxických forem hliníku v půdě (ALVAREZ et al. 2005).

Obecně se předpokládá, že hlavní toxickou formou je kation Al³⁺ a jeho fyto toxicita je závislá na koncentraci v bezprostřední blízkosti kořenového systému. Podle některých autorů byl prokázán srovnatelný toxický vliv iontů [Al(OH)]²⁺, respektive [Al(OH)₂]⁺, se kterými jsou ionty Al³⁺ v půdním roztoku v rovnováze (HORÁK et al. 1995). Příspěvek iontů [AlSO₄]⁺ k fyto toxicitě je pravděpodobně zanedbatelný. BOUDOT et al. (1994b) a SPOSITO (1996) udávají, že toxicita

hliníku pro rostliny klesá v této řadě: polymerní Al¹³ (ne však v podobě křemičitanů nebo fosforečnanů), monomerní Al³⁺, [Al(OH)]²⁺, [Al(OH)₂]⁺, [Al(OH)₄]⁻ a [AlSO₄]⁺. Hliník vázaný v organických a fluo-ridových komplexech se pro rostliny neprojevuje toxicky (BOUDOT et al. 1994a).

Toxicita hliníku při nízkém pH, její vliv na kořenový systém a na zdravotní stav dřevin, je dobře prokázána zejména pro sazenice či semenáčky dřevin, a to především pro smrk (např. SCHÖLL et al. 2004, SCHLEGEL, GOLDBOLD 1991). Méně přesné jsou interpretace ve středně starých (NYGAARD, DE WITT 2004) či dospělých porostech (VANGUELOVA et al. 2007) či v porostech buku (RICHTER et al. 2007). Situace je navíc komplikovaná tím, že standardní metody analýz půd používané v rámci půdních průzkumů a monitoringu (UNECE 2006a) neumožňují odlišit toxickou formu Al³⁺ od ostatních forem a neposkytují tak informaci o riziku poškození kořenového systému. Pro hodnocení ohrožení porostů lze využít například molární poměr Al k vápníku v jemných kořenech (VANGUELOVA et al. 2007) nebo v půdním roztoku. Tyto typy analýz však nejsou při půdních průzkumech standardně prováděny, analýza půdního roztoku je navíc časově i finančně velmi náročná.

Ověření vlivu současných koncentrací hliníku na dospělé lesní porosty smrku ztepilého (*Picea abies*, /L./ KARST.) a buku lesního (*Fagus sylvatica*, L.) probíhá od roku 2009 na vybraných plochách mezinárodního monitoringu zdravotního stavu lesů v rámci projektu NAZV. Tato práce přináší úvodní výsledky získané v roce 2009 ve smrkových porostech.

METODIKA

Výběr monitoračních ploch

Plochy pro odběry kořenů byly vybrány ze sítě mezinárodního monitoringu zdravotního stavu lesů programů ICP Forests a LIFE+ (FutMon). Síť v České republice zahrnuje v současné době 412 ploch, na kterých je každoročně hodnocen zdravotní stav (defoliace) jednotlivých stromů, případně jsou hodnoceny další parametry. Pro samotný výběr byly upřednostněny plochy, na nichž je v druhové skladbě dominantní smrk ztepilý ve věku nad 50 let, půdní typ není ovlivněn vodou (kambizem, kryptopodzol, podzol) a jsou k dispozici podrobné údaje o chemismu půdy z mezinárodního projektu BIOSOIL, který probíhal v letech 2005 – 2008. Dále bylo přihlíženo k zastoupení různých stupňů defoliace a ke geografickému rozložení v rámci České republiky. Výsledný soubor 20 ploch je blíže charakterizován v tabulce 1, rozložení v rámci ČR je patrné z obrázku 1.



Obr. 1.
Rozložení ploch s odběry kořenů v rámci ČR
Distribution of plots with root samplings with CR

Tab. 1.

Charakteristika ploch s odběry kořenů
Plot characteristic with root samplings

Číslo plochy/ Plot no:	Název/ Plot Name	Nadm. výška [m]/ Altitude	Zastoupení SM [%]/ N. spruce representation	Věk/Age	Půdní typ/ Soil type
1	I020	Kateřina	89	101	Kambizem
2	K030	Babylon	100	104	Podzol
3	Q521	Lazy	100	123	Kryptopodzol
4	E040	Kyselka	98	91	Hnědozem
5	H070	Lhota pod Radčem	100	112	Kambizem
6	M070	Branišov	100	102	Kryptopodzol
7	B080	Krupka	95	98	Kambizem
8	O101	Český Krumlov	99	100	Kryptopodzol
9	B100	Valkeřice	97	79	Kambizem
10	K120	Velmovice	94	115	Kambizem
11	Q211	Jizerka	100	62	Podzol
12	I140	Želivka	100	108	Kambizem
13	Q561	Nová Brtnice	100	108	Kambizem
14	G180	Choceň	88	87	Kambizem
15	Q251	Luisino údolí	100	97	Podzol
16	L190	Braniškov	73	99	Kambizem
17	1242	Dolní Morava	100	55	Kryptopodzol
18	Q541	Švýčárna	98	119	Podzol
19	1747	Dalov	99	57	Kambizem
20	Q401	Klepačka	79	85	Kambizem

Hodnocení defoliace

Hodnocení defoliace pro rok 2009 bylo převzato z databáze projektů ICP Forests a LIFE+ (FutMon). Hodnocení probíhá každoročně zaškolenými pozorovateli, kteří postupují podle metodiky programu ICP Forests (UNECE, 2006b). Defoliace – ztráta olistění – je vizuálně hodnocena u jednotlivých stromů v 5% stupnici. V této práci je používána průměrná defoliace smrků na každé ploše. Systém hodnocení v rámci mezinárodního programu zahrnuje řadu mechanismů snižujících subjektivní chybu pozorovatele. Ty zahrnují např. každoroční mezinárodní i národní interkalibrační kurzy či hodnocení vybraného počtu ploch více nezávislými pozorovateli.

Odběry a analýzy kořenů

Vzorky kořenů byly odebírány v období od 21. 9. do 4. 12. 2009. Podzimní termín byl zvolen vzhledem k nízké růstové aktivitě kořenových systémů s cílem snížit variabilitu mezi jednotlivými odběry způsobenou průběhem meteorologických podmínek. Na každé ploše bylo vybráno 5 vzorníkových stromů – středový strom a další čtyři stromy v pravouhlých kvadrantech ve vzdálenosti 17,6 m. Od vzorníkových stromů byly odebírány vzorky kořenů z bodů ve vzdálenosti 1 m, 3 m, 5 m a 7 m od kmene. Na většině ploch byla zároveň zaznamenána vzdálenost odběrového místa k nejbližšímu stromu. Směr odběru od jednotlivých kmenů byl shodný – rovnoběžný se stranou plochy a po

svahu, případně k severu. Na každé ploše bylo takto zvoleno dvacet odběrových míst. Uvedený systém lze považovat za kombinaci systematického a náhodného výběru – zajišťuje pokrytí čtyř kvadrantů a středu plochy; přesné umístění odběrových míst a jejich vzdálenost od jednotlivých stromů je ovšem závislé na struktuře lesního porostu. Odběrová místa kořenů se tak zhruba shodovala s odběrovými místy půd, které byly rovněž vzorkovány ve středu plochy a ve čtyřech kvadrantech (viz níže). Kořeny byly odebírány kořenovým vrtákem Eijkjerkamp o průměru 8 cm z hloubek 0 – 10 cm a 10 – 20 cm. Hloubka odběru byla měřena od výskytu kořenů – svrchní vrstva odebírané půdy tedy obvykle zahrnovala malou část nadložního organického horizontu Oh. Objem jednotlivých odebraných vzorků činil 502,4 cm³.

Vzorky byly v terénu označeny číslem plochy, označením odběrového místa a hloubky odběru. V polyetylenových sáčcích byly transportovány do laboratoře, kde byly do analýzy uchovávány při teplotě 8 °C. Analýza vzorků na životnost kořenů byla zahájena vždy nejpozději do tří dnů po jejich transportu, ve většině případů hned následující den. Z každého vzorku byl odebrán aliquot jemných kořenů pro stanovení jejich životnosti. Z nich byly připraveny směsné vzorky – na každé ploše vždy pro stejnou hloubku a odběry u jednoho vzorníkového stromu. Pro každou plochu tak bylo provedeno stanovení životnosti kořenů u 10 vzorků. Stanovení životnosti kořenů probíhalo spektrofotometrickým stanovením extinkce vzorků kořenů obarvených trifenyl tetrazolium chloridem (STEPONKUS, LANPHEAR 1967) na analyzátoru Spekol 11.

V následujícím období byla ze všech půdních vzorků postupně vybrána hmota kořenů. Kořeny byly rozděleny na jemné kořeny s průměrem do 2 mm a ostatní kořeny. Kořeny větších průměrů (nad 1 cm) se ve vzorcích vyskytovaly jen výjimečně a do celkového množství nebyly zahrnuty. Kořeny byly propláchnuty deionizovanou vodou a byla zjištěna jejich suchá konstantní hmotnost při teplotě 60 °C. Ta byla pomocí definovaného objemu odebraného vzorku přepočítána na celkovou sušinu kořenů na ha v dané půdní vrstvě.

Odběry a chemické analýzy půdních vzorků

Pro charakteristiku půdního prostředí byly převzaty výsledky analýz půd prováděných v rámci mezinárodního projektu BIOSOIL (ŠRÁMEK et al. 2008). V rámci projektu byly na 154 monitoračních plochách v ČR v letech 2006 – 2008 odebírány vzorky humusové vrstvy a minerální půdy z hloubek 0 – 10 cm, 10 – 20 cm, 20 – 40 cm, 40 – 80 cm. První dvě hloubky tak zhruba odpovídají vrstvám, ze kterých byly odebírány vzorky kořenů. Pro každou půdní vrstvu byly vytvořeny směsné vzorky z minimálně 5 subvzorků odebraných na systematicky rozmístěných odběrových místech v rámci jedné monitorační plochy. U vzorků byla zjišťována celá řada parametrů podle mezinárodní metodiky programu ICP Forests (UNECE 2006a). Pro účely této práce jsou hodnoceny aktivní pH(H₂O) a výměnné pH(CaCl₂), obsahy přístupného Ca, K, Mg a Al stanovené na ICP OES ve vyluhlu chloridem barnatým a celkové obsahy N a S zjištěné elementární analýzou na CNS analyzátoru.

VÝSLEDKY

Množství a životnost kořenů

Množství sušiny jemných kořenů s průměrem do 2 mm se v jednotlivých vzorcích půdní vrstvy 0 – 10 cm pohybovalo od 39,3 do 1 364,8 kg ha⁻¹, průměrné hodnoty za jednotlivé plochy byly v rozmezí od 78,6 do 455,7 kg ha⁻¹ (obr. 2). Obecně lze říci, že variabilita množství kořenů mezi jednotlivými vzorky na jedné ploše obvykle výrazně převyšuje rozdíly hodnot mezi jednotlivými plochami. Množství jemných kořenů v hlubší vrstvě do 20 cm bylo výrazně nižší – dvakrát až devětkrát – a v řadě vzorků nebyl výskyt jemných kořenů vůbec zjištěn. I zde je

patrná výrazná variabilita jednotlivých odběrových bodů. V případě obou půdních vrstev je na jednotlivých plochách rozdělení výrazně levostranné s jedním či několika vzorky s výrazně vyšším výskytem kořenů, než je průměrná hodnota.

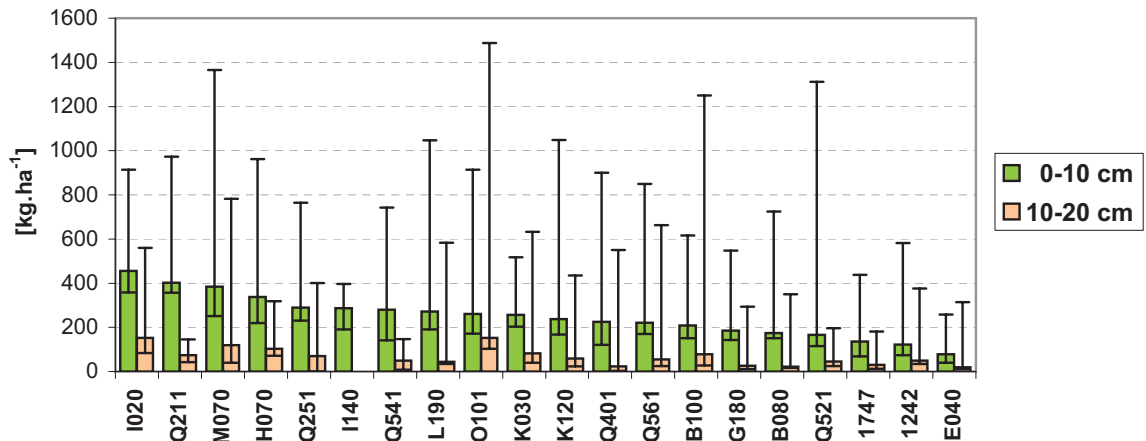
Celkové množství kořenů v jednotlivých odběrech je patrné z obrázku 3. Ve svrchních deseti centimetrech půdy bylo celkové množství kořenů do 1 cm obvykle zhruba dvojnásobné oproti jemným kořenům, přičemž tento podíl byl poměrně stálý – na šestnácti z celkem dvaceti hodnocených ploch se pohyboval v rozmezí 1,6 – 2,6. Celkové množství kořenů se na jednotlivých plochách pohybovalo od 162,3 do 781,0 kg ha⁻¹. V půdní vrstvě 10 – 20 cm byl poměr kořenů do 1 cm vůči jemným kořenům obvykle vyšší a vyšší byla také variabilita mezi jednotlivými vzorky. Množství jemných kořenů na jednotlivých plochách bylo v rozmezí od 72,9 do 624,8 kg ha⁻¹. I pro celkové množství kořenů platí vyšší výskyt v povrchové vrstvě půdy.

Životnost jemných kořenů na jednotlivých plochách byla poměrně vysoká, zhruba na polovině ploch přesahovala v průměru 90 % (obr. 4). V druhé polovině případů se pohybovala v rozmezí 80 – 90 %. Výjimkou byla pouze plocha I140 – Želivka, kde již v době odběru vzorků probíhalo rozsáhlé odumírání stromů po napadení kůrovcem. To se projevilo i na životnosti kořenů, jejíž průměrná hodnota dosáhla pouhých 59 %. V jednotlivých vzorcích zde byla zaznamenána i minimální hodnota životnosti, pouhých 10,3 %. Je zřejmé, že neexistuje přímá závislost mezi množstvím kořenů a jejich životností, nejvyšší korelační koeficient 0,3124 vykazuje vztah mezi množstvím jemných kořenů a jejich životností v půdní vrstvě 10 – 20 cm, ani zde se však nejedná o významnou závislost. Z tohoto důvodu byla pro další hodnocení stavu kořenů využita i další charakteristika – násobek celkového množství kořenů a jejich průměrné životnosti na jednotlivých plochách, která je v tabulkách označována jako C x Z.

Defoliace porostů a půdní charakteristiky

Jak již bylo uvedeno v metodice, výsledky hodnocení defoliace z roku 2009 a půdních analýz byly převzaty z projektů monitoringu zdravotního stavu lesů. Výsledky analýz základních parametrů pro jednotlivé plochy jsou uvedeny v tabulce 2. Střední hodnota defoliace všech ploch je 32,4 %, což zhruba odpovídá průměrné defoliaci dospělého smrku ztepilého v České republice v roce 2009 (33,2 %). Nejnižší defoliace byla zjištěna na ploše 1242 Dolní Morava (12,8 %), což pravděpodobně souvisí s tím, že se na této ploše vyskytuje nejmladší ze studovaných smrkových porostů. Pouze další tři plochy vykazovaly defoliaci pod 30 %, ztráta olistění ostatních ploch se pohybovala v rozsahu 30,5 % – 40,1 %, nejvyšší byla na ploše O101 Český Krumlov.

Hodnocené vzorky půd byly ve většině případů silně kyselé s výměnným pH v rozsahu 3 – 4. Na třech lokalitách byla půdní vrstva 0 – 10 cm velmi silně kyselá s výměnným pH < 3, na třech lokalitách byla kyselost půdy v hloubce 10 – 20 cm pouze střední (pH(CaCl₂) > 4). Na ploše E040 Kyselka byla půda středně kyselá v obou odebíraných vrstvách. Obsahy dusíku lze hodnotit převážně jako střední (0,06 – 0,2 %), pouze na ploše L190 Braniškov v hloubce 10 – 20 cm jako nízké. Osm ploch pak ve svrchní vrstvě půdy vykazuje dobrou (0,2 – 0,3 %), případně až bohatou (> 0,3 %) zásobu celkového dusíku. Jinak je tomu již se zásobou bazických živin. Saturaci sorpčního komplexu bázemi lze u deseti ploch označit jako kritickou (< 10 %) v obou sledovaných vrstvách půdy. I ve většině ostatních případů je v hloubce 10 – 20 cm kritická, ve svrchní vrstvě 0 – 10 cm se pak pohybuje na úrovni 10 – 20 %. Tomu odpovídá zcela převládající vážný nedostatek vápníku (obsahy pod 140 mg kg⁻¹), hořčíku (obsahy pod 20 mg kg⁻¹) i poměrně běžný výrazný nedostatek draslíku (obsahy pod 30 mg kg⁻¹). Pouze dvě plochy jsou z hlediska obsahu bazických živin velmi dobře zásobené, a to plocha E040 Kyselka a plochy B100 Valkeřice. Středně dobré je zásobení těmito prvky na ploše L190 Braniškov.



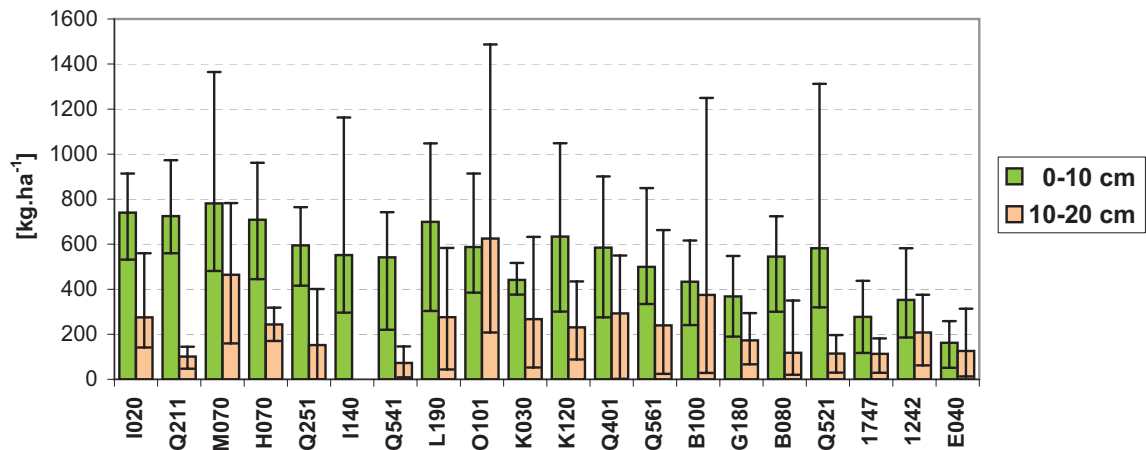
Obr. 2.

Množství jemných kořenů o průměru do 2 mm na jednotlivých plochách

Amount of fine roots of average up to 2 mm on particular plots

Chybové úsečky označují minimální a maximální množství kořenů v jednotlivých vzorcích

Segment errors denote minimal and maximal amount of roots in particular samples



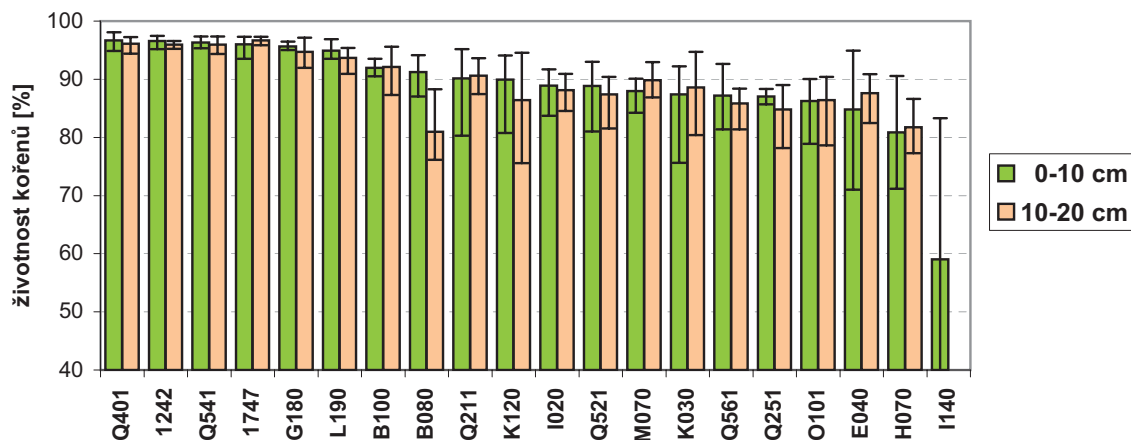
Obr. 3.

Celkové množství kořenů o průměru do 1 cm na jednotlivých plochách

Total amount of roots of average up to 1 cm on particular plots

Chybové úsečky označují minimální a maximální množství kořenů v jednotlivých vzorcích

Segment errors denote minimal and maximal amount of roots in particular samples



Obr. 4.

Životnost kořenů na jednotlivých plochách

Vitality of roots on particular plots

Chybové úsečky označují minimální a maximální životnost v jednotlivých vzorcích

Segment errors denote minimal and maximal amount of roots in particular samples

Vztah kořenových charakteristik, zdravotního stavu porostů a půdních vlastností

Výsledky korelační analýzy srovnávaných parametrů jsou ve formě matice korelačních koeficientů uvedeny v tabulce 3 pro půdní vrstvu 0 – 10 cm a v tabulce 4 pro 10 – 20 cm. Významné korelační koeficienty, které jsou buď zřejmé (vzájemná závislost množství kořenů či vzájemná závislost aktivního a výměnného pH), nebo nejsou přímou náplní této práce (vzájemné závislosti půdních parametrů), nejsou barevně zvýrazněny. Z půdních vlastností snad stojí za zmínku pozitivní korelace obsahu přístupného hliníku a celkového dusíku, která se projevíla v obou sledovaných půdních vrstvách a také to, že předpokládaná negativní závislost obsahu přístupného hliníku na pH se projevíla pouze v hlubší půdní vrstvě 10 – 20 cm.

Grafy vybraných statisticky významných závislostí charakteristik kořenů a defoliace na dalších parametrech jsou uvedeny na obrázku 5. U množství kořenů ve svrchní vrstvě půdy je patrná negativní závislost na obsazích přístupného vápníku, u celkového množství kořenů také na obsahu přístupného hořčíku. Významnost této závislosti je ovšem výrazně ovlivněna odlehlými body s výsledky půdních analýz z ploch

s vysokým obsahem vápníku a hořčíku E040 Kyselka a plochy B100 Valkeřice. V hloubce půdy 10 – 20 cm tato závislost nebyla potvrzena. Zde se projevuje signifikantní závislost životnosti kořenů na celkovém obsahu dusíku. Poněkud překvapivá je pozitivní závislost defoliace jako parametru poškození dřevin na množství kořenů v povrchové vrstvě půdy, která se pro celkové množství kořenů opakuje i v hloubce 10 – 20 cm. Další z korelačních koeficientů pak ukazuje na nepřímou závislost defoliace dřevin na celkovém obsahu dusíku v půdní vrstvě 10 – 20 cm.

DISKUSE

Celkové množství kořenů na jednotlivých plochách bylo nižší než jsme očekávali. Např. BORKEN et al. (2007) uvádějí pro čtyři smrkové porosty v Bavorsku množství jemných kořenů ve svrchních vrstvách půdy cca od 300 do 1 800 kg·ha⁻¹. Zde se pravděpodobně projevuje rozdíl v metodice odběrů – práce německých autorů se opírá pouze o odběry ve vzdálenosti 2 m od kmene, kde lze předpokládat vyšší míru prokořenění. Do jisté míry mohly výsledky ovlivnit i termín odběru vzorků

Tab. 2.

Průměrná defoliace a charakteristiky chemismu půd na jednotlivých plochách (aktivní a výměnné pH, celkový obsah dusíku, obsah přístupného hliníku, vápníku, draslíku, hořčíku a saturace sorpčního komplexu bazickými prvky
Average defoliation and characteristics of soil chemistry on particular plots (active and exchangeable pH, total nitrogen content, content of available aluminum, potassium and saturation of absorption complex of basic elements

Číslo plochy/ Plot no.	Název/Name	Defoliace SM/ Spruce defoliation [%]	vrstva/ layer	Půdní vlastnosti/Soil properties							
				pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	N [%]	Al [mg.kg ⁻¹]	Ca [mg.kg ⁻¹]	K [mg.kg ⁻¹]	Mg [mg.kg ⁻¹]	BS [%]
I020	Kateřina	35,9	0 - 10 cm	4,11	3,53	0,15	419,9	43,8	33,5	23,4	8,9
			10 - 20 cm	4,56	3,86	0,10	301,6	15,8	26,0	11,9	6,5
K030	Babylon	32,6	0 - 10 cm	3,51	2,75	0,37	561,7	91,8	61,0	22,7	9,8
			10 - 20 cm	3,67	3,09	0,17	762,3	53,1	47,4	15,6	5,4
Q521	Lazy	35,5	0 - 10 cm	3,83	2,94	0,22	474,3	70,0	35,3	19,1	9,5
			10 - 20 cm	4,03	3,25	0,13	552,1	22,7	25,1	8,6	3,9
E040	Kyselka	27,5	0 - 10 cm	4,68	4,02	0,18	605,5	1269,6	78,0	390,3	57,1
			10 - 20 cm	5,28	4,51	0,14	206,2	2476,8	83,0	739,2	86,7
H070	Lhota pod Radčem	34,4	0 - 10 cm	4,02	3,49	0,13	540,3	83,3	69,2	11,4	9,1
			10 - 20 cm	4,48	3,98	0,07	333,3	20,1	46,4	4,1	5,7
M070	Branišov	39,9	0 - 10 cm	4,09	3,45	0,18	496,7	88,8	32,5	31,1	11,2
			10 - 20 cm	4,39	3,77	0,07	351,3	25,4	14,2	11,3	5,9
B080	Krupka	28,2	0 - 10 cm	4,24	3,57	0,12	475,5	42,3	33,8	15,0	7,0
			10 - 20 cm	4,30	3,76	0,08	490,2	30,6	36,0	10,6	5,8
O101	Český Krumlov	40,1	0 - 10 cm	3,95	3,33	0,16	491,4	18,8	31,5	9,3	4,3
			10 - 20 cm	4,31	3,74	0,11	388,1	9,4	20,2	3,6	3,0
B100	Valkeřice	32,7	0 - 10 cm	4,37	3,74	0,30	817,5	822,3	69,3	223,3	39,6
			10 - 20 cm	4,97	4,18	0,14	415,2	1653,4	47,6	367,2	70,3
K120	Velmovice	30,5	0 - 10 cm	4,31	3,72	0,16	556,9	55,3	25,1	15,5	6,7
			10 - 20 cm	4,51	4,03	0,07	321,8	26,6	23,7	8,3	6,3
Q211	Jizerka	25,2	0 - 10 cm	4,16	3,31	0,57	642,6	102,8	67,8	54,2	12,9
			10 - 20 cm	4,27	3,40	0,29	507,6	34,6	29,1	17,2	6,4
I140	Želivka	34,9	0 - 10 cm	4,02	3,44	0,18	583,7	149,9	57,5	31,5	14,1
			10 - 20 cm	4,28	3,82	0,07	409,4	45,0	32,3	7,8	7,0
Q561	Nová Brtnice	34,7	0 - 10 cm	4,03	3,08	0,18	499,6	122,7	50,5	29,1	13,4
			10 - 20 cm	4,25	3,26	0,08	387,0	46,3	32,9	16,5	8,6
G180	Choceň	32,4	0 - 10 cm	3,71	2,98	0,11	238,1	94,1	36,0	16,1	16,6
			10 - 20 cm	3,79	3,22	0,06	250,9	35,6	26,3	7,2	8,4
Q251	Luisino údolí	31,1	0 - 10 cm	4,06	3,11	0,37	658,5	186,8	55,0	60,5	16,7
			10 - 20 cm	3,98	3,24	0,10	538,9	74,4	23,2	17,4	8,7
L190	Branišov	37,6	0 - 10 cm	4,15	3,46	0,08	506,4	290,2	32,5	23,2	21,8
			10 - 20 cm	4,15	3,53	0,05	475,3	148,8	26,3	13,9	14,5
1242	Dolní Morava	12,8	0 - 10 cm	4,17	3,63	0,32	803,4	15,3	35,3	15,2	3,1
			10 - 20 cm	4,32	3,82	0,32	615,9	8,3	26,1	10,8	2,8
Q541	Švýčárna	36,3	0 - 10 cm	3,82	2,96	0,43	504,2	37,2	28,8	18,4	6,2
			10 - 20 cm	4,06	3,16	0,19	550,2	22,7	11,7	11,6	3,5
1747	Dalov	26,8	0 - 10 cm	4,21	3,66	0,23	482,4	96,0	38,4	15,5	10,8
			10 - 20 cm	4,46	3,87	0,18	352,5	85,8	27,0	11,5	12,3
Q401	Klepačka	39,3	0 - 10 cm	3,71	3,07	0,36	895,4	51,3	62,9	19,1	5,0
			10 - 20 cm	4,04	3,45	0,18	832,6	37,2	33,6	9,7	3,6

Tab. 3.

 Matice korelačních koeficientů hodnocených parametrů pro půdní vrstvu 0 – 10 cm
 Matrix of correlation coefficients of evaluated parameters for soil layer 0 – 10 cm

		Kořeny/Roots			Chemismus půd/Soil chemistry								Defoliace/ Defoliation	
		< 2 mm	celkové	C x Z	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	N	Al	Ca	K	Mg	BS		
Kořeny/ Roots	životnost/vitality	-0,230	-0,136	0,029	-0,065	-0,102	0,207	0,048	-0,092	-0,337	-0,090	-0,112	-0,196	
	množství < 2 mm		0,848**	0,965**	-0,214	-0,190	0,155	-0,140	-0,384*	-0,036	-0,363	-0,328	0,430*	
	množství celkové/total amount			0,833**	-0,218	-0,206	-0,006	-0,086	-0,517**	-0,239	-0,526**	-0,483*	0,498*	
	C x Z				-0,224	-0,222	0,216	-0,134	-0,391*	-0,115	-0,368	-0,339	0,404*	
Chemismus půd/Soil chemistry	pH(H ₂ O)					0,920**	-0,215	0,186	0,643**	0,158	0,647**	0,607**	-0,393*	
	pH(CaCl ₂)						-0,341	0,203	0,534**	0,103	0,527**	0,474	-0,371	
	N							0,532**	-0,073	0,345	0,023	-0,107	-0,284	
	Al								0,256	0,505*	0,286	0,141	-0,274	
	Ca									0,578	0,981**	0,981**	-0,110	
	K										0,598**	0,566**	-0,097	
	Mg											0,948**	-0,168	
	BS												0,948**	-0,074

Pozn: C x Z = celkové množství kořenů vynásobené životností

Note: C x Z = total amount of roots multiplied by vitality

Zvýrazněné koeficienty: * významnost na hladině 95%; ** významnost na hladině 99%

Bold coefficients: : * significance on 95% level; ** significance on 99% level

Tab. 4.

 Matice korelačních koeficientů hodnocených parametrů pro půdní vrstvu 10 – 20 cm
 Matrix of correlation coefficients of evaluated parameters for soil layer 10 – 20 cm

		Kořeny/Roots			Chemismus půd/Soil chemistry								Defoliace/ Defoliation	
		< 2 mm	celkové	C x Z	pH(H ₂ O)	pH(CaCl ₂)	N	Al	Ca	K	Mg	BS		
Kořeny/ Roots	životnost/vitality	-0,312	-0,089	-0,254	-0,151	-0,162	0,493*	0,254	-0,007	-0,251	-0,037	0,013	-0,141	
	množství < 2 mm		0,689**	0,998**	0,082	0,101	-0,159	-0,190	-0,212	-0,262	-0,225	-0,205	0,374	
	množství celkové/total amount			0,693**	0,100	0,200	-0,290	-0,067	-0,032	-0,149	-0,073	-0,021	0,489*	
	C x Z				0,080	0,094	-0,124	-0,176	-0,208	-0,285	-0,224	-0,200	0,364	
Chemismus půd/Soil chemistry	pH(H ₂ O)					0,926	-0,034	-0,582**	0,767**	0,558**	0,760**	0,771**	-0,188	
	pH(CaCl ₂)						-0,092	-0,552**	0,644**	0,522*	0,638**	0,644**	-0,235	
	N							0,494*	0,003	-0,003	0,020	-0,035	-0,635**	
	Al								-0,343	-0,168	-0,356	-0,373	-0,026	
	Ca									0,804**	0,990**	0,992**	-0,139	
	K										0,824**	0,777**	-0,218	
	Mg											0,967**	-0,162	
	BS												0,967**	-0,128

Pozn: C x Z = celkové množství kořenů vynásobené životností

Note: C x Z = total amount of roots multiplied by vitality

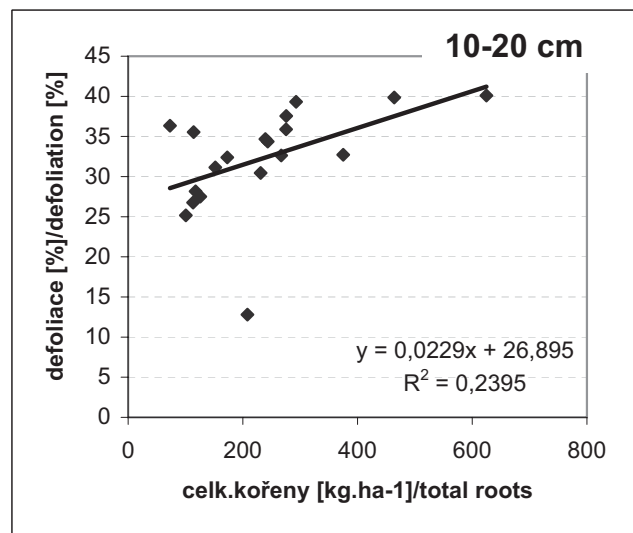
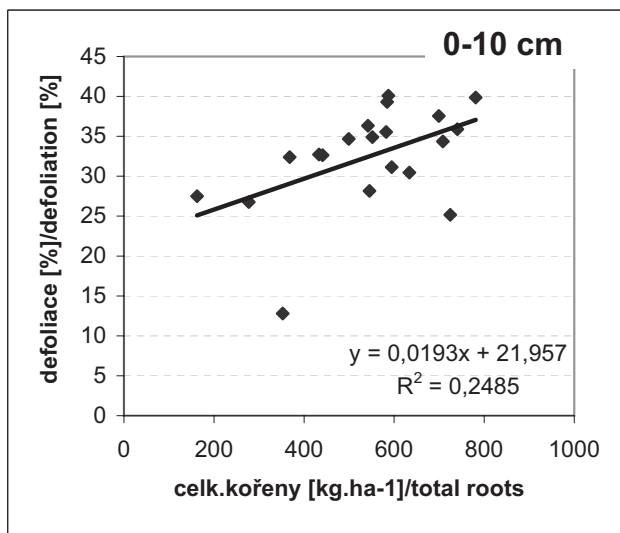
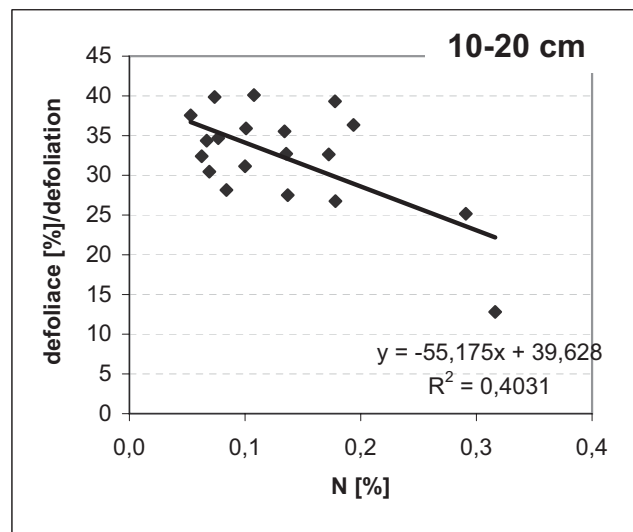
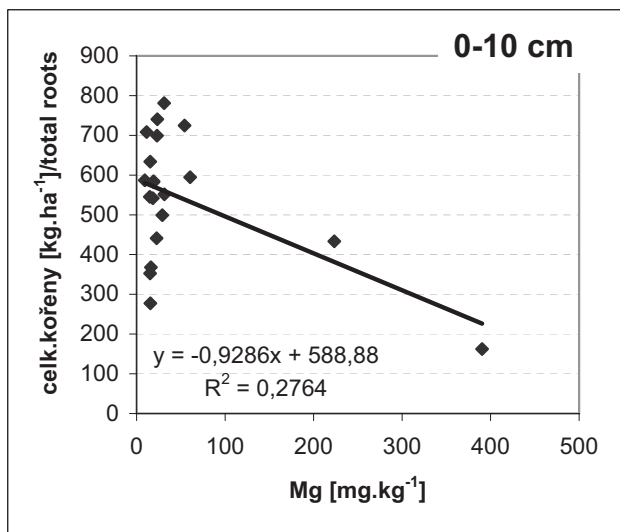
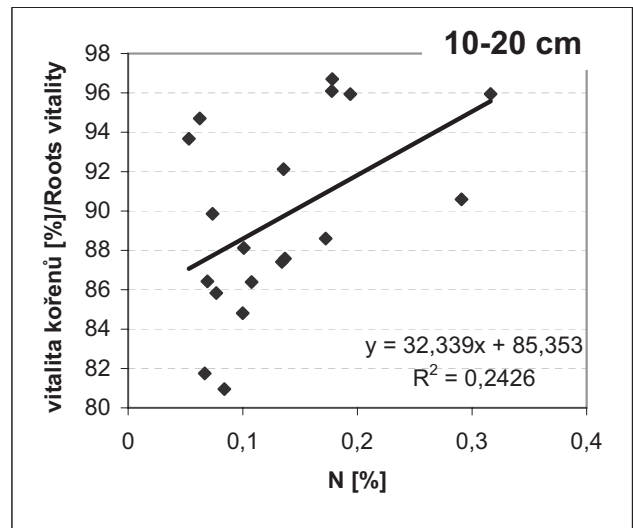
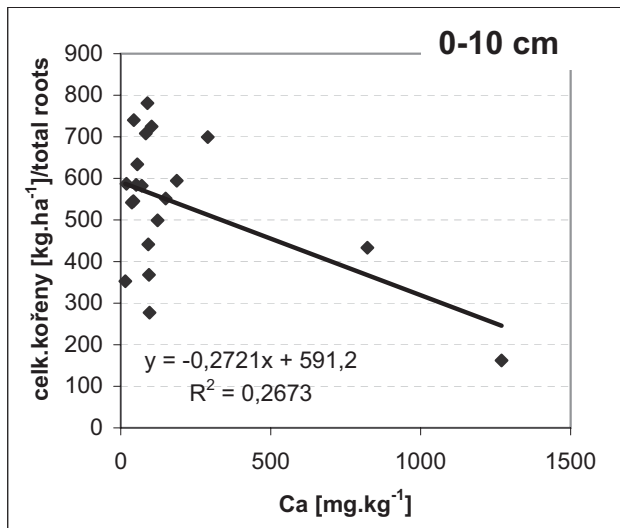
Zvýrazněné koeficienty: * významnost na hladině 95%; ** významnost na hladině 99%

Bold coefficients: : * significance on 95% level; ** significance on 99% level

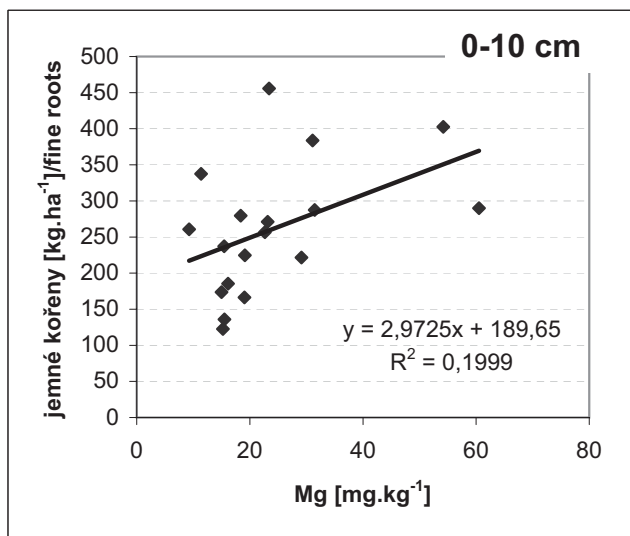
– po ukončení vegetačního období je přírůst jemných kořenů minimální. MURACH a SCHÜNEMANN (1985) uvádějí pro smrkové porosty celkové množství jemných kořenů až 2 730 kg.ha⁻¹. VANGUELOVA et al. (2007) oproti tomu udává pro borovici hodnoty prokořenění svrchních půdních vrstev v rozsahu cca 200 – 400 kg.ha⁻¹, pro douglasku ovšem 300 – 700 kg.ha⁻¹. Množství jemných kořenů o průměru do 2 mm a hrubších kořenů na jednotlivých plochách spolu úzce souvisí. Překvapivě vysoký je podíl hrubších kořenů do 1 cm. To je možná do jisté míry ovlivněno i aplikovanou metodikou, kdy mohlo po stanovení životnosti docházet i k měsíčnímu prodloužení před stanovením celkového množství kořenů v jednotlivých vzorcích. Při rychlé dynamice růstu a odumírání jemných kořenů (MAJDI et al. 2005) tak mohlo dojít ke snížení podílu právě u kořenů do 2 mm. Vzhledem k vysoké závislosti na celkovém množství kořenů do 1 cm by to však nemělo zásadně ovlivnit výsledky studie. Ze souboru hodnocených půdních vlastností vykazuje množství kořenů signifikantní vztah s obsahy vápníku a v případě celkového množství kořenů také s obsahem hořčíku. Závislost je ovšem nepřímá – plochy s vyššími obsahy výše uvedených bazických prvků vykazují menší množství kořenů. To by do jisté míry odpovídalo např. poznatkům MURACHA a SCHÜNEMANNA, kteří na vápněných plochách zaznamenali nižší množství kořenů než na kontrolní lokalitě. GOBRAN et al. (1993) zaznamenali pozitivní vliv zvýšeného množství Ca²⁺ na biomasu kořenů semenáčků smrku pouze při velmi nízkém pH 2,1; při vysokém pH 5,4 nebyl vliv vápníku na

biomasu kořenů pozorován. Obdobné výsledky při aplikaci vápence a hořčičných hnojiv – prokazatelný efekt na množství biomasy jemných kořenů pouze na stanovištích s výraznějším deficitem Mg – uvádí také RASPE (1997). Z obrázku 5 je ovšem zřejmé, že výše uvedené závislosti významně ovlivňují odlehle hodnoty – vysoké obsahy bazických prvků – z lokalit E040 Kyselka a plochy B100 Valkeřice. Pokud tyto body z hodnocení odstraníme, nelze závislost množství kořenů na obsahu Ca identifikovat. U množství jemných kořenů se pak projevuje signifikantní pozitivní závislost na obsahu přístupného hořčíku (obr. 6). Při pohledu na grafické zobrazení této závislosti je patrné, že všechny plochy s množstvím jemných kořenů pod 200 kg.ha⁻¹ vykazují zároveň výrazně deficitní obsahy hořčíku (< 20 mg.kg⁻¹) ve svrchní vrstvě minerální půdy. Tyto výsledky lze s určitou opatrností interpretovat tak, že výrazný deficit hořčíku může skutečně limitovat tvorbu jemných kořenů. To je způsobeno nedostatečnou translokací asimilátů do kmene a kořenů u stromů s narušenou výživou s následným narušením vývoje kořenové soustavy (FRNK 1997). Na druhé straně je možné uvažovat o tom, že na půdách bohatých na bazické živiny nejsou stromy nuceny výrazněji „investovat“ do tvorby jemných kořenů, neboť k zajištění jejich výživy plně postačuje i značně redukováné množství jemných kořenů.

Životnost kořenů vykazovala signifikantní závislost pouze na přístupném dusíku v hlubší vrstvě půdy 10 – 20 cm. U všech porostů



Obr. 5.
Vybrané vztahy statisticky významně závislých proměnných
Chosen relationships of statistically significant dependent variables



Obr. 6.

Závislost množství jemných kořenů na obsahu přístupného hořčíku v 0 – 10 cm minerální půdy po odstranění odlehlých bodů
Dependence of amount of fine roots on content of available magnesium in 0 – 10 cm of mineral soil after removal of distant points

s dobrým obsahem dusíku (> 0,2 %) byla životnost kořenů minimálně 90 %, naopak všechny vzorky s životností nižší než 85 % vykazovaly obsahy celkového dusíku do 0,1 %. Ve svrchní vrstvě půdy, kde jsou obsahy dusíku i množství kořenů vyšší, nebyla podobná závislost zjištěna, pravděpodobně proto, že je zde významný podíl celkového N zastoupen v organických sloučeninách ve formách, které nejsou pro dřeviny přístupné.

V práci nebyla zjištěna žádná závislost množství ani životnosti kořenů na přístupném hliníku, přestože právě toxicita hliníku na acidifikovaných stanovištích bývá považována za významnou příčinu poškození kořenových systémů i lesních porostů jako takových (ALVAREZ et al. 2005, KINREIDE 2003). Hodnoty přístupného Al získaného ve výluhu BaCl₂ však zřejmě nejsou dostatečnou charakteristikou pro posouzení tohoto negativního vlivu. Pro další studium bude nutné opírat se o výsledky analýz konkrétních specií hliníku, konkrétně Al³⁺, a o molární poměr hliníku a bazických kationtů v půdním roztoku, který má k poškození kořenů pravděpodobně nejužší vztah (SVERDRUP 1995, SCHÖLL et al. 2004).

Defoliace porostů byla závislá na celkovém množství kořenů i množství jemných kořenů ve svrchní vrstvě půdy 0 – 10 cm, a celkovém množství kořenů v hloubce 10 – 20 cm. Vyšší množství kořenů byla zjištěna na plochách s vyšší defoliací. Z obrázku 5 vyplývá, že všech 5 ploch s defoliací do 30 % vykazovalo v hloubce 10 – 20 cm celkové množství kořenů do 210 kg.ha⁻¹. Tyto výsledky jsou v rozporu např. s poznatky MAUERA a PALÁTOVÉ (2010), kteří na různých lokalitách v ČR zjistili vyšší biomasu jemných kořenů u zdravých jedinců smrku než u poškozených stromů. Jejich studie ovšem byla zaměřena na srovnání blízkých jedinců smrku s výrazně odlišným zdravotním stavem, výsledky se tedy mohou odlišovat od srovnání na úrovni celých porostů. Ve studii zaměřené na chřadnutí smrku v oblasti Slezských Beskyd (ŠRÁMEK et al. 2009b) zjistili Soukup s Peškovou vyšší zastoupení aktivních mykorhiz v porostech s výraznějším poškozením. V úvahu tak připadá hypotéza, že v určité fázi působení stresových podmínek mají stromy tendenci více investovat do tvorby podzemní biomasy než do koruny a asimilačního aparátu. Studiu uvedených závislostí bude nutné ještě věnovat pozornost, neboť je zřejmé, že do současného

zpracování nebyla zahrnuta ještě řada dalších faktorů, které zdravotní stav dřevin ovlivňují.

Pro posouzení půdních vlastností ve vztahu ke kořenům je určitým nedostatkem různý rok odběru (půdy 2006, kořeny 2009). Přestože půdní vlastnosti podléhají dynamice v rámci ročních období i dlouhodobému vývoji (ŠRÁMEK et al. 2009a), domníváme se, že zejména pro minerální vrstvy půdy představuje vybraný soubor ploch vhodný srovnávací materiál, neboť lze očekávat, že rozdíly hodnocených půdních vlastností mezi jednotlivými plochami jsou výrazně vyšší než rozdíly v uvedeném časovém rozpětí odběrů. Z půdních parametrů projevuje významný negativní vztah s defoliací aktivní pH v půdní vrstvě 0 – 10 cm a obsah celkového dusíku v hloubce 10 – 20 cm. Obě tyto závislosti v zásadě odpovídají již zjištěným poznatkům platícím pro lesní porosty na kyselých stanovištích v oblasti střední Evropy. Nárůst defoliace s klesajícími obsahy N v asimilačních orgánech pozoroval u mladých smrkových porostů v Jizerských horách LOMSKÝ (2006), z hlediska půdních vlastností bývá častěji prokázán spíše vliv obsahu jednotlivých bazických prvků, např. hořčíku (MUSIO et al. 2007) na zdravotní stav smrkových porostů.

ZÁVĚRY

Práce přinesla informace o stavu kořenů na plochách monitoringu zdravotního stavu. Životnost kořenů na většině ploch byla poměrně vysoká a vykazovala souvislost pouze s obsahy celkového dusíku v minerální vrstvě 10 – 20 cm. Nebyla pozorována předpokládaná závislost na množství přístupného hliníku – ta bude dále sledována na úrovni jednotlivých specií Al a také parametrů půdního roztoku. Množství kořenů vykazovalo obdobné závislosti pro množství jemných kořenů (průměr < 2 mm) i pro celkové množství kořenů (průměr < 1 cm). Signifikantní negativní závislost množství kořenů na obsahu přístupného vápníku a hořčíku byla výrazně ovlivněna odlehlými hodnotami z ploch s velmi vysokou saturací bazickými prvky. Po odstranění těchto hodnot ze souboru dat byl pozorován statisticky významný pozitivní vliv Mg na celkové množství kořenů.

Defoliace porostů vykazovala významnou negativní závislost na aktivním pH v minerální vrstvě 0 – 10 cm a především na obsahu celkového dusíku v hlubší vrstvě minerální půdy 10 – 20 cm. Zjištěnou negativní závislost defoliace na celkovém množství kořenů není možné na základě předložených výsledků jednoznačně interpretovat, neboť celá řada faktorů, které defoliaci jako takovou ovlivňují, nebyla do statistické analýzy zahrnuta.

Poděkování:

Problematika sloučenin hliníku v lesních půdách je řešena v rámci projektu NAZV č. QI92A216. Pro publikaci jsou využita data o chemickém složení lesních půd na monitoračních plochách získaná v rámci projektu Evropské komise „BIOSOIL“ a zpracovaná v rámci projektu MZe č. 0002070203 a hodnoty defoliace zjišťované průběžně v monitoringu zdravotního stavu lesů při řešení projektu FutMon financovanému prostřednictvím programu LIFE+.

LITERATURA

- ALVAREZ E., FERNANDEZ-MARCOS M., L., MONTERROSO C., FERNANDEZ-SANJURJO M. J. 2005. Application of aluminium toxicity indices to soils under various forest species. *Forest Ecology and Management*, 211: 227-239.
- BORKEN W., KOSSMAN G., MATZNER E. 2007. Biomass, morphology and nutrient contents of fine roots in four Norway spruce stands. *Plant and Soil*, 292: 79-93.
- BOUDOT J., P., BECQUER T., MERLET D., ROUILLER J. 1994a. Aluminium toxicity in declining forests: a general overview with a seasonal assessment in a silver fir forest in the Vosges mountains (France). *Annales des Sciences Forestieres*, 51: 27-51.
- BOUDOT J., P., MERLET D., ROUILLER J., MAITAT O. 1994b. Validation of an operational procedure for aluminium speciation in soil solutions and surface waters. *Science of the Total Environment*, 158: 237-252.
- FABIÁNEK P. 2010. Monitoring zdravotního stavu lesa. In: Knížek M., Pešková V. (eds.): Výskyt lesních škodlivých činitelů v roce 2009 a jejich očekávaný stav v roce 2010. Zpravodaj ochrany lesa, Supplementum: 44-50.
- FINK S. Structural aspects of magnesium deficiency. 1997. In: Hüttl F., Schaaf W. (eds.): Magnesium deficiency in forest ecosystems, Kluwer Academic Publishers: 297-307.
- GOBRAN G., R., FENN L., B., PERSSON H., AL WINDI I. 1993. Nutrition response of Norway spruce and willow to varying levels of calcium and aluminium. *Fertilizer Research*, 34: 181-189.
- HORÁK V., DOLEJŠKOVÁ J., HEJTMÁNKOVÁ A. 1995. Toxicita hliníku v rostlinách. *Rostlinná výroba*, 41: 239-245.
- HŮNOVÁ I., ŠANTROCH J., OSTATNICKÁ J. 2004. Ambient air quality and deposition trends at rural stations in the Czech Republic during 1993 – 2001. *Atmospheric Environment*, 38: 887-898.
- KINREIDE T. B. 2003. Toxicity factors in acidic forest soils: attempts to evaluate separately the toxic effects of excessive Al³⁺ and H⁺ and insufficient Ca²⁺ and Mg²⁺ upon root elongation. *European Journal of Soil Science*, 54: 323-333.
- KLIMO E., MATERNA J., LOCHMAN V., KŮLHAVÝ J. 2006. Forest soil acidification in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 52, special issue: 14-22.
- LOCHMAN V., MAXA M., BÍBA M. 2006. Vývoj chemismu půdy na výzkumných plochách VŮLHM v období poklesu spadu imisních látek. *Zprávy lesnického výzkumu*, 51: 106-120.
- LOMSKÝ B. 2006. Minerální výživa smrku ztepilého (*Picea abies* /L./ KARST.) v imisních oblastech. Habilitační práce. Brno, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita: 262 s.
- LOMSKÝ B., ŠRÁMEK V. 2004. Different types of damage in mountain forest stands of the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 50: 533-537.
- MAJDI K., PREGITZER K. S., MOREN A. S., NYLUND J., E., AGREN G. I. 2005. Measuring fine root turnover in forest ecosystems. *Plant and Soil*, 276: 1-8.
- MAUER O., PALÁTOVÁ E. 2010. Root system and the decline of Norway spruce (*Picea abies* /L./ KARST.). *Beskydy*, 3: 73-82.
- MURACH D., SCHÜNEMANN E. 1985. Reaktion der Feinwurzeln von Fichten auf Kalkungsmaßnahmen. *Allgemeine Forstzeitschrift*, 43: 1151-1154.
- MUSIO M., VON WILPERT K., AUGUSTIN N. H. 2007. Crown condition as a function of soil, site and tree characteristic. *European Journal of Forest Research*, 126: 91-100.
- NYGAARD P. H., DE WIT H. A. 2004. Effects of elevated soil solution Al concentrations on fine roots in a middle-aged Norway spruce (*Picea abies* (L.) KARST.) stand. *Plant and Soil*, 265: 131-140.
- RASPE S. 1997. Fine-root development. In: Hüttl F., Schaaf W., (eds.): Magnesium deficiency in forest ecosystems. Kluwer Academic Publishers: 309-332.
- SCHLEGEL H., GOLDBOLD D. L. 1991. The influence of Al on the metabolism of spruce needles. *Water Air and Soil Pollution*, 57: 131-138.
- SCHÖLL VAN L., KELTJENS W. G., HOFFLAND E., BREEMEN VAN N. 2004. Aluminium concentration versus the base cation to aluminium ratio as predictors for aluminium toxicity in *Pinus sylvestris* and *Picea abies* seedlings. *Forest Ecology and Management*, 195: 301-309.
- SPOSITO G. 1996. The environmental chemistry of aluminum. Lewis Publishers, CRC Press LLC, Boca Raton.
- STEPONKUS P. L., LANPHEAR F. O. 1967. Refinement of the triphenyl tetrazolium chloride method of determining cold injury. *Plant Physiology*, 42: 1423-1426.
- SVERDRUP H. 1995. Critical loads and the BC/Al-ratio as indicator of soil acidification effects on tree growth. *K. Skogs-o. Lantbr.akad. Tidskr.*, 134: 77-99.
- ŠRÁMEK V., NOVOTNÝ R., LOMSKÝ B., (eds.) 2009a. Změny obsahu prvků v porostech smrku, buku, jeřábu a břízy v průběhu roku. *Lesy České republiky*: 110 s.
- ŠRÁMEK V., SOUKUP F., ŠLODIČÁK M. (eds.) 2009b. Chřadnutí lesa na Jablunkově. Chřadnutí lesních porostů na LS Jablunkov – určení komplexu příčin poškození a návrh opatření na revitalizaci lesa. *Lesy České republiky*: 100 s.
- ŠRÁMEK V., VORTELOVÁ L., LOMSKÝ B. 2008. In: Sborník příspěvků BIOSOIL – Evropský projekt monitoringu lesních půd – průběh v České republice. Půda v moderní informační společnosti – 1. konference České pedologické společnosti a Societas pedologica slovaca: 287-297. (CD)
- UNECE 2006a. Sampling and analysis of soil. In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE, CLRTAP, ICP Forests: 161 s.
- UNECE 2006b. Visual assessment of crown condition. In: Manual on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. UNECE, CLRTAP, ICP Forests: 69 s.
- VANGUELOVA E. I., HIRANO Y., ELDHUSET T. D., SAS-PASZT L., BAKKER M. R., PUTTSEPP U., BRUNNER I., LOHMUS K., GOLDBOLD D. 2007. The fine root Ca/Al ratio – indicator of Al and acidity stress. *Plant Biosystems*, 141: 460-480.

NORWAY SPRUCE ROOT VITALITY AND BIOMASS AT THE ICP FORESTS MONITORING PLOTS IN THE CZECH REPUBLIC**SUMMARY**

The biomass and vitality of fine roots was studied at twenty plots in the Czech Republic. The set of plots was selected from the ICP Forests Monitoring Programme preferring mature stands with prevailing Norway spruce as a main species, characterizing wider span of forest vitality at different soil properties (fig. 1, tab. 1) On each plot roots were taken from twenty sampling points with different distance from tree stems (1, 3, 5 and 7 m) for two depth layers 0 – 10 cm and 10 – 20 cm. The root vitality was stated in 10 pooled samples for each plot by triphenyl tetrazolium chloride, the biomass (dry weight) of fine (< 2 mm) and total (< 1 cm) roots was assessed later. The vitality of forest stands (defoliation) and mineral soil chemical properties obtained by ICP Forests Monitoring Programme were also used for the statistical evaluation. The mean fine root amount in the upper soil layer 0 – 10 cm varied from 78,6 to 455,7 kg.ha⁻¹, in deeper mineral layer it was substantially lower (fig. 2). The dry total root amount was approximately two times higher than fine root biomass (fig. 3). Higher variability of root biomass was observed for samples taken within individual plots, than among studied sites. The root vitality was relatively high reaching more than 90% at half of studied plots (fig. 4). The plot I140 Želivka with distinctively reduced root vitality (59%) was influenced by infestation of bark beetle. Results of the partial correlations among evaluated parameters are presented in tables 3 and 4, charts of some significant relations are displayed at fig. 5. The root vitality exhibits only significant relation to the total nitrogen content in the deeper mineral soil layer (10 – 20 cm). The expected negative correlation with exchangeable aluminium was not found. The aluminium effect should be studied on the level of individual Al³⁺ species content or on the base cations/Al ratio in the soil solution. The found negative relation of root biomass and Ca or Mg content in the mineral soil was influenced by values from two monitoring sites with very high base saturation. After exclusion of these values as outliers, the significant positive correlation of root biomass and exchangeable magnesium was stated (fig. 6). Defoliation at monitoring sites correlated negatively with the active pH(H₂O) in the 0 – 10 cm of mineral soil and total N in the deeper 10 – 20 cm. The found negative correlation of defoliation and total root amount should be considered carefully, because the non-complete set of factors influencing the forest stand vitality was taken for the evaluation.

Recenzováno

ADRESA AUTORA/CORRESPONDING AUTHOR:

doc. Ing. Vít Šrámek, Ph.D., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika
tel.: 257 892 232; e-mail: sramek@vulhm.cz

SROVNÁNÍ MOŽNOSTÍ VYUŽITÍ SEMIDISTRIBUOVANÝCH A DISTRIBUOVANÝCH SRÁŽKODTOKOVÝCH MODELŮ V LESNICKÉ HYDROLOGII NA PŘÍKLADU POVODÍ OSTRAVICE

COMPARISON OF POSSIBILITY TO USE SEMIDISTRIBUTED AND DISTRIBUTED RAINFALL-RUNOFF MODELS IN FOREST HYDROLOGY ON THE EXAMPLE OF OSTRAVICE CATCHMENT

JAN UNUCKA¹⁾ - MILAN JAŘABÁČ²⁾ - VERONIKA ŘÍHOVÁ¹⁾ - MICHAELA HOŘÍNKOVÁ¹⁾ - JOZEF RICHNAVSKÝ¹⁾ - BORIS ŠÍR¹⁾
 MARTIN ADAMEC³⁾ - DUŠAN ŽIDEK⁴⁾ - ONDŘEJ MALEK¹⁾ - MARTIN ĎURICHA¹⁾ - MICHAL PODHORÁNYI¹⁾ - PETER BOBÁL¹⁾
 BRANISLAV DEVEČKA¹⁾ - VLADIMÍRA KOLÁŘOVÁ¹⁾ - VLADIMÍR TĚTHAL¹⁾ - MARIE VYLEŽÍKOVÁ¹⁾ - IVAN MUDROŇ¹⁾ - PETER SPÁL⁵⁾

¹⁾Hornicko-geologická fakulta, VŠB - Technická univerzita Ostrava

²⁾Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady

³⁾Přírodovědecká fakulta, Ostravská univerzita

⁴⁾Český hydrometeorologický ústav - pobočka Ostrava

⁵⁾Stavební fakulta, STU Bratislava

ABSTRACT

Effect of forest rainfall-runoff conditions and erosion processes often raises the debate among scientists and on the other hand, it largely affects a land use planning. This effect also confirms long-term hydrologic conditions and erosion processes on small forest catchments. This method is traditional in the studied landscape relationships. In situations, where we want to follow these processes on a larger scale, above the spatial scale of small forest basins, and in situations where we want to simulate and predict possible scenarios, it is possible to use analytical tools like geographic information systems (GIS) and numerical hydrologic models - the rainfall-runoff models, hydrodynamic models and dynamic erosion models. The capabilities of these tools are established on the Ostravice River for real hydrosynoptic situations. Several rainfall-runoff episodes and normal regional rainfall with low saturation of convective watershed and torrential rainfall with higher saturation basin were selected. Results were obtained using different methods of transformation in the hydrological basin scale (Horton, Green-Ampt, SCS-CN) and semidistributed (HYDROG, HEC-HMS), and distributed models (SIMWE, MIKE SHE) confirm the impact of rainfall on forested land-runoff relations. Final testing of the model shows good agreement for semidistributed and distributed models.

Klíčová slova: Ostravice, lesnická hydrologie, hydrologické modelování, srážkoodtokový proces, GIS, HEC-HMS, HYDROG, MIKE SHE, SIMWE

Key words: Ostravice, forest hydrology, hydrologic modelling, rainfall-runoff process, GIS, HEC-HMS, HYDROG, MIKE SHE, SIMWE

ÚVOD

Oblast střední Evropy bývá přirozeně postihována povodňovými událostmi. V posledních letech dochází k nárůstu povodňových škod především v socioekonomické sféře krajiny. Tato skutečnost je způsobena z části zvyšující se intenzitou a častějším výskytem významných srážkových událostí vedoucích k povodním. Z části spadají zvýšené povodňové škody na vrub nevhodnému využití krajiny, pod které lze zařadit špatně situovanou zástavbu a infrastrukturu, nevhodné využití půdy či nevhodně provedené úpravy toků. Vzhledem k praktické neproveditelnosti návratu povodí do přírodního stavu s výskytem klimaxových fytocenóz, což samo o sobě neznamená absolutní snížení rizika vzniku povodní, zůstává otázkou, jakými jinými opatřeními lze snížit povodňové škody. Praxe ukázala, že rozhodující význam pro tento záměr má správná a včasná předpověď mimořádných srážkoodtokových situací, což dokládají varovné systémy krizového řízení, které na předpovědní složku kladou hlavní důraz.

Jako nejefektivnější v otázce meteorologických a hydrologických předpovědí se ukázaly numerické předpovědní modely. Jejich další výhodou je jejich vzájemná komunikace a komunikace s dalšími (geo)informačními technologiemi. Nejčastěji se využívá pro zpracování informací a výslednou prezentaci výsledků geografických informačních systémů (GIS). Trendem poslední doby je zvyšování míry propojenosti mezi jednotlivými numerickými výpočetními modely a GIS. Tato snaha je realizována jak prostřednictvím možností numerických modelů pracovat s GIS formáty, popř. používat GIS extenzi, tak díky samotným GIS platformám, které v sobě stále častěji zahrnují škálu hydrologických funkcí a analýz.

Cílem této práce je představit základní přehled numerických hydrologických modelů, které nacházejí své využití v lesnické praxi. Při výběru popisovaných produktů je brán zřetel jak na technickou úroveň a možnosti níže popsanych modelů, tak jejich rozšíření v České republice a ve světě, úroveň dokumentace a přístupnost těchto modelů. Z hle-

diska účelu použití se tato práce věnuje především popisu srážkoodtokových numerických modelů, které řeší transformaci atmosférické srážky na odtok, popř. akumulaci vody v povodí.

Pro využití v lesnické hydrologii jsou v práci hodnoceny vybrané semidistribované numerické modely využívané díky příznivému poměru mezi přesností a rychlostí výpočtu v operativní předpovědní hydrologii a distribuované numerické modely, které se lépe hodí pro podrobné analýzy časových a prostorových proměn srážkoodtokových procesů v měřítku povodí. Vstupní a kontrolní data pro zjištění důležité role lesního porostu ve srážkoodtokovém procesu s využitím numerických modelů byla získána ze zalesněných lesnických experimentálních povodí Červík a Malá Ráztoka. Analýze byly podrobeny především srážkově bohaté a suché epizody pro zviditelnění role lesa ve srážkoodtokovém procesu. V práci jsou u vybraných numerických modelů vyobrazeny výstupy výsledků prezentované s využitím GIS.

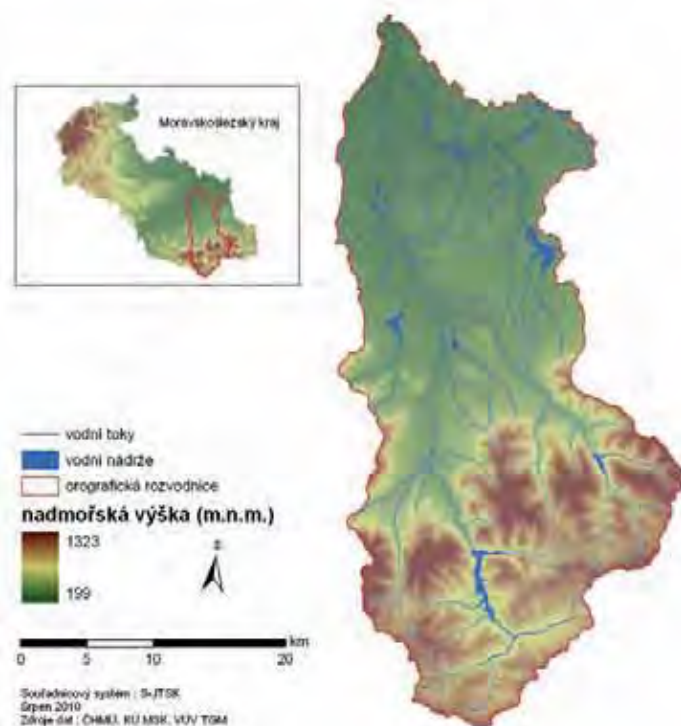
V hydrologické praxi jsou rovněž hojně využívány hydrodynamické modely řešící transformaci vody v korytě toku; v lesnické praxi nacházejí využití též dynamické erozní modely řešící erozi, transport a akumulaci sedimentů v návaznosti na srážkoodtokový proces. Podrobnější informace o hydrologických numerických modelech i v kontextu lesnické hydrologie lze získat z prací CHANGA (2006), HEWLETTA (1986), HAANA et al. (1994), KANTORA et al. (2003), BEVENA (2002, 2009), WAINWRIGHTA a MULLIGANA (2004), SINGHA a FREVERTA (2005) nebo BÍBY, JAKUBOWSKÉHO et al. (2008). Propojení GIS a numerických hydrologických modelů je popsána v knize od MAIDMENTA et al. (2000, 2002).

Povodí řeky Ostravice (hydrologické pořadí 2-03-01) je typickým karpatským flyšovým povodím, které zabírá rozlohu 826,7 km² (viz obr. 1). Nižší položené části povodí společně s nivními oblastmi větších toků jsou tvořeny čtvrtohorními fluvialními a deluviofluvialními sedimenty. Z hlediska geomorfologické klasifikace spadá téměř celé zájmové území do systému Vnějších Západních Karpat, pouze dolní část povodí zasahuje do soustavy Vněkarpatských sníženin (Ostravská pánev). Řeka Ostravice představuje hlavní hydrografickou osu regionu a vzniká soutokem Bílé a Černé Ostravice pramenících pod hřebenem Západních Beskyd v nadmořské výšce 920 a 940 m. Bílá Ostravice je z obou zdrojnic tou delší, a tudíž je hlavním tokem. Řeka unáší významné množství splavenin. Z tohoto důvodu se označuje jako typicky šterkonosný tok beskydského pohoří. Samotnou Ostravici i ostatní horské toky od jejich pramene až po pravostranný přítok, řeku Morávku, lze z hydrologického hlediska považovat za bystřinu, a to pro její relativně vysoký spád. Projevem vysokého gradientu je v obdobích vyšších vodních stavů intenzivní břehová i dnová eroze.

Horské partie povodí náleží klimatickým oblastem CH4, CH6 a CH7, zatímco nížiny patří do MT2, MT9 a MT10. Roční úhrn srážek ve vyšších nadmořských výškách přesahuje 1 000 mm; v nížinách se jedná o hodnotu cca 750 mm. Letní srážkové úhrny v nejnižší položených oblastech přesahují 400 mm.

Z hlediska pedologické charakteristiky povodí je jeho horní část tvořena silně kyselými kambizeměmi, které se ve střední části a nižší části zejména v okolí vodních toků střídají s fluvizeměmi (naplavenými půdami), lokálně s nivní půdou glejovou. Na sprašových hlinách nižších partií lze nalézt illimerizované půdy a pseudogleje. Dále jsou

CHARAKTERISTIKA POVODÍ OSTRAVICE



Obr. 1
Hypsografické a hydrografické podmínky povodí Ostravice
Ostravice watershed hypsographic and hydrographic conditions



Obr. 2
Podíl lesních porostů k ostatním kategoriím krajinného pokryvu v povodí Ostravice
Proportion of forest to other classes of land cover in the Ostravice basin

zde zastoupeny kambizemě (hnědé lesní půdy) typické a pseudoglejové. Pro dolní části větších vodních toků je charakteristický výskyt fluvizemě typické a glejové (WEISSMANOVÁ et al. 2004).

Krajinný pokryv je jedním z významných aspektů, které ovlivňují srážkoodtokové a erozní procesy probíhající na povodí. V horní části povodí, která patří do karpatského oreofytika, převažují smrkové jehličnaté lesy s příměsí ostatních druhů dřevin (zejména *Fagus sylvatica* a *Abies alba*). S klesající nadmořskou výškou, v oblasti mezofytika, je tento typ krajiny vystřídán zemědělskou krajinou s výrazným zastoupením přirozené vegetace (viz obr. 2). Lesním porostům dominují méně vhodné druhy. Původní jedlo-bukové lesy byly nahrazeny smrkovými (*Picea abies*). Z celkové rozlohy povodí Ostravice zaujímají lesy 55 % plochy (HOLUŠA 2000, WEISSMANOVÁ et al. 2004).

Podle dat z ČHMÚ dosahuje průměrný průtok ve vodoměrných profilech řeky Ostravice těchto hodnot: Staré Hamry $1,51 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, Sviadnov $11,00 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a Slezská Ostrava $15,5 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Rozkolísanost průtoků je v tomto povodí velmi výrazná; v některých případech přesahuje hodnoty 1 : 2000. Hodnoty m-denních a N-letých vod jsou ovlivněny vodními díly. To způsobuje, že na závěrovém profilu Slezská Ostrava je neovlivněná hodnota Q_{100} $1\,124 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$, zatímco ovlivněná $840 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Stejná rozkolísanost platí také pro Q_{364d} , kde neovlivněná hodnota dosahuje $1,34 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ a ovlivněná $1,8 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ (WEISSMANOVÁ et al. 2004).

CHARAKTERISTIKA POUŽITÝCH HYDROLOGICKÝCH MODELŮ

HEC-HMS

HEC-HMS (Hydrologic Engineering Center-Hydrologic Modeling System) byl vyvinut hydrologickým inženýrským centrem Americké armády (HEC-USACE, založeno v roce 1964) pro studium srážkoodtokových procesů v povodí (BEDIENT, HUBER, VIEUX 2007). Je navržen tak, aby byl použitelný pro různé zeměpisné oblasti. HEC-HMS je pokračovatelem modelu HEC-1, který byl vytvořen v roce 1967. Jedná se o průmyslový standard a validovaný s-o model agentury FEMA (Federal Emergency Management Agency, viz http://www.fema.gov/plan/prevent/fhm/en_hydro.shtm). HEC-HMS disponuje přehledným grafickým uživatelským rozhraním a implementací pokročilých metod pro hydrologickou a hydraulickou transformaci s-o procesů. Grafické uživatelské rozhraní umožňuje plynulý pohyb mezi jednotlivými částmi programu. Program je zdarma ke stažení na stránkách HEC-USACE <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>. Kromě samotného programu je na stránkách ke stažení jeho bohatá dokumentace (uživatelský a technický manuál, případové studie), ale mimo to i manažer časových řad HEC-DSSVue a HEC-GeoHMS, jenž slouží pro předzpracování (preprocessing) dat v prostředí GIS. Základními prvky, které tvoří uživatelské rozhraní, jsou basin model (obsahuje samotnou schematizaci povodí), meteorologic model (popisuje rozmístění srážek na povodí), control specifications (časový interval a parametry simulace) a input data (např. data časových řad jako jsou srážky, průtoky, teploty, různá rastrová data a další). Z těchto komponent se pak sestaví běh výpočtu simulace (simulation run). Díky tomuto řešení je možné komponenty libovolně kombinovat, což podporuje možnost simulace různých scénářů.

HYDROG

HYDROG je software, který byl primárně navržen pro potřeby operativní praxe, kde se již etabloval a osvědčil. Je tedy určen pro simulaci, operativní předpovědi a operativní řízení odtoku vody z povodí z příčinné přívalové nebo regionální srážky, resp. odtoku způsobeného táním sněhové pokrývky.

Tento software byl vyvinut profesorem Milošem Starým z VUT v Brně (vývoj probíhá od roku 1991) a v současnosti existuje ve verzi 9.1 (STARÝ 1998). Není volně k dispozici a funguje pouze s licencovaným hardwarovým klíčem. HYDROG je nasazen v operativním provozu na mnoha povodích České republiky. V ČHMÚ je používán pro výpočet předpovědi na regionálních předpovědních pracovištích v Ostravě (povodí Odry a Horní Moravy) a v Brně (pro povodí Dyje), v rámci podniku Povodí je používán zejména na povodích Odry, Labe, Vltavy a Ohře.

Schematizace povodí je v modelu HYDROG řešena pomocí orientovaného ohodnoceného grafu G (N, H, P), který nahrazuje skutečné povodí. N zde představuje množinu vrcholů grafu (uzly grafu), H množinu hran grafu (vodních toků) a P množinu tzv. zavěšených ploch (subpovodí převedených na obdélníky) na hrany grafu. Vrcholy grafu pak představují bodové zdroje vody (přítoky do povodí, odběry vody, uzly s akumulací – vodní nádrže). Z toho všeho vyplývá, že topologické, geometrické, hydrologické a hydraulické parametry jsou pro každý prvek množiny konstantní. Jedná se tedy o semidistribuívaný model.

V průběhu řešení srážkoodtokového procesu jsou uvažovány dva druhy transformací – hydrologická a hydraulická. Pro hydrologickou transformaci na povodí je použita metoda Hortona. Je nazvána podle svého objevitele Roberta Hortona (1933). Metoda Hortona konceptuálně řeší infiltraci ovzdušné srážky a výšku efektivní srážky, tj. srážky vyvolávající povrchový odtok (BEVEN 2002, STARÝ 2005). Je nenáročné na parametry a vychází zejména z hydraulických vlastností půdy. Hlavní výhodou modelu HYDROG s ohledem na operativní praxi lze spatřit v použití kalibračních koeficientů. Kalibrační koeficienty upravují výsledky modelu bez přímého zásahu do schematizace. Jedná se tedy o přepočtení koeficienty pro numerické řešení s-o procesu. Kromě tohoto mechanismu HYDROG disponuje poloautomatickou a automatickou kalibrací parametru zavěšených ploch a podzemních nádrží (lineární metoda).

SIMWE

SIMWE (SIMulated Water Erosion) je hydrologický a erozní open source model. Je součástí GRASS a navazuje na rastrový modul r.sim.water GRASS. Původní modul r.sim.water pro verze 5.x GRASS byl k dispozici jako doplňkový modul, který bylo nutno zkompileovat. V současnosti je v GRASS od verze 6.2.2 implicitně zahrnut jako modul SIMWE v nástrojích hydrologických analýz spolu s modelem SIMWE. Pro dané typy analýz se jedná o poměrně výkonný a robustní model. Mezi jeho hlavní výhody patří zejména víceměřítková simulace (multiscale simulation) (NETELER, MITASOVA 2010, FÁREK, UNUČKA 2010), která umožňuje v základním modelu s menším rozlišením pro celé území současně detailně řešit vybrané části území. Princip spočívá ve vícenásobném výpočtu simulací od nejhrubšího rozlišení pro celé území až po nejjemnější rozlišení vybraného segmentu pomocí tzv. vzorkovacích bodů (*walkers*). Podrobnější informace o modelu SIMWE lze nalézt na: http://www.grass.itc.it/grass62/manuals/html62_user/r.sim.water.html.

MIKE SHE

MIKE SHE představuje distribuovaný s-o model pro simulaci všech hlavních procesů v zemní fázi hydrologického cyklu od srážek až po odtok vody z povodí, a to přes povrchový odtok, podzemní odtok, tání sněhu, evapotranspiraci a další procesy. Model je vhodný pro analýzu, plánování a řízení v oblasti vodních zdrojů, povodí a životního prostředí. Má širokou oblast uplatnění při posuzování vzájemných interakcí mezi povrchovou a podzemní vodou a při řešení zásadních technických zásahů v povodí.

MIKE SHE vychází z modelu SHE (Système Hydrologique Européen), který byl od roku 1977 vyvíjen konsorciem tří evropských organizací: The Institute of Hydrology (Velká Británie), SOGREAH (Francie) a DHI Water & Environment (Dánsko). Inisut DHI (Danish Hydraulic Institute) pak od poloviny 80. let minulého století začal dále tento model rozvíjet jako součást řešení komplexní platformy hydrodynamických a s-o modelů v podobě MIKE Zero (BEVEN 2002, SINGH, FREVERT 2005).

Na rozdíl od modelu HYDROG a HEC-HMS je model MIKE SHE příliš komplexní na straně vstupu a metodik, byť existují mechanismy pro zjednodušení výpočtu vypnutím určitých výpočetních modulů či parametrizací určitých procesů. Z toho vyplývá, že pro operativní provoz v rámci hydrologické prognózy se hodí méně než oba jmenované modely, kdežto pro bilanční analýzy a management povodí se tento program svým zaměřením hodí dokonale.

Povrchový odtok je v tomto modelu řešen pomocí difuzní aproximace Saint Venantových rovnic a Manningova vztahu. Pohyb vody v korytech je řešen napojením na 1D model MIKE 11. Propojení modelu MIKE SHE a MIKE 11 mimo jiné umožňuje 1D simulace říčních toků a vodních stavů pomocí Saint Venantových rovnic, simulaci široké škály objektů jako například jezů a propustků, modelování inundačních oblastí a další. Evapotranspirace je řešena metodou KRISTENSEN-JENSEN (1975 in MAIDMENT 1993). Kromě této metody se ještě uplatňuje zjednodušený dvouvrstvý model, kdy je půdní profil rozčleněn na svrchní vrstvu (zde se uplatňuje faktor RDF – Root distribution function a dochází k odčerpávání půdní vody kořeny rostlin) a spodní vrstvu, kde k těmto procesům nedochází. Toto řešení vyžaduje data o vegetačním krytu (index listové plochy – LAI index a hloubku kořenů – rooting depth) a fyzikální vlastnosti půdy. Pro pohyb vody v nenasycené zóně se využívají Richardsovy rovnice nebo jejich zjednodušené podoby, jejichž aplikace pak výrazně zkracuje čas výpočtu. Podzemní

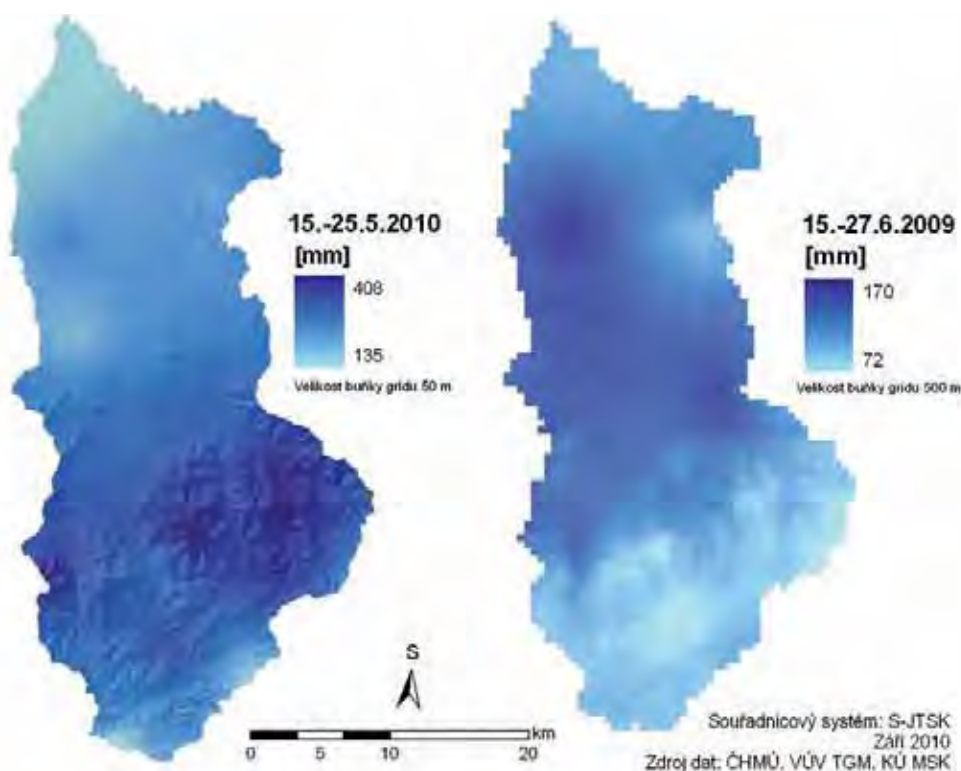
odtok a nasycená zóna je řešena pomocí implicitní metody konečných prvků v 3D řešení. Velmi podrobný popis všech výše uvedených metod je možné najít v technickém manuálu MIKE SHE. Jsou zde podrobně rozepsány příslušné rovnice a doplněné názornými obrázky.

Popis vybraných epizod

Epizoda 15. – 27. 6. 2009

V poslední dekádě měsíce června se vytvořila situace, při které se k nám od východu dostával vlhký a teplý vzduch. Tyto situace jsou v letním období méně časté. Ve střední Evropě v této části roku všeobecně spíše převládá přenos vzduchových hmot od západu na východ. V uvedeném případě šlo o tzv. východní cyklonální situaci (Vc), kdy se kolem středu tlakové níže nad Středozemním mořem (Balkánským poloostrovem) dostává do střední Evropy vzduch nasycený vodní parou ze Středomoří nebo i z oblasti Černého moře. Tlaková níže se středem nad Balkánským poloostrovem zůstávala téměř bez pohybu na stejném místě až do konce měsíce, po jejím severním okraji k nám proudil teplý a velmi vlhký vzduch od Černého moře ve všech hladinách atmosféry. Úvod období je možno vymezit teplou frontou dne 22. 6., která přes naše území přešla od východu. V následujícím období od 23. 6. byla denně zaznamenána v regionu bouřková činnost, místy i s velmi intenzivními srážkami, které způsobily na několika místech velmi rychlé a velmi ničivé povodně. Vývoj synoptické situace 22. – 24. 6. je znázorněn na obrázku 4.

24hodinové srážkové úhrny se pohybovaly od 20 do 50 mm. Nepříznivou situaci podpořila také vysoká relativní vlhkost vzduchu, která dosahovala 90 – 95 %, což je téměř dvojnásobek běžných hodnot relativní vlhkosti v letních měsících. Začátkem července se začala vlhkost vzduchu opět postupně vracet k normálu.



Obr. 3
Srážkové úhrny pro epizodu červen 2009 a květen 2010
Total rainfall depth for the episode in June 2009 and May 2010

Společně s intenzivním deštěm z konvektivní oblačnosti i v průběhu dalších dnů dosáhla úroveň hladin řek v Moravskoslezském kraji až na 3. SPA. Lokálně se také vyskytovaly přívalové deště s celkovým úhrnem srážek kolem 100 mm (viz obr. 3).

Povětrnostní situace se vyskytovala po celé období trvání na přelomu června a července 2009 a způsobila téměř čtrnáctidenní období se silnými bouřkami nejen v České republice, ale i v jejím širším okolí.

Epizoda 15. 5. – 5. 6. 2010

V polovině měsíce května se nad Itálií rychle prohloubila nová tlaková níže a začala postupovat k severovýchodu nad Maďarsko a Slovensko. V dalších dnech mezi 16. až 19. 5. setrvala tlaková níže víceméně bez pohybu nad východním Slovenskem, Polskem a západní Ukrajinou. Na naše území začal po její zadní straně od severovýchodu proudit chladný a velmi vlhký vzduch. Proudění kolem středu této níže přineslo intenzivní srážky na Slovensko, do Polska a také na severovýchod ČR, především na území Moravskoslezského kraje. V oblasti Beskyd byla intenzita srážek podpořena návětrím pohoří (severní a severovýchodní svahy) a také stříhem větru (severovýchodní proudění ve vyšších vrstvách atmosféry, severozápadní proudění při zemi). Tento typ synoptické situace je pro vznik povodní ve střední a východní Evropě velmi charakteristický a příhodný, podobná situace byla příčinou vzniku velkých povodní v posledních letech (1997, 2002 aj.). Úhrny srážek na radarových snímcích ze 17. a 18. 5. je možné vidět na obrázku 5.

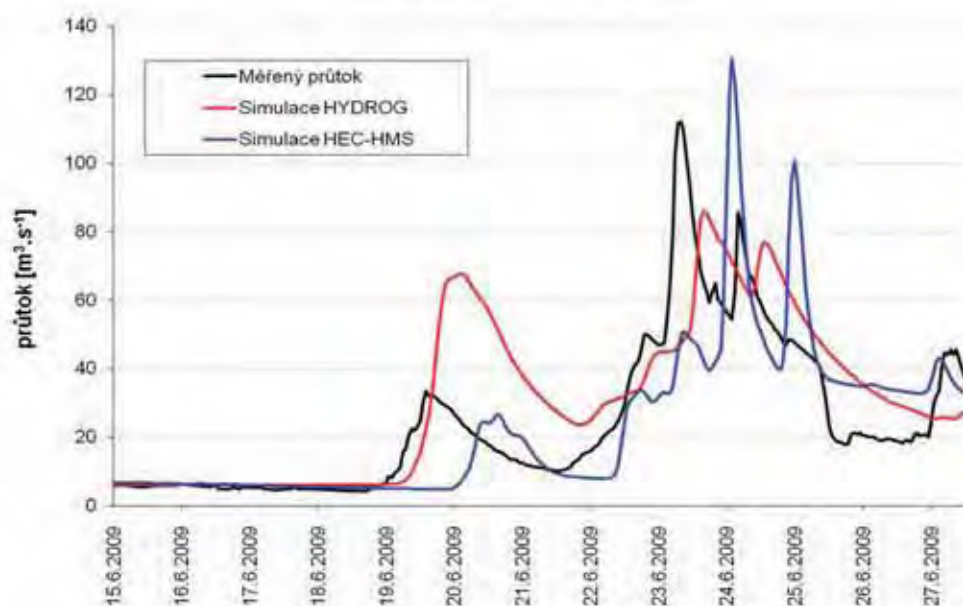
Dne 21. května přešla přes naše území k jihozápadu teplá fronta. Za ní k nám začal proudit od severovýchodu teplý a vlhký instabilní vzduch. Začaly se tvořit četné přeháňky a bouřky s 24hodinovými úhrny srážek až kolem 25 mm. V dalších dnech se tlaková níže nad východní Evropou vyplňovala, proměnlivé počasí s přeháňkami a bouřkami stále přetrvávalo i v prvním červnovém týdnu.

VÝSLEDKY

Z výsledného hydrogramu simulací epizody 15. – 27. června 2009 v semidistribovaných modelech HEC-HMS a HYDROG, který je zobrazen grafem 1, je již na první pohled patrné, že šlo o velmi výjimečnou srážkovou událost, viz výše. Jednalo se o přívalovou srážku, tedy výjimečnou událost lokálního charakteru, která je většinou hůře zachytitelná sítí srážkoměrných stanic a může dojít k odtoku vody mimo koryta toků. Přesto si modely poradily i s touto událostí poměrně dobře. Model HYDROG lépe zachytil objem povodňové vlny, ale nadhodnotil první kulminaci takřka o $30 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. Oba modely zachytily oba hlavní kulminační průtoky, byť oba modely reagovaly oproti měřeným hodnotám opožděně.

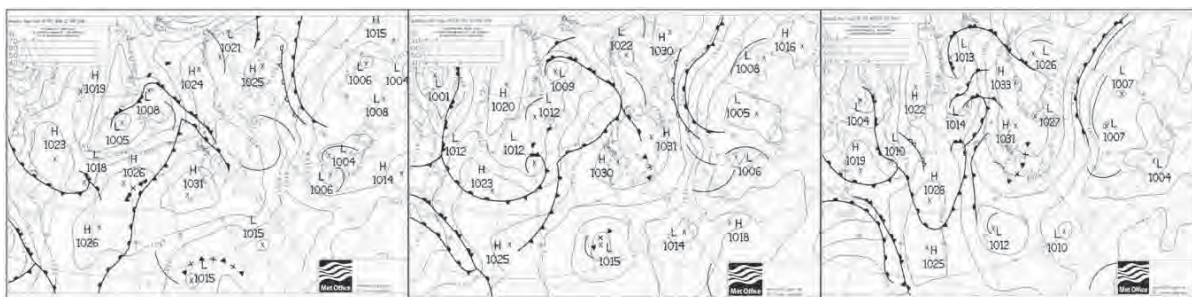
Hydrogram prezentovaný grafem 2 ukazuje výsledky simulací pro epizodu 15. – 25. května 2010. Výsledky jsou vizualizované opět pro profil Slezská Ostrava a porovnávají modelovaný průtok s pozorovaným. Tvar hlavní povodňové vlny vystihují oba modely poměrně přesně, model HEC-HMS vykazuje velmi přesnou shodu v kulminačním průtoku, a to jak z hlediska času kulminace, tak i z hlediska její hodnoty. Model HYDROG oproti tomu lépe zachycuje objem této vlny, který je modelem HEC-HMS mírně podhodnocený. Model HYDROG dobře vystihuje čas kulminace povodňové vlny, její hodnota je však oproti reálnému měřenému průtoku zhruba o $80 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ nižší. Rozkolísanost průtoku na sestupné větvi hydrogramu lépe dokázal zachytit model HYDROG, pracující s metodou Hortona coby metodou hydrologické transformace na povodí a s metodou lineární nádrže pro základní odtok, naproti tomu HEC-HMS pracující s metodou SCS-CN a recesní metodou pro základní odtok, dílčí kulminace na sestupné větvi víc nadhodnocuje.

Oba výsledné hydrogramy na vybraných simulovaných epizodách dokazují, že použité semidistribované modely jsou využitelné a vhodné pro srážkoodtokové modelování, převážně pak pro simulaci povodňových situací, kdy modely HYDROG i HEC-HMS dokázaly velmi přesně zachytit čas i velikost kulminace.



Graf 1

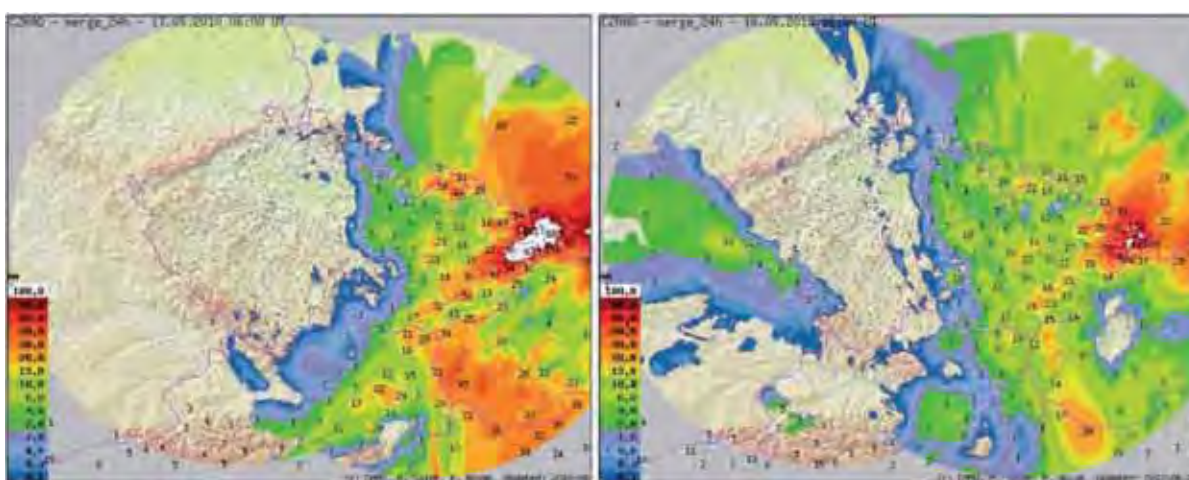
Výsledný hydrogram simulací epizody června 2009 pro profil Slezská Ostrava
The resulting hydrograph of the June 2009 episode for a profile Silesian Ostrava



Obr. 4

Vývoj synoptické situace 22. – 24. června 2009 nad územím ČR (Zdroj: ČHMÚ)

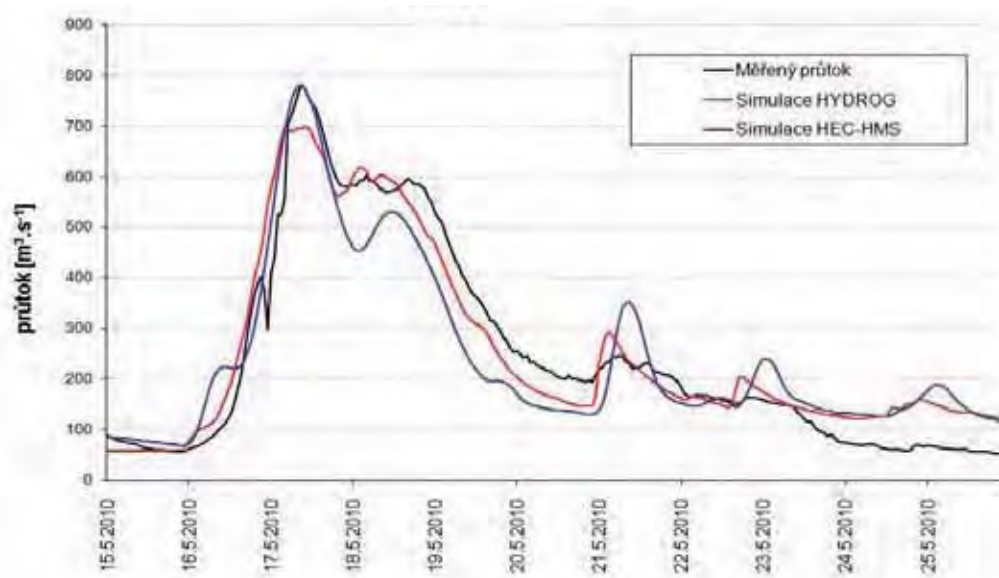
Synoptic situation over the Czech Republic since 22 June until 24 June 2009 (Source: Czech Hydrometeorological Institute)



Obr. 5

Úhrny srážek na radarových snímcích ze 17. a 18. května 2010 (Zdroj: ČHMÚ)

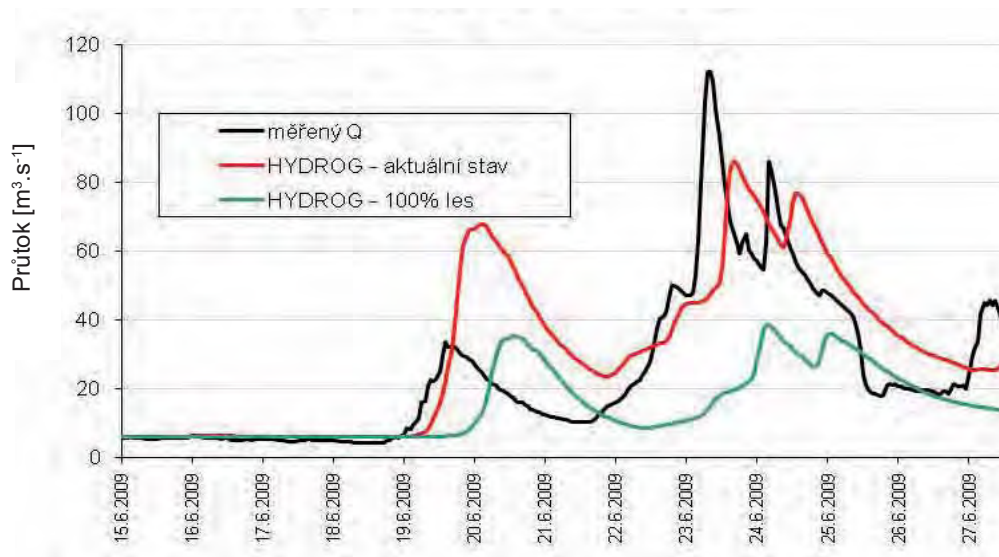
Total precipitation – the radar images from 17 and 18 May 2010 (Source: Czech Hydrometeorological Institute)



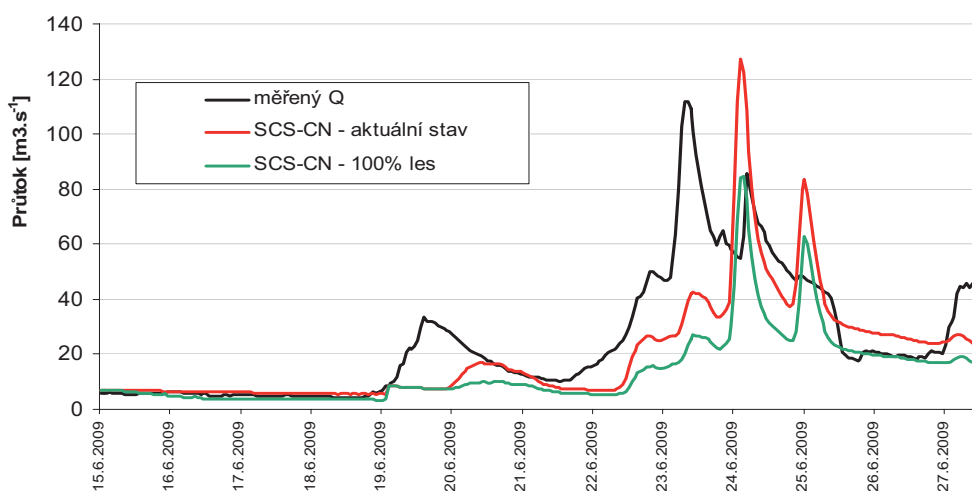
Graf 2

Výsledný hydrogram simulací epizody květen 2010 pro profil Slezská Ostrava

The resulting hydrograph of the May 2010 episode for a profile Silesian Ostrava



Graf 3
 Výsledky simulací pro epizodu červen 2009 - model HYDROG
 Results of simulations for the June 2009 episode - model HYDROG



Graf 4
 Výsledky simulací pro epizodu červen 2009 - model HEC-HMS, metoda SCS-CN
 Results of simulations for the June 2009 episode - model HMS, method SCS-CN

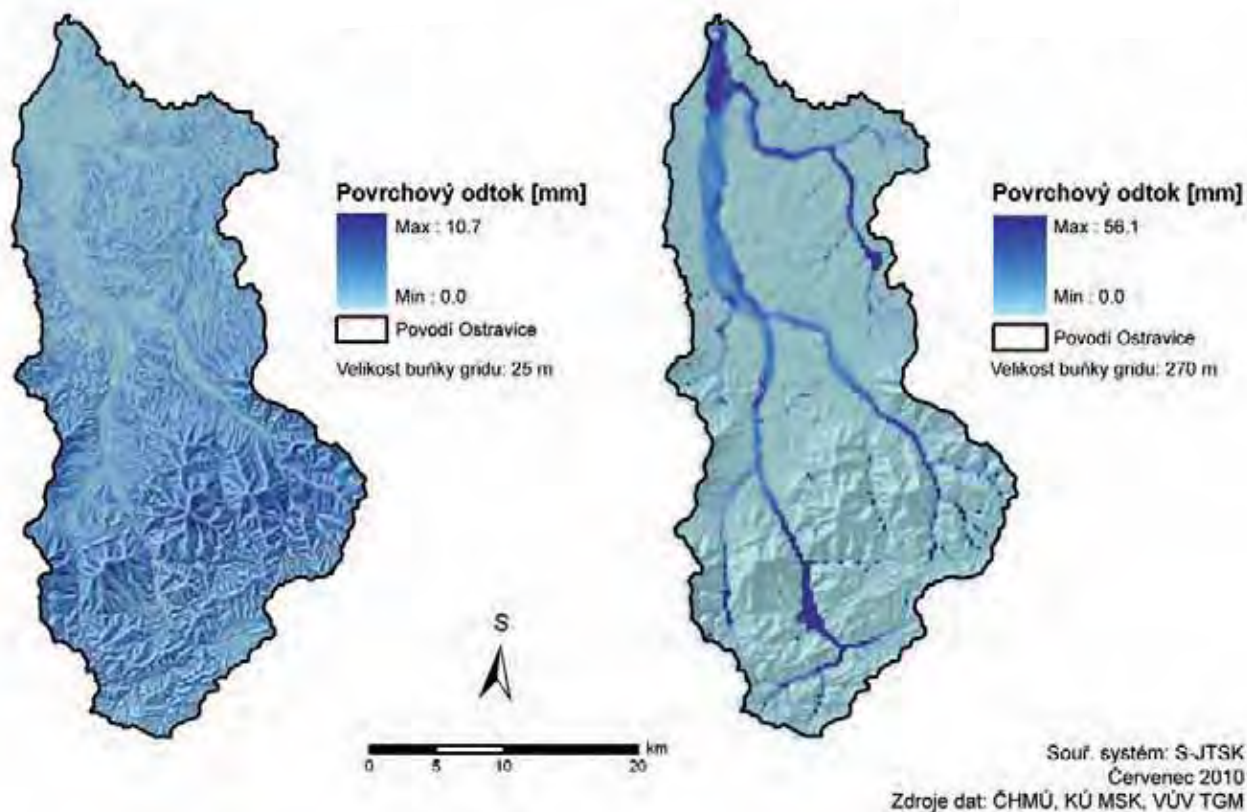
Grafy 3 a 4 porovnávají pro vybrané modely a metody naměřený průtok (zobrazen černou barvou), průtok pro aktuální stav krajinného pokryvu na povodí (červená barva) a průtok pro scénář zalesněného povodí (znázorněn zelenou barvou). Oba tyto výstupy deklarují vliv lesa na odtokové poměry. U grafu 3, kde jsou zobrazeny výstupy z modelu HYDROG, se rozdíl mezi simulovaným průtokem na aktuálním stavu krajinného krytu povodí a na scénáři fiktivního zalesnění povodí pohybuje i kolem $60 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$. U grafu 4, jenž znázorňuje výstupy z modelu HEC-HMS (konkrétně použita metoda SCS-CN), se tento rozdíl pohybuje v maximálním rozdílu kolem $40 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

Výstupy z distribuovaných modelů SIMWE a MIKE SHE jsou demonstrovány na obrázcích 6 až 10. Obrázek 6 zobrazuje povrchový odtok

pro epizodu květen 2010 modelovaný pomocí dvou zmíněných distribuovaných modelů.

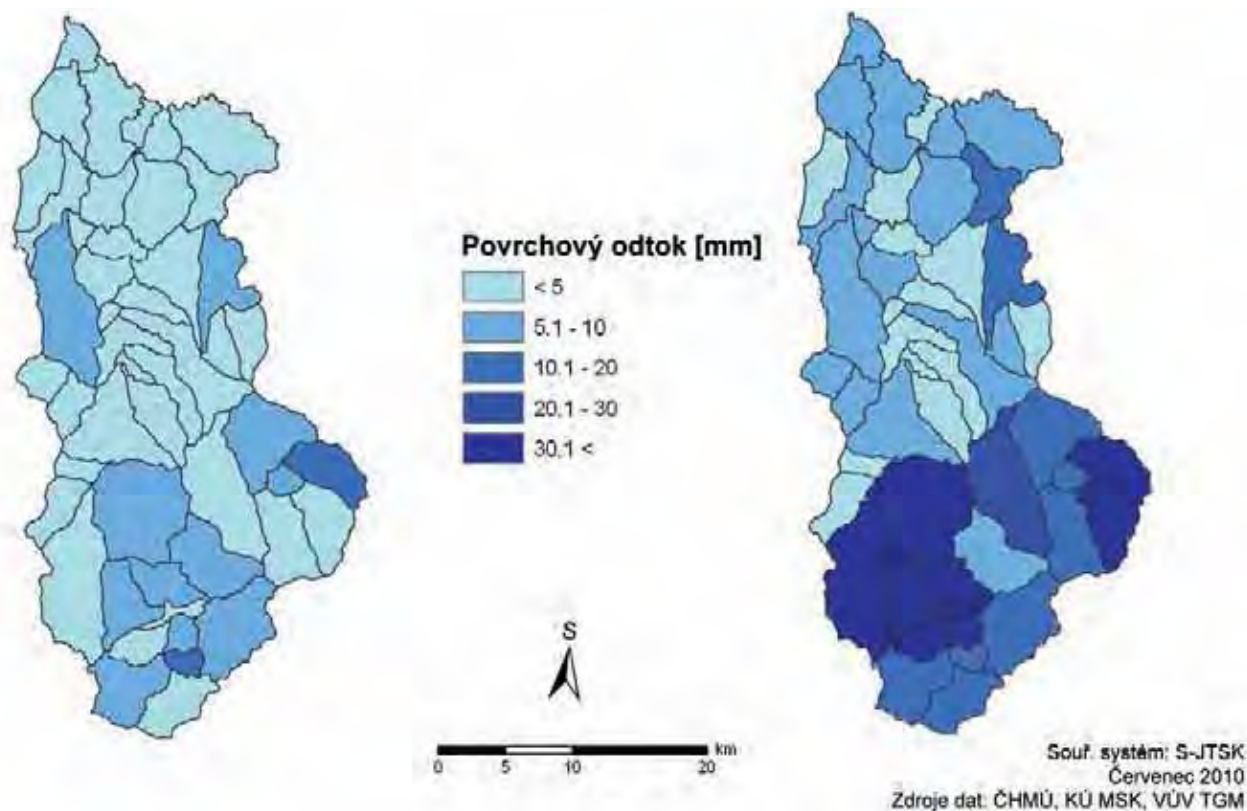
Použitím GIS nástroje zonální statistika byla velikost povrchového odtoku vztažena k jednotlivým schematizovaným subpovodím povodí Ostravice. Velikost povrchového odtoku můžeme vztáhnout pomocí zonální statistiky k jednotlivým subpovodím povodí Ostravice (viz obr. 7).

Dalším typem výstupu může být koeficient odtoku (viz obr. 8). Koeficient odtoku je číselná hodnota udávající poměr mezi výškou odtoku a srážek nebo objemem odtoku a srážek pro danou epizodu, v tomto případě červen 2009.



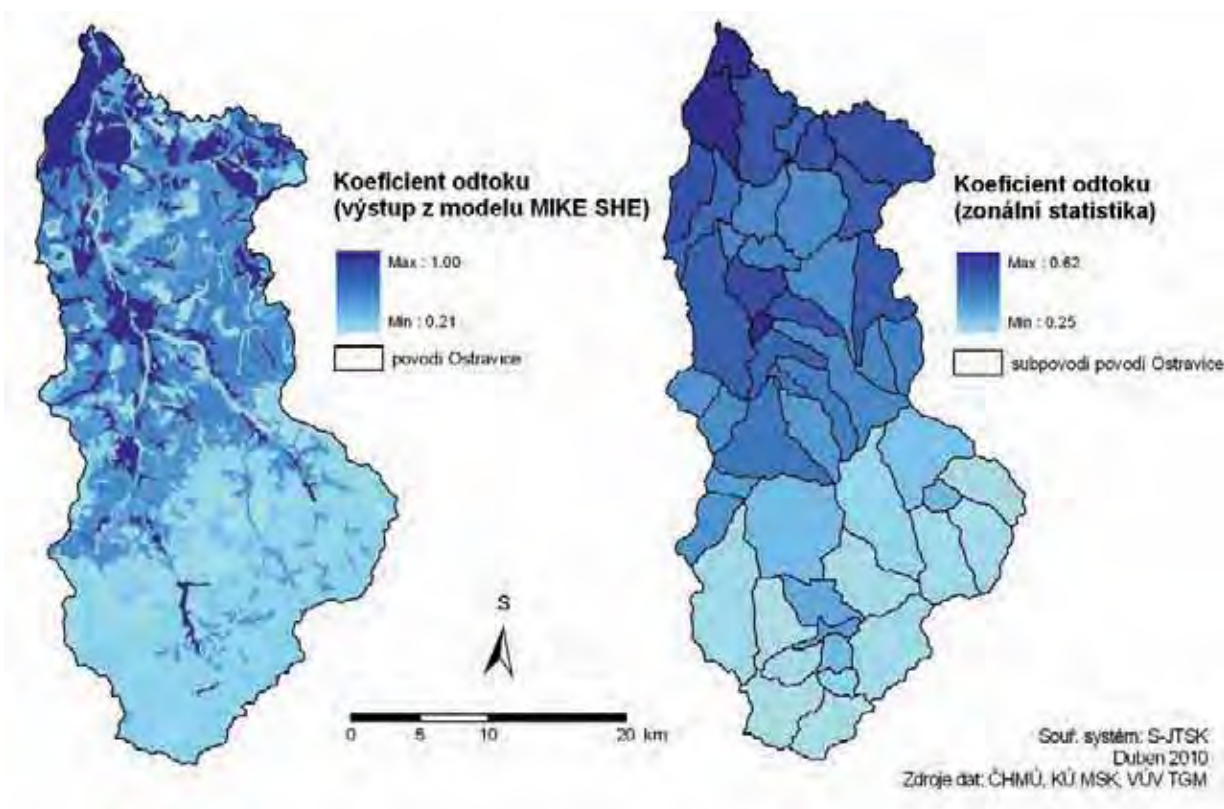
Obr. 6

Výsledky povrchového odtoku modelované pomocí distribuovaných modelů SIMWE a MIKE SHE (epizoda květen 2010)
Results of the surface runoff modeled by MIKE SHE and SIMWE distributed hydrologic models (the May 2010 episode)

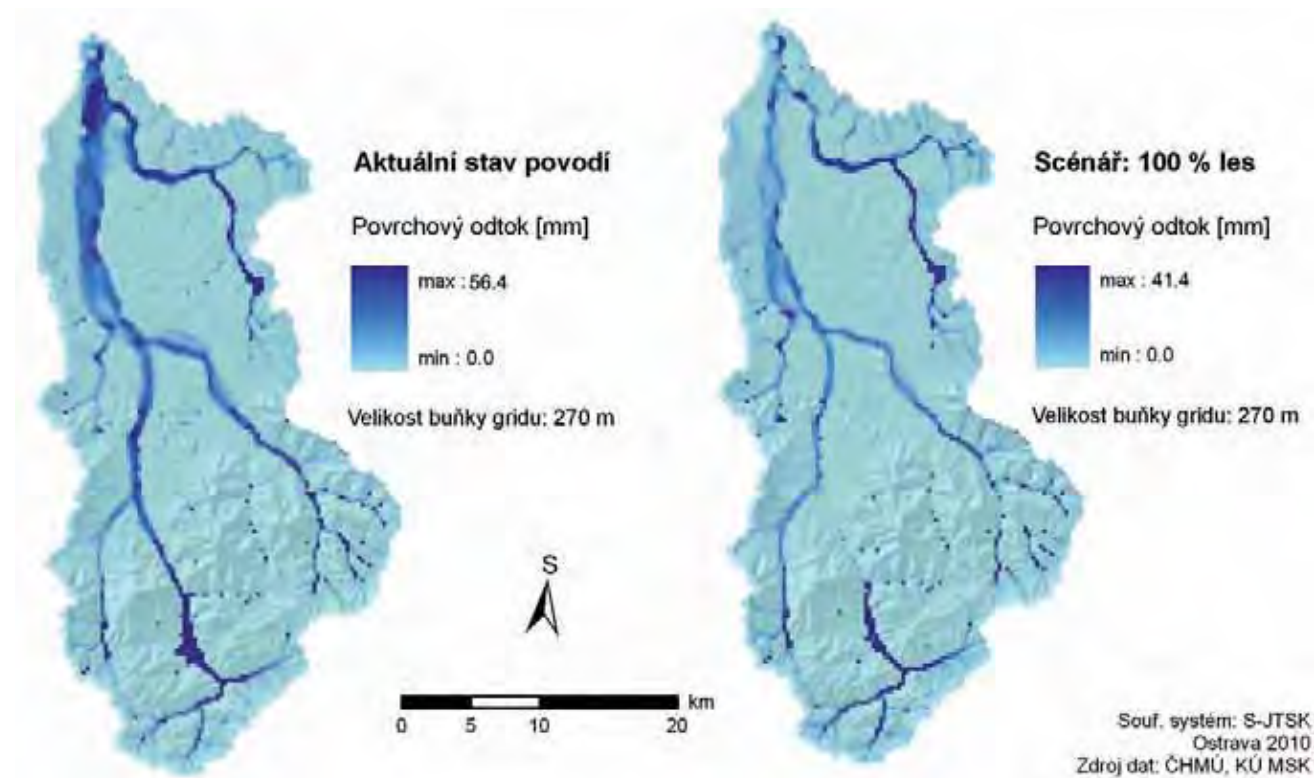


Obr. 7

Povrchový odtok modelovaný pomocí SIMWE a MIKE SHE - zonální statistika (epizoda květen 2010)
The surface runoff modeled by MIKE SHE and SIMWE model- zonal statistic (the May 2010 episode)



Obr. 8
 Koefficient odtoku odvozený z výsledků modelu MIKE SHE pro epizodu červen 2009
 Runoff coefficient derived from MIKE SHE model results for the June 2009 episode



Obr. 9
 Srovnání aktuálního stavu krajinného pokryvu povodí se scénářem stoprocentního zalesnění povodí – výsledky z modelu MIKE SHE pro epizodu červen 2009
 Comparison of the current state of land cover on the basin with scenario of absolute afforested catchment- results from MIKE SHE model for the June 2009 episode



Foto 1

Odtoková situace v korytě Bílé Ostravice 14. 5. 2010 – nad Bedřichovým klauzem (Jan Unucka)

Runoff conditions in the Bila Ostravice river 14. 5. 2010 – upon the Fridrich forestry water reservoir (Jan Unucka)



Foto 2

Povrchový odtok v údolí Bílé Ostravice nad soutokem s Č. Ostravicí – 18. 5. 2010 (Jan Unucka)

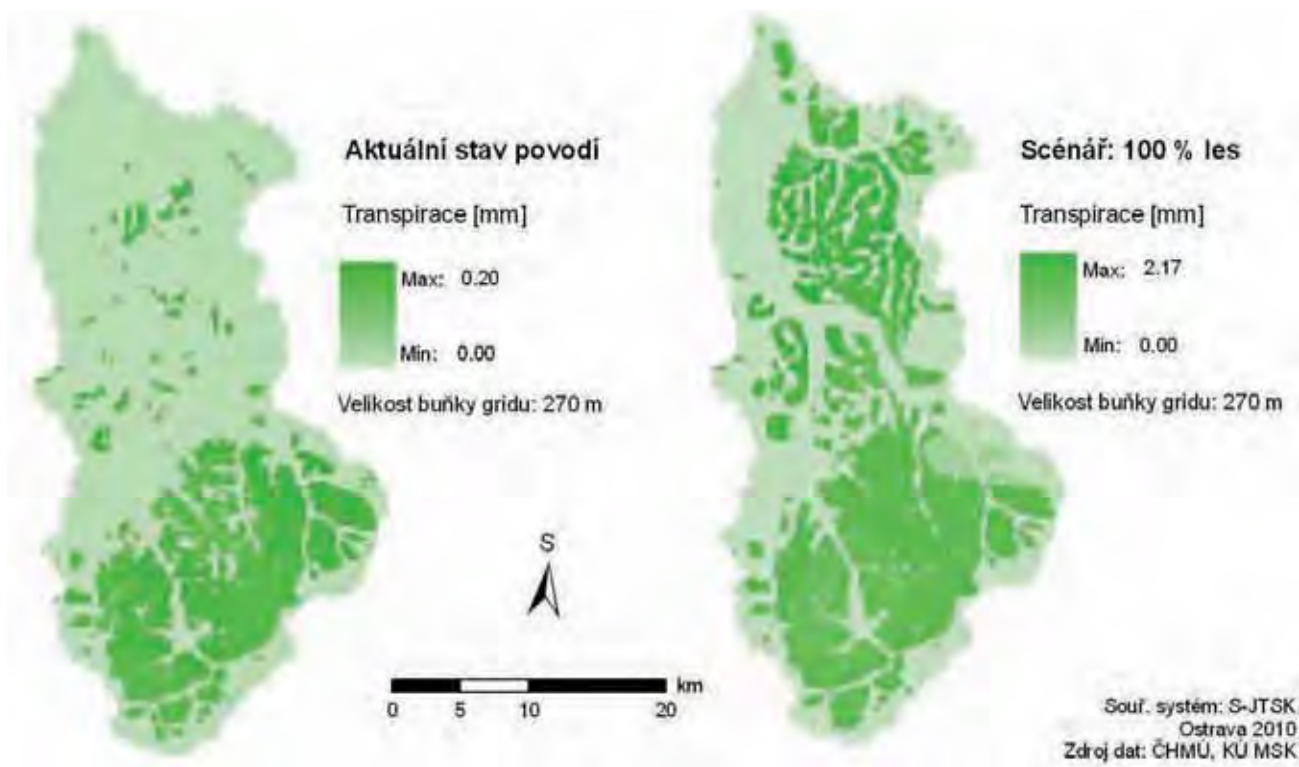
Hortonian overland flow in the Bila Ostravice catchment upon confluence with Cerna Ostravice – 18. 5. 2010 (Jan Unucka)



Foto 3

Povrchový odtok v údolí Bílé Ostravice nad Bedřichovým klauzem 18. 5. 2010 (Jan Unucka)

Hortonian overland flow in the Bila Ostravice catchment upon the Fridrich forestry water reservoir 18. 5. 2010 (Jan Unucka)



Obr. 10
 Transpirace modelovaná pomocí modelu MIKE SHE pro epizodu červen 2009
 Transpiration modeled by MIKE SHE model for the June 2009 episode



Foto 4
 Odtoková situace v korytě Bílé Ostravice 18. 5. 2010 – nad Bedřichovým klauzem (Jan Unucka)
 Runoff conditions in the Bila Ostravice river 18. 5. 2010 – upon the Fridrich forestry water reservoir (Jan Unucka)

Obrázek 9 zobrazuje výstup modelu MIKE SHE, kde je porovnáván výsledek aktuálního stavu krajinného pokryvu v povodí (vlevo) s připraveným scénářem fiktivního zalesnění povodí a tedy vlivem lesa na odtokové poměry v povodí (vpravo). Na tomto výstupu je zobrazen povrchový odtok vztahující se k době kulminace epizody červen 2009. Je patrné, že i výstupy z distribuovaného modelu MIKE SHE prokázaly platnost původního předpokladu, že les významnou měrou ovlivňuje odtokové poměry v území (stejně tak jako výstupy z modelu HEC-HMS či HYDROG).

Hodnota povrchového odtoku je však výslednicí mnoha faktorů, které vzájemně spolupůsobí jak v reálném povodí, tak v povodí schematizovaném v rámci komplexního modelu typu MIKE SHE. Změny se projevují i v hodnotách povrchového a hypodermického odtoku, evapotranspirace i intercepce povodí stejně jako infiltrace a perkolace atmosférické srážky. Na obrázku 10 je ukázka výsledku transpirace modelované pomocí modelu MIKE SHE. Evapotranspirace je bezesporu faktorem, který během krátkých s-o epizod má na hodnoty kulminací a objemu odtoku spíše zanedbatelný vliv. Z dlouhodobého či bilančního hlediska se však jedná o faktor významný, proto byl i s přihlédnutím ke komplexnímu přístupu k modelování s-o procesu v rámci schematizace modelu MIKE SHE zahrnut. Detailněji se vlivem změn transpirace, evaporace a dlouhodobých změn hypodermického odtoku či hydrologického režimu půd a půdní ekologie v rámci výzkumných povodí Hubbard Brook a Coweeta zabývají DE LA CRÉTAZ a BARTEN (2007), obecná problematika intercepce a evapotranspirace a jejího modelování v kontextu lesnické hydrologie je také přehledně diskutována v pracích MAIDMENTA (1993), DINGMANA (2002) a CHANGA (2006).

Z výše uvedených důvodů tedy byla zvolena velikost buňky výpočetního rastru na 270 m, protože snížení této hodnoty by sice zpřesnilo prostorovou informaci výstupu modelu, avšak došlo by k enormnímu nárůstu doby výpočtu. Tento nárůst se v praxi často eliminuje změnami metod infiltrace, perkolace a povrchového odtoku, což je však nevhodná úprava vzhledem k danému typu analýz.

ZÁVĚR

Tento příspěvek se zabývá vlivem lesního vegetačního krytu na odtokové podmínky ve vybraném pilotním povodí, tedy v povodí řeky Ostravice (2-03-01). Odtokové podmínky byly zkoumány s pomocí využití nástrojů GIS a semidistribuovaných a plně distribuovaných hydrologických modelů různých typů. Z těchto modelů lze jmenovat: semidistribuované HEC-HMS a HYDROG, plně distribuované MIKE SHE a SIMWE. Tyto modely v kombinaci s nástroji GIS představují účinný nástroj pro studium vlivu krajinné pokrývky; mají tedy nesporný význam i v lesnické hydrologii.

Shoda mezi vypočtenými výsledky a skutečně naměřenými daty (průtoky) byla významná i navzdory různým použitým metodám hydrologické transformace. Z porovnání výsledků modelů vyplývá, že semidistribuované modely jsou vhodné především pro operativní hydrologickou prognózu. Jejich hlavní výhodou tkví v krátké době výpočtu simulace. Stupeň podrobnosti schematizace (počet schematizovaných subpovodí a říčních úseků) má vliv na celkovou přesnost výsledků. Pokud bylo povodí řeky Ostravice rozděleno do 30 – 60 subpovodí (dílčích povodí), byly dosažené výsledky pro účely této studie dostatečně průkazné a relevantní. Plně distribuované modely jsou oproti semidistribuovaným vhodnější k detailnímu studiu prostorových změn vybraných parametrů povodí, vztahených ke srážkooodtokovému procesu, jenž představuje odpověď povodí na konkrétní srážkové události (15. – 27. 6. 2009; 15. 5. – 5. 6. 2010). Pro další studium prostorové variability parametrů ovlivňujících srážkooodtokový proces jsou pak vhodným nástrojem geostatistické přístupy GIS.

Na základě dosažených výsledků modelování ve zkoumaném území lze konstatovat, že vliv lesního vegetačního krytu na odtok vody z povodí a na fluvialní erozi je podstatný (podrobněji viz kapitola Výsledky). Ovšem za účelem srovnání již dosažených výsledků a jejich zevšeobecnění je žádoucí provést další výzkum podpořený jinými metodami a modelováním, např. v modelech GSSHA a MIKE SHE s průběžným kamerálním i kvantitativním ověřováním výsledků v terénu. Navíc, modelování v dynamických erozních modelech (např. SWAT), hydraulických modelech (MIKE 11) a v modelu HEC-RAS umožňuje provést detailnější analýzu vlivu lesa na kvalitu vody a podmínky transportu sedimentů ve sledovaném území. Takto získané výsledky by mohly být srovnány s výsledky dlouholetého výzkumu hydrologických podmínek a fluvialní eroze v karpatských flyšových povodích.

Poděkování:

Příspěvek vznikl díky podpoře z grantového úkolu VŠB-TUO SP/2010101 „Integrace GIS a numerických modelů pro analýzu zranitelnosti území a operativní krizové řízení ve vztahu k vybraným přírodním a antropogenním rizikům“, za což by autoři rádi poděkovali.

LITERATURA

- BEDIENT P. B., HUBER W. C., VIEUX B. C. 2007. Hydrology and Floodplain Analysis. 4th edition. London, Prentice Hall: 795 s. ISBN 978-0131745896.
- BEVEN, K. J. Rainfall-runoff Modelling. The Primer. London, John Wiley & Sons 2002. 372 s.
- BEVEN K. J. 2009. Environmental Modelling: An Uncertain Future? London, Routledge: 310 s.
- BÍBA M., JAKUBOWSKI W., JAŘABÁČ M., OCEÁNSKÁ Z., VÍCHA Z. 2008. Pravděpodobnosti nejmenších průtoků ve dvou beskydských povodích vyhodnocené hydrologickým modelem Lowfestim. Zprávy lesnického výzkumu, 53 (1): 6-14.
- BÍBA M., JAŘABÁČ M., OCEÁNSKÁ Z., VÍCHA Z. 2005. Minimální odtoky z beskydských experimentálních povodí. Zprávy lesnického výzkumu, 50 (4): 226-234.
- BÍBA M., JAŘABÁČ M., VÍCHA Z. 2006. Poznátky z padesátiletého lesnicko-hydrologického výzkumu v beskydských experimentálních povodích. Zprávy lesnického výzkumu, 51 (1): 44-56.
- BROSCH O. 2005. Povodí Odry. Ostrava, Anagram: 323 s.
- DE LA CRÉTAZ A. L., BARTEN P. K. 2007. Land Use Effects on Streamflow and Water Duality in the Northeastern United States. Boca Raton, CRC Press: 344 s.
- DINGMAN S. L. 2002. Physical Hydrology. Long Grove, Waveland Press: 646 s.
- FÁREK V., UNUČKA J. 2010. Modelování povrchového odtoku v extrémním reliéfu. In: Sborník konference GIS Ostrava 2010. Ostrava, VŠB-TUO: 9 s.
- HAAN C. T., BARFIELD B. J., HAYES J. C. 1994. Design Hydrology and Sedimentology for Small Catchments. London, Academic Press: 588 s.
- HEWLETT J. D. 1986. Principles of Forest Hydrology. Athens, University of Georgia Press: 183 s.
- HOLUŠA J. et al. 2000. Oblastní plán rozvoje lesů. Přírodní lesní oblast 40 – Moravskoslezské Beskydy. Textová část. Platnost 2001 – 2020. Frýdek-Místek, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů.
- CHANG M. 2006. Forest Hydrology. 2nd edition. London, Taylor & Francis: 474 s.
- CHLEBEK A., JAŘABÁČ M. 1998. Optimalizace koloběhu vody z hlediska stability lesních ekosystémů a ochrany krajiny a vodních zdrojů. Závěrečná zpráva k oponentnímu řízení úkolu č. 9211. Frýdek-Místek, VÚLHM: 7-102.
- CHLEBEK A., JAŘABÁČ M., HOŠEK A. 1997. Dlouhodobé odtoky z malých lesnatých povodí. Zpravodaj Beskydy. Brno, MZLU: 51-56.
- JAŘABÁČ M., BĚLSKÝ J. 2008. The protection against floods becomes effective in the Beskydy Mts. using forest hydrology. Zpravodaj Beskydy č. 2. Brno, MZLU: 37-42.
- KANTOR J. et al. 2003. Lesy a povodně. Praha, MŽP: 48 s.
- MAIDMENT D. R. (ed.) 1993. Handbook of Hydrology. 1st edition. London, McGraw-Hill Professional: 1424 s.
- MAIDMENT D. R. (ed.) 2002. ArcHydro. GIS for Water Resources. ESRI Press: 220 s.
- MAIDMENT D., DJOKIC D. (eds.) 2000. Hydrologic and Hydraulic Modelling Support with Geographic Information Systems. Redlands, ESRI Press: 232 s.
- NETELER M., MITASOVA H. 2010. Open Source GIS: A GRASS GIS Approach. 3rd ed. Dordrecht, Springer: 406 s.
- QUITT E. 1971. Klimatické oblasti Československa. In: Studia Geographica 16. Brno, Geografický ústav ČSAV.
- SINGH V. P., FREVERT D. K. 2005. Watershed Models. Boca Raton, CRC Press: 680 s.
- STARÝ M. 1998. HYDROG-S. Popis programu. Brno, Hysoft.: 112 s. Nепublikováno.
- STARÝ M. 2005. Hydrologie. Skriptum. Brno, VUT: 213 s.
- UNUČKA J. 2008. Modelování vlivu lesa na srážkoodtokové vztahy a vodní erozi s pomocí GIS. Vodní hospodářství: 225-231
- UNUČKA J., JAŘABÁČ M., ŽIDEK D. 2009. Možnosti využití numerických modelů a GIS v lesnické hydrologii. In: Sborník Krajině inženýrství 2009. Praha, Česká společnost krajinných inženýrů – ČSSI: 240-254
- VÁLEK Z. 1977. Lesní dřeviny jako vodohospodářský a protierozní činitel. Praha, Státní zemědělské nakladatelství: 203 s.
- VÍCHA Z., OCEÁNSKÁ Z., BÍBA M., JAŘABÁČ M. 2008. The precipitation-outflow process in the Beskidian experimental watersheds in the year 2007. Zpravodaj Beskydy, č. 1. Brno, MZLU: 215-222.
- WAINWRIGHT J., MULLIGAN M. 2004. Environmental Modelling. Finding Simplicity in Complexity. London, Wiley Blackwell: 430 s.
- WEISMANOVÁ H. et al. Ostravsko. 2004. In: Mackovčín P., Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR. Svazek X. Praha, AOPK & EkoCentrum Brno: 456 s.

COMPARISON OF POSSIBILITY TO USE SEMIDISTRIBUTED AND DISTRIBUTED RAINFALL-RUNOFF MODELS IN FOREST HYDROLOGY ON THE EXAMPLE OF OSTRAVICE CATCHMENT

SUMMARY

Extreme flood events in the Central Europe during the last decades caused that considerable emphasis on accuracy of meteorological and hydrological forecasts is laid. Use of semidistributed and distributed rainfall-runoff models is considered to be a very effective instrument in this field. Detailed information about hydrologic numerical models is published by CHANG (2006) HEWLETT (1986), HAAN et al. (1994), KANTOR et al. (2003) or BEVEN (2002, 2009). In this article the usage of semidistributed and distributed rainfall-runoff models in forest hydrology is discussed on the example of the model basin of the Ostravice River. The effects of forest rainfall-runoff conditions and erosion processes in context of land use planning are studied in a larger scale for this area. Regarding the intention to monitor these processes in the spatial scale of the small forest catchment and to simulate and predict possible scenarios, it is suitable to use analytical tools like geographic information systems (GIS) and numerical hydrologic models – the rainfall-runoff models, hydrodynamic models and dynamic erosion.

The capabilities of these tools are established on the Ostravice River for the real hydrosynoptic situation. We have selected several rainfall-runoff episodes and normal regional rainfall with the low saturation convective watershed and torrential rainfall with higher saturation basin. Results were obtained using different methods of transformation in the hydrological basin scale (Horton, Green-Ampt, SCS-CN) and semidistributed (HYDROG, HEC-HMS), and distributed models (SIMWE, MIKE SHE) confirm the impact of rainfall on forested land-runoff relations. Final testing of models shows good agreement for semidistributed and distributed models. On the basis of hydrologic modelling results in model basin of the Ostravice River we can claim that a forest impact on the rainfall-runoff and erosion conditions is substantial. On the other hand, further research with the support of other methods and the continuous models such as GSSHA or MIKE SHE will allow the comparison of achieved results and their possible generalization. Consequent modelling in dynamical erosion models such as SWAT and hydraulic models MIKE 11 together with HEC-RAS also brings the possibility of the detailed analysis of the forest impact on the water quality and sediment transport conditions of the studied watersheds. These results obtained from hydrologic modelling and dynamical erosion modelling will be compared with the results from the long-standing hydrologic and fluvial erosion research in the Carpathian flysch basins.

Recenzováno

ADRESA AUTORŮ/CORRESPONDING AUTHORS:

doc. RNDr. Jan Unucka, Ph.D., VŠB - Technická univerzita Ostrava, Hornicko-geologická fakulta
17. listopadu 15, 708 33 Ostrava-Poruba, Česká republika
tel.: 597 323 503; e-mail: jan.unucka@vsb.cz

Ing. Milan Jařabáč, CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště, Česká republika; e-mail: jarabac@upcmil.cz

RNDr. Martin Adamec, Ph.D., Ostravská univerzita, Přírodovědecká fakulta
Chittussiho 10, 710 00 Ostrava, Česká republika
tel.: 597 092 304; e-mail: martin.adamec@osu.cz

Ing. Dušan Židek, Český hydrometeorologický ústav - pobočka Ostrava
K myslivně 3/2182 708 00 Ostrava-Poruba, Česká republika
tel.: 596 900 206; e-mail: zidek@chmi.cz

Navštivte a zaregistrujte se na našem novém webovém portálu

REGISTR AKTIVIT V LESNICTVÍ V ČR

WWW.VULHM.CZ/LESAKTUALNE

REGISTR
AKTIVIT
V LESNICTVÍ
V ČR

a získáte aktuální informace z oblasti výzkumu, lesnictví, myslivosti i vzdělávání.

Zvolte si okruh svého zájmu a upozornění na nové poznatky z lesnického výzkumu pak budete dostávat rovnou do Vaší e-mailové schránky.

Informace jsou podávány popularizační formou, aby jim porozuměla nejen odborná, ale i laická veřejnost.



PROJEKT REALIZUJE



PROJEKT PODPORUJE



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ
ČESKÉ REPUBLIKY

ÚTVAR ZKUŠEBNÍCH LABORATOŘÍ

Zkušební laboratoře Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i. patří mezi komplexní laboratoře v oboru environmentálních analýz.

Součástí Zkušebních laboratořích je akreditovaná Zkušební laboratoř č. 1575

LABORATOŘ ANALÝZY ROSTLIN, VODY A PŮDY

Laboratoř řeší problémy nejen v oblasti analýzy složek lesních ekosystémů, ve které má dlouholeté zkušenosti, ale také v oblasti klasické anorganické analýzy.

NAŠE ŠPIČKOVĚ VYBAVENÁ LABORATOŘ NABÍZÍ ŠIROKOU ŠKÁLU ANALYTICKÝCH A FYZIKÁLNĚ-CHEMICKÝCH ROZBORŮ V MNOHA TYPECH MATRIC:

VODA • pitná , povrchová, podzemní, srážková, půdní ...

PEVNÉ MATERIÁLY • půdy – organické půdy, minerální půdy, lesní půdy ...

• rostlinné materiály – jehličí, listí, biomasa, mechy, borůvky, houby ...

Více informací o prováděných analýzách a možnostech laboratoře naleznete na: WWW.VULHM.CZ

REGISTR AKTIVIT V LESNICTVÍ V ČR

Kontakt: vedoucí Útvary zkušebních laboratořích **Ing. H. Vinšová, Ph.D.**
tel. 257 892 285, 606 708 185, email: vinsova@vulhm.cz
Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.
Strnady 136, 252 02 Jíloviště
email: ZL25@vulhm.cz, www.vulhm.cz



POKYNY PRO ZPRACOVÁNÍ PŘÍSPĚVKŮ DO ZPRÁV LESNICKÉHO VÝZKUMU

Zprávy lesnického výzkumu jsou recenzovaným vědeckým časopisem, který přináší informace pro lesnickou vědu a praxi. Uveřejňuje výsledky výzkumu vztahující se k lesnímu hospodářství, lesním ekosystémům a naplňování funkcí lesa. Náplň časopisu tvoří původní vědecké práce a krátká odborná sdělení v českém nebo slovenském jazyce s anglickým doprovodem (abstrakt, klíčová slova, souhrn, popisky tabulek a obrázků). Příležitostně jsou zařazovány rozborů literatury k aktuálním tématům (review). Časopis je řízen ediční radou.

Maximálně jednou ročně vydávané Zprávy lesnického výzkumu Special obsahují příspěvky z vědeckých konferencí či příspěvky odborníků z jiných institucí zaměřené k určitému tématu. Ediční rada v takových případech může spolupracovat s hostujícím editorem, na jehož výzvu autoři přispívají do tohoto čísla.

Zasílání a zpracování příspěvků

Redakce přijímá rukopisy na e-mailové adrese valentova@vulhmop.cz. Autoři navrhnou 3 potenciální recenzenty včetně adresy, telefonu a e-mailu. Uvedení e-mailu recenzenta je povinné. Výkonný redaktor dbá na dodržení zásady recenze experty v daném oboru (peer review) a zachování anonymity recenzentů. Výkonný redaktor potvrzuje obdržení rukopisu příspěvku korespondenčním autorovi.

Předložené příspěvky jsou zasílány k posouzení dvěma recenzentům. Na základě recenzních posudků je článek buď přijat, nebo vrácen autorovi k úpravám. V případě rozporného hodnocení je příspěvek postoupen dalšímu recenzentovi. Autoři mají na dodatečné úpravy rukopisu po recenzi nejvýše 2 týdny. Výkonný redaktor informuje autory o přijetí nebo zamítnutí příspěvku. Přijaté příspěvky jsou před tiskem zaslány korespondenčním autorovi ke korektuře.

Požadavky na úpravu rukopisu

Předkládaný vědecký článek musí odpovídat zaměření časopisu a musí být členěn na úvod, materiál a metodiku, výsledky, diskusi, závěr a literaturu. Autor článku doplní anglickým abstraktem sestávajícím z jednoho odstavce o rozsahu 150-200 slov. Abstrakt shrnuje cíl, metody, výsledky a závěry prezentované v původním dokumentu (ČSN ISO 214 „Dokumentace – Abstrakty pro publikace a dokumentaci“). Autoři doplní abstrakt nejvýše 10 klíčovými slovy v češtině a angličtině. Rukopis musí být doplněn také anglickým souhrnem (summary) obsahujícím stručný popis problematiky, cíle práce, materiálu a metodiky, výsledků a závěrů práce v rozsahu 400-500 slov. V anglickém souhrnu vyžaduje redakce uvedení odkazů na tabulky a obrázky. Při nedostatečné úrovni odborného textu v angličtině bude rukopis autorům vrácen k přepracování.

Celkový rozsah příspěvku by neměl překročit 30 stran v požadované úpravě včetně tabulek a obrázků. Text musí být zpracován v editoru MS Word (okraje 2,5 cm, Times New Roman 12, řádkování dvojitě, bez dělení slov a se zarovnáním vlevo). Stránky a rovněž řádky musí být průběžně číslovány. Rukopis je žádoucí upravit dle normy ČSN 01 6910 „Úprava písemností zpracovaných textovými editory“. Tabulky a obrázky musí mít kromě dvojjazyčného názvu i vnitřní popisky v obou jazycích nebo vysvětlivky za popisky. Obrázky je třeba dodat v samostatných souborech (formáty GIF, JPG, TIF, EPS s rozlišením nejméně 300 dpi při reprodukci 1:1). Grafy vytvořené v programu MS EXCEL je třeba dodat jako zdrojový soubor v tomto programu. Tabulky musí být psány stejným typem písma jako text rukopisu a ohraničení čarami je přípustné pouze mezi řádky tabulky. Tabulky a obrázky se dodávají na samostatných listech za hlavním textem rukopisu včetně příslušných popisů. Odkazy na obrázky a tabulky je třeba v textu rukopisu vyznačit.

Seznam citované literatury musí obsahovat všechny práce citované v rukopisu. Citace se řadí abecedně, zpravidla podle příjmení prvního autora, eventuálně podle korporace či prvního slova z názvu dokumentu. V případě více citací jednoho autora se záznamy řadí vzestupně podle roku vydání. Práce autora vydané v témže roce se rozliší malými písmeny. Citace zdrojových dokumentů se uvádějí v plném znění, bez zkratk.

Odborné sdělení je příspěvek obsahující aktuální a významné informace pro lesnickou vědu nebo praxi, nicméně není určen k publikaci předběžných výsledků vědeckých experimentů. Celkový rozsah odborného sdělení by neměl přesáhnout 10 stran při dvojitěm řádkování textu (2500 slov). Struktura vědeckého článku nemusí být dodržena, např. vhodné je sloučení výsledků a diskuse. Příspěvek by měl obsahovat maximálně dvě tabulky nebo dva obrázky a alespoň pět citovaných prací v seznamu literatury. Text, tabulky a obrázky musí být zpracovány podle pokynů uvedených výše. Tyto příspěvky jsou rovněž zasílány k recenzím.

Vzor citací literatury

Citace knihy

ÚRADNÍČEK L., MADĚRA P. et al. 2001. Dřeviny České republiky. Písek, Matice lesnická: 333 s.

Citace článku v periodiku

VALINGER E., ELFVING B., MÖRLING, T. 2000. Twelve-year growth response of Scots pine to thinning and nitrogen fertilization. *Forest Ecology and Management*, 134: 45-53.

Citace příspěvku ve sborníku

BUČEK A., JELÍNEK, P. 2006. Lesy v ekologické síti. In: Neuhöferová, P. (ed.): Zvýšení podílu přírodě blízké porostní složky lesů se zvláštním statusem ochrany. Sborník referátů. Kostelec nad Černými lesy, 25. května 2006. Brno, MZLU; Praha, ČZU: 71-76.

Citace on-line dokumentu

Zpráva. 2009. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2009. [online]. Praha, Ministerstvo zemědělství ČR: 177 s. [cit. 12. listopadu 2010]. Dostupné na World Wide Web: <http://eagri.cz/public/web/mze/lesy/publikace-a-dokumenty/lesnictvi/zprava-o-stavu-lesa-a-lesního-1.html>.

Ukázky odkazů na citovanou literaturu v textu rukopisu

V literatuře (MAYER 1968; MOHR, SCHORI 1999) se uvádí, že...

HAMMAT (1999) popisuje...