

Journal of
FOREST SCIENCE

Volume 46, No. 7, July 2000

PRAGUE 2000
ISSN 1212-4834

CZECH ACADEMY OF AGRICULTURAL SCIENCES
INSTITUTE OF AGRICULTURAL AND FOOD INFORMATION

Mezinárodní vědecký časopis vydávaný z pověření Ministerstva zemědělství České republiky a pod gescí České akademie zemědělských věd

An international journal published under the authorization by the Ministry of Agriculture and under the direction of the Czech Academy of Agricultural Sciences

Managing Editorial Board – Redakční rada

Chairman – Předseda

Prof. Ing. Vladimír Chalupa, DrSc., Praha

Members – Členové

Prof. Ing. Jiří Bartuněk, DrSc., Brno

Ing. Josef Běle, CSc., Praha

Doc. Ing. Josef Gross, CSc., Praha

Doc. Ing. Jaroslav Koblížek, CSc., Brno

Prof. Ing. Jan Koubka, CSc., Praha

Ing. Vladimír Krečmer, CSc., Praha

Ing. Václav Lochman, CSc., Praha

Ing. František Šach, CSc., Opočno

RNDr. Stanislav Vacek, CSc., Opočno

Advisory Editorial Board – Mezinárodní poradní sbor

Prof. Dr. Don J. Durzan, Davis, California, U.S.A.

Prof. Dr. Lars H. Frivold, Aas, Norway

Prof. Ing. Milan Hladík, CSc., Zvolen, Slovak Republic

Prof. Dr. Andrzej Jaworski, Krakow, Poland

Prof. Dr. Hans Pretzsch, Freising, Germany

Prof. Dr. Franz Schmithüsen, Zurich, Switzerland

Prof. Dr. Dr. h. c. Branislav Sloboda, Göttingen, Germany

Dr. Jack R. Sutherland, Victoria, B.C., Canada

Prof. Dr. Sara von Arnold, Uppsala, Sweden

Prof. Dr. Nikolaj A. Voronkov, Moskva, Russia

Dr. Sven de Vries, Wageningen, Netherlands

Executive Editor – Vedoucí redaktorka

Mgr. Radka Chlebečková, Praha, Czech Republic

Scope: The journal publishes original results of basic and applied research from all fields of forestry related to European forest ecosystems.

Abstracts from the journal are comprised in the databases: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus.

Periodicity: The journal is published monthly (12 issues per year), Volume 46 appearing in 2000.

Acceptance of manuscripts: Two copies of manuscript should be addressed to: Mgr. Radka Chlebečková, executive editor, Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: forest@uzpi.cz. The day the manuscript reaches the editor for the first time is given upon publication as the date of receipt.

Subscription information: Subscription orders can be entered only by calendar year (January–December) and should be sent to: Institute of Agricultural and Food Information, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Subscription price for 2000 is 195 USD (Europe), 214 USD (overseas).

Actual information are available at URL address: <http://www.uzpi.cz>

Oborná náplň: Časopis publikuje původní výsledky základního a aplikovaného výzkumu ze všech oborů lesnictví, mající vztah k evropským lesním ekosystémům.

Abstrakty z časopisu jsou zahrnuty v těchto databázích: Agris, CAB Abstracts, Czech Agricultural Bibliography, Toxline Plus.

Periodicita: Časopis vychází měsíčně (12x ročně), ročník 46 vychází v roce 2000.

Přijímání rukopisů: Rukopisy ve dvou vyhotoveních je třeba zaslat na adresu redakce: Mgr. Radka Chlebečková, vedoucí redaktorka, Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2, tel.: 02/24 25 51 06, fax: 02/24 25 39 38, e-mail: forest@uzpi.cz. Den doručení rukopisu do redakce je publikován jako datum přijetí k publikaci.

Informace o předplatném: Objednávky na předplatné jsou přijímány pouze za celý rok (leden–prosinec) a měly by být zaslány na adresu: Ústav zemědělských a potravinářských informací, Slezská 7, 120 56 Praha 2. Cena předplatného pro rok 2000 je 816 Kč.

Aktuální informace najdete na URL adrese: <http://www.uzpi.cz>

PŮSOBENÍ LESŮ V POVODÍ ČERVÍKU A MALÉ RÁZTOKY NA CHEMISMUS VODY POVRCHOVÝCH ZDROJŮ

THE IMPACT OF FOREST STANDS IN THE BASINS OF ČERVÍK AND MALÁ RÁZTOKA ON THE CHEMISTRY OF SURFACE WATER SOURCES

V. Lochman¹, A. Chlebek², M. Jařabáč², V. Šebková¹

¹*Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 156 04 Jiloviště-Strnady*

²*Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Jiloviště-Strnady, pracoviště
Frýdek-Místek, H. D. Permon, třída Pionýrů 1758, 738 01 Frýdek-Místek*

ABSTRACT: Within the experimental forest basins of Červík A, Červík B, and Malá Ráztoka in the Moravian-Silesian Beskids (CR), besides standard hydrological research, also the impact of deposition of air pollutants and of the forest regeneration on the water chemistry in surface sources (creeks) was studied in 1981 to 1984, and 1991 to 1998. The character of the forest stand (species, age) and site exposition have a crucial role in the chemistry of precipitation water and the total fall-out in the ecosystem. Gradual, but fast regeneration felling, followed by fast development of the clear-cut vegetation does not affect significantly the concentration level in surface water. High discharge and rainstorm, connected with the surface water run-off result in a high increase of the concentrations of organic matters Fe, Al, Mn, and NH_4^+ . The soil resistance to erosion and water contamination with sediments depends on the grass cover and soil structure. N retention in the ecosystems of spruce and beech stands amounts to ca. $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ in the watersheds concerned. Water quality in streams of the Červík and Malá Ráztoka watersheds complied with requirements of the drinking water standard, except discharges caused by high and intensive precipitation.

forest ecosystems; forest basin; forest regeneration; deposition; surface-water chemistry; rainstorm discharge

ABSTRAKT: Na experimentálních lesních povodích Červík A, Červík B a Malá Ráztoka v Moravskoslezských Beskydech (ČR) byl vedle vlastního hydrologického výzkumu v období let 1981 až 1984 a 1991 až 1998 sledován vliv depozice imisních látek a obnovy porostů na látkové složení vody v povrchových zdrojích (potocích). V chemismu srážkových vod a celkovém spadu látek do ekosystémů má zásadní úlohu charakter lesních porostů (dřevina, stáří) a exponovanost jejich stanovišť vůči proudění vzduchu. Postupně, ale urychlené obnovní těžby porostů, následované rychlým vývojem paseční vegetace, nevyvolávají podstatné zvýšení koncentrací sledovaných látek ve vodě toků. Vysoké až povodňové průtoky, spojené s povrchovým odtokem vody, v ní působí vysoké nárůsty koncentrací organických látek, Fe, Al, Mn a NH_4^+ . Odolnost půdy vůči erozi a znečištění vody plaveninami je podmíněna zpevněním jejího povrchu travní vegetací a jejím zrnitostním složením. Retence N v ekosystémech porostů smrku a buku na sledovaných povodích dosahuje asi $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$. Kvalita vody v tocích povodí Červíku a Malé Ráztoky vyhovovala požadavkům normy na pitnou vodu s výjimkou průtoků vyvolaných vysokými a intenzivními srážkami.

lesní ekosystémy; lesní povodí; obnovy porostů; depozice látek; chemismus povrchových vod; povodňové průtoky

ÚVOD

Působení lesů na odtok srážkové vody do vodních zdrojů je předmětem zvýšeného zájmu vodohospodářů, lesníků a ekologů od poloviny tohoto století. Na zalesněných výzkumných povodích bylo zjišťováno nižší znečištění přívalových vod plaveninami, vzniklými erozí půdy, než na povodích se zemědělsky obhospodařovanými pozemky. Současné se očekával pozitivní vliv lesů

na odtok vody – především na tlumení povodňových vln – díky vyšší retenční a retardační kapacitě lesní půdy.

Z tohoto důvodu v roce 1953 v Beskydech založil kolektiv vedený akademikem Mařanem výzkumná povodí Červík a Malá Ráztoka. Cílem výzkumu bylo zjištění vlivu lesních porostů (ekosystémů) na srážko-odtokový proces. Ve výzkumném záměru se prosadil požadavek na stanovení vlivu změn v porostní skladbě při obnově lesů na změny v odtoku vody, zejména

vodnosti povodí (změny odtokového koeficientu), na frekvence a velikosti povodňových vln a na erozi půdy. Tyto cíle vyžadovaly založení a udržení dlouhodobého výzkumu.

Po ukončení kalibračního období (1953–1965) začaly na povodí Malá Ráztoka a na dílčím povodí Červík A urychlené obnovy porostů. Povodí Červík B zůstávalo až do roku 1994 nezasazeno úmyslnými těžbami. Na konci osmdesátých let bylo sice smýceno více než 95 % porostů smrku na Červíku A, ale jejich obnova se realizovala opět smrkem. Do roku 1993 byly na Malé Ráztokce na 70 % plochy obnoveny mýtné porosty s převahou buku výsadbou smrku.

Vedle lesnického hydrologického výzkumu probíhalo v letech 1980–1981 na zmíněných povodích v Beskydech také sledování chemismu vody v potocích (Jařabáč, Chlebek, 1983), které pokračovalo od roku 1981 (listopad) do roku 1984 (únor) zjišťováním chemického složení srážek a půdní vody na dílčích výzkumných plochách a vody v tocích na měrných přepadech (Lochman et al., 1986). Průměrné koncentrace sledovaných látek ve vodách odebíraných na různých místech výzkumných povodí v letech 1980 až 1987 uvádějí Chlebek, Jařabáč (1995b).

Ve druhé polovině roku 1991 byl obnoven výzkum chemického složení vody v tocích a srážkové vody v dolní části povodí. Hodnocení změn chemismu odtékající vody v závislosti na vývoji lesních porostů (ekosystémů) a na imisním zatížení je předmětem této práce.

METODIKA

POPIS OBJEKTŮ

Výzkumná povodí leží v Moravskoslezských Beskydech. Povodí Malá Ráztoka je na severozápadním okraji Beskyd v tzv. „Předních horách“ (povodí Bečvy, souřadnice Gauss – Krieger Y: 4301300, X: 5489600). Výzkumné povodí Červík je v povodí přehradní nádrže Šance na Ostravici, ve vnitřní části pohoří v tzv. „Zadních horách“ (souřadnice Gauss – Krieger Y: 4311450, X: 5483500). Blíže geografické údaje o po-

vodích jsou uvedeny v tab. I. Nejnižší body výzkumných objektů leží na úrovni měrných přepadů. Na povodí Červíku byly od počátku roku 1966 uvedeny do provozu samostatné měrné žlaby na podpovodí A s urychleně mýcenými porosty i na podpovodí B, kde se v dalších letech neuskutečňovaly úmyslné těžby.

Souhrnné údaje o zásobě dřevní hmoty a výši těžeb na povodích od roku 1966 jsou uvedeny v tab. II. Jehličnany zde zastupuje smrk a listnáče buk. Podíl jedle a ostatních listnáčů na zásobě hmoty na povodí Červíku k 1. 1. 1985 dosahoval 0,5 a 0,1 %. Na výzkumném povodí Malé Ráztoky k 1. 1. 1984 měla jedle z celkové zásoby hmoty 0,2 % a ostatní listnáče 4,9 %.

Rozsáhlejší úmyslné obnovní těžby na povodí Červíku A skončily v roce 1981. V dalších letech se na obou povodích jednalo především o nahodilou těžbu. Od roku 1995 probíhají obnovní těžby na podpovodí Červíku B a ve zbylých mýtních porostech podpovodí Červíku A. Na povodí Malá Ráztoka se na počátku devadesátých let výše těžené hmoty snížila a roční těžby přesahující 1 000 m³ se uskutečnily až v letech 1995–1998.

Exponovanost povodí Malá Ráztoka vůči proudění vzduchu ze severu a ze severozápadu a vyšší nadmořská výška ovlivňují vyšší roční srážkové úhrny a vyšší potenciální zatížení imisními látkami na tomto povodí (oproti povodí Červík). Na povodí Malé Ráztoky roční úhrny srážek (Hs) za hydrologické roky 1991/1992 až 1997/1998 dosahovaly 1 043 až 1 565 mm a na povodí Červíku ve stejném období 964 až 1 244 mm (Chlebek, Jařabáč, 1995a, 1998).

Znečištění ovzduší SO₂ a potenciální depozici síry v Moravskoslezských Beskydech hodnotí Hadaš (1998). Podle autora nepatří oblasti výzkumných povodí k nejvíce zatíženým oblastem SO₂ v Beskydech, pro které byly v roce 1996 vypočteny průměrné roční koncentrace v rozmezí 10 až 28 μg.m⁻³. V prostoru vodní nádrže Šance, kde leží i povodí Červíku, byly nejnižší. Oproti hodnotám z let 1988–1990 došlo ke snížení nejvyšších hodnot asi o 40 %. Potenciální depozice síry přesahovala v oblasti výzkumných povodí 30 kg.ha⁻¹.rok⁻¹. Působení imisních látek se však na porostech smrku v povodí nádrže Šance projevuje jejich defoliací (Moravčík, 1998).

I. Charakteristika experimentálních povodí – Characteristics of experimental basins

		Červík	Červík A	Červík B	Malá Ráztoka
Východní zeměpisná délka		18°23'			18°15'
Severní zeměpisná šířka		49°27'			49°30'
Souřadnice Gauss-Krieger:	X	43.11.450			4301300
	Y	54.83.500			5489600
Rozloha	(km ²)	1,85	0,88	0,84	2,08
Nadmořská výška	(m)	640–960	650–854	650–960	602–1084
Průměrná nadmořská výška	(m)	800			840
Převládající expozice toku		SV			SZ
Průměrná plošná sklonitost podle Herbsta	(%)	30			50

II. Zásoba a těžby dřeva (hroubí s kůrou) v m³ na povodích Červík a Malá Ráztoka (Chlebek, Jařabáč, 1995a, 1998) – Standing volumes and cuts (large timber over bark) in m³ in Červík and Malá Ráztoka basins (Chlebek, Jařabáč, 1995a, 1998)

Povodí ¹	Červík A	Červík B	Červík jehličnany ² a listnáče ³	Povodí ¹	Malá Ráztoka		
					jehličnany ²	listnáče ³	celkem ⁴
Zásoba k 1. 1. 1966			78 022 702*	Zásoba k 1. 1. 1966	17 253	42 896	60 149
Těžby 1966–1975			32 075 76*	Těžby 1966–1975	5 921	19 435	25 356
Zásoba k 1. 1. 1976			68 475 941*	Zásoba k 1. 1. 1976	18 714	32 213	50 927
Těžby 1976–1979			17 039	Těžby 1976–1979	2 211	6 358	8 569
1980			5 052	1980	1 803	1 066	2 869
1981			3 244	1981	965	2 085	3 050
1982			289	1982	708	1 789	2 497
1983			297	1983	101	2 712	2 813
1984			506	1984			
Těžby 1976–1984			26 427 66*	Těžby 1976–1983	5 788	14 010	19 798
Zásoba k 1. 1. 1985			46 345 2 647*	Zásoba k 1. 1. 1984	12 883	22 889	35 775
Těžby 1985–1990	4 652	1 392	6 044	Těžby 1984–1990	3 354	12 458	15 782
1991	197	267	464	1991	91	248	339
1992	98	320	418	1992	211	510	721
1993	29	507	536	1993	112	145	257
1994	35	224	259				
Těžby 1985–1994	5 011	2 710	7 721 7*	Těžby 1984–1993	3 768	13 361	17 099
Zásoba k 1. 1. 1995			46 063 3 029*	Zásoba k 1. 1. 1994	10 770	12 128	22 898
Těžby 1995	99	1 207	1 306	Těžby 1994	233	16	249
1996	586	2 620	3 206	1995	173	1 085	1 258
1997	229	1 659	1 888	1996	471	653	1 124
1998	52	547	599	1997	34	430	464
				1998	801	1 019	1 820

* pouze listnáče – only broadleaved trees

¹basin; ²coniferous species; ³broadleaved species; ⁴total

POPIS PRACÍ

Soustavný hydrologický výzkum na povodích Červíku a Malé Ráztoky začal v roce 1953. Vedle měření srážek na volné ploše i v porostech a odtoků na měrných přepadech probíhalo i měření teplot na meteorologických stanicích. Výsledky dlouholetého výzkumu srážkoodtokového procesu a hydrometeorologických dat jsou publikovány v četných pracích, z nichž některé obsahují souhrnné zpracování dat (Chlebek, Jařabáč, 1995a, 1998).

V roce 1981 byly výzkumné práce rozšířeny o sledování chemismu vody. Na výzkumných plochách na sečích a v porostech byla instalována koryta na zachy-

cování srážkové vody a v půdě lyzimetry na zachycování půdní gravitační vody. V potocích byla odebrána voda na měrných přepadech.

Měsíční vzorky vody za období listopad 1981 až únor 1984 analyzovala laboratoř Povodí Odry v Ostravě podle metodik užívaných v této laboratoři.

V létě roku 1991 (srpen) byly obnoveny odběry vody z potoků v měsíčních intervalech a při zvýšených (povodňových) průtocích. Začaly rovněž odběry vzorků vody z měsíčních úhrnů srážek, zachycovaných na meteorologických stanicích v blízkosti přepadů. Rozborový provádí ústřední laboratoř Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti v Jílovišti-Strnadlech podle metodik užívaných v mezinárodním programu ICP Forests.

Při instalaci sběrných zařízení (1981, 1982) byly na plochách vykopány sondy a odebrány vzorky humusu a půdy pro chemické rozborů v laboratoři VÚLHM. Odběry vzorků byly zopakovány v roce 1989 (1987) a v roce 1994. Při stanovení přístupných kationtů byl v roce 1981 použit výluh 1% kyselinou citronovou, v roce 1989 bylo současně s touto metodou provedeno zjištění zásoby kationtů vyluhovaných 1M NH₄Cl a v roce 1994 byla zásoba sorbovaných kationtů stanovena jen v roz-toku chloridu amonného.

CHARAKTERISTIKA PŮDNÍCH POMĚRŮ

Na výzkumných plochách na povodí Červíku a na vrcholové ploše Malá Ráztočka byly odebrány vzorky půdy a pokryvného humusu v letech 1981, 1989 a 1994, na Malé Ráztoce v údolní části povodí v letech 1982, 1987 a 1994.

Geologickým podkladem obou povodí Červíku je godulský pískovec s vložkami ístebňanských břidlic a jílovců, na nichž se vytvořily půdy proměnlivé zrnitosti od písčítých až po jílovito-hlinité. Na zrnitějších substrátech a ve vyšších polohách převažují podzoly, kryptopodzoly a v nižší části kambizemě a na hlubších svahových materiálech i kambizemě oglejené.

Na povodí Červíku A existují dvě sondy. Jedna sonda je v hřebenové poloze. První odběr v roce 1981 se uskutečnil na nově vzniklé holé seči; v roce 1994 zde byl nezapojený smrkový porost. Mělká hlinitopísčítá až šterkovitá půda měla nízké pH/H₂O ($\leq 4,0$) až do hloubky 35 cm. Během let 1981 až 1994 se hodnoty pH (H₂O a KCl) poněkud zvýšily. Zásoba přístupného Mg a Ca je však v pokryvném humusu a hlavně v minerální půdě s nízkým obsahem humusu velmi malá (Mg < 20 ppm, Ca < 100 ppm). Poměr C : N vyšší než 20 byl zjišťován i v minerální půdě.

Ve vzorcích humusu a půdy odebraných na zalesněné seči poblíž přepadu bylo v letech 1981 a 1982 stanoveno pH/H₂O < 4,0 pouze v horizontech Oh a A. Zvýšení hodnot pH povrchových horizontů v roce 1989 se v roce 1994 ukázalo jako přechodné. Tato půda vytvořená na svahovém deluviu je hlubší a jílnatější (ve spodině se stopami oglejení). Zásoba přístupných kationtů v sorpčním komplexu je zde však také nízká (< 10 ppm Mg a < 50 ppm Ca). Poměr C : N je v povrchových horizontech příznivější než v horní sondě.

Na horní ploše v povodí Červíku B stál až do roku 1994 prořídilý dospělý smrkový porost. Pokryvný humus a povrchové půdní horizonty jsou silně kyselé s pH/H₂O $\leq 4,0$ a až do 25 cm < 4,2. Během sledovaného období se aktivní pH půdy nezměnilo, výměnné pH se v roce 1989 zvýšilo, ale v roce 1994 opět pokleslo. Zásoba kationtů v sorpčním komplexu je v minerálních horizontech velmi nízká (u Mg < 10 ppm, u Ca < 50 ppm) a v období let 1981 až 1994 se snížila. Poměr C : N se v pokryvném humusu pohyboval okolo 20, v minerální půdě je nižší.

Na dolní ploše, založené ve starším smrkovém porostu s kamenitou až balvanitou půdou, vykazovaly humus a půda silně kyselou reakci s pH/H₂O < 4,2 do hloubky větší než 20 cm. V roce 1988 podlehl porost větru a mezi kulturou smrku se vyvinula bohatá bylinná vegetace. Vývoj aktivního (pH/H₂O) a výměnného (pH/KCl) zde vyazuje stejný trend jako v půdě na horní ploše, a to s nižšími hodnotami v roce 1994 než v roce 1981 (1982). Zásoba přístupných kationtů v sorpčním komplexu půdy je také velmi nízká – od 5 cm hlouběji je u Mg nižší než 10 ppm a u Ca nižší než 100 ppm. Poměr celkového uhlíku a dusíku Cox : Nt se v humusu a humózní půdě pohybuje okolo 20. V hlubších horizontech je trvale nižší (< 15).

Geologickým podkladem půd na povodí Malá Ráztočka jsou godulské pískovce. Na velmi svažitém terénu se zde vyvinuly kamenité půdy – ve vrcholové či hřebenové části především kryptopodzoly a v nižších polohách kambizemě. Na tomto povodí byly zřízeny pouze dvě plochy, a to na hoře Nořiči (1 015 m n. m.) v porostu buku a v údolní části (660 m n. m.). Na ploše Nořiči byla v roce 1981 zjištěna velmi kyselá reakce humusové vrstvy Oh a horizontu A s pH/H₂O 3,6 a 3,7. Po třech opakovaných aplikacích dolomitického vápence se v roce 1989 pH/H₂O těchto horizontů zvýšilo na hodnoty 4,9 a 4,0. Obdobně se zvýšilo i pH/KCl ve vrstvě Oh z 3,0 na 4,4 a v horizontu A z 2,9 na 3,5. V hlubších půdních horizontech se také ukázal mírný nárůst hodnot pH. Ve vzorcích odebraných v roce 1994 se však projevil jejich pokles, a to hlavně v pokryvném humusu. Poměr C : N vyšší než 20 měly pouze vzorky z vrstvy Oh pokryvného humusu. V minerálním profilu (včetně humózního horizontu A) dosahovaly poměry C : N nižších hodnot než 15. Po opakované aplikaci dolomitického vápence byly v roce 1989 zjištěny zvýšené zásoby Ca a Mg v pokryvném humusu a přechodně i zvýšení těchto kationtů v sorpčním komplexu povrchových půdních horizontů.

Na údolní ploše ve svahu u potoka byly první odběry humusu a půdy provedeny na nově vzniklé holé seči po smýcení listnatého porostu s převahou buku v roce 1982. Další odběr se uskutečnil v kultuře listnáčů v roce 1987. Nízké hodnoty pH/H₂O ($\leq 4,0$), zjištěné v roce 1982 v pokryvném humusu (Oh) a v povrchových horizontech minerální půdy, byly v roce 1987 podstatně vyšší a zvýšení se zachovalo i u vzorků odebraných v mladém porostu listnáčů v roce 1994. Projevil se i nárůst výměnného pH/KCl v humusovém horizontu (Oh) a v povrchových horizontech půdního profilu. I když tato plocha nebyla přímo vápněna, spad dolomitického vápence se v roce 1987 projevil zvýšením celkového obsahu Mg a Ca v pokryvném humusu a v množství těchto kationtů zjištěných v sorpčním komplexu horizontů Oh a A. V hloubce 50–100 cm zůstala zásoba těchto přístupných kationtů u Mg < 10 ppm a u Ca < 50 ppm. Poměry C : N jsou v minerální půdě příznivé (< 15). V hlubší části profilu převažuje skelet matečné horniny (balvany) nad jemnozemi.

III. Průměrné roční koncentrace látek ve srážkové vodě (bulk) zachycované na volné ploše u přepadu povodí Červík a Malé Ráztoky (mg.l⁻¹) – Average annual concentrations of elements in precipitation water intercepted in open space near the spillway of Červík and Malá Ráztoka basins (mg.l⁻¹)

Období ¹	pH	Cox	Na	K	Mg	Ca	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	P	Al	Mn	Fe	Cu	Zn
	(mg.l ⁻¹)																
Červík																	
VIII/ 1991–1993	5,20	3,40	1,45	1,22	1,54	5,17	1,09	3,06	0,100	2,31	15,42	0,120*	0,275	0,021	0,041		
1994	6,40	3,63	1,24	0,43	1,16	3,33	0,43*	1,54	0,083	1,32	13,70	0,017*	0,037	0,006	0,010	0,003	0,018
1995	5,70	4,40	0,68	0,27	0,54	3,06	0,79	2,07	0,029	1,96	8,88	0,008	0,015	0,009	0,022	0,004	0,022
1996	6,05	10,27	0,73	0,45	0,80	4,59	0,36	1,57	0,086	2,90	11,46	0,022	0,016	0,012	0,022	< 0,03	
1997	5,80	1,25	0,43	0,24	0,37	1,48	0,52	1,59	0,033	1,73	3,19	0,048	0,019	0,006	0,011	0,005	
1998	5,10	3,22	0,44	0,31	0,47	2,07	0,51	1,66	0,033	2,51	2,88	0,037	0,016	0,005	0,008	0,004	0,011
Malá Ráztoka																	
VIII/ 1991–1993	5,15	4,96	0,65	1,04	0,70	2,87	1,23	3,96	0,080	2,02	12,75	0,160*	0,266	0,024	0,021		0,096
1994	6,55	4,22	0,66	0,56	0,82	2,55	0,96	3,03	0,089	3,00	18,22	0*	0,028	0,021	0,008	0,004	
1995	6,35	5,94	0,93	0,92	0,77	2,95	1,91	2,37	0,053	1,91	12,29	0,095	0,011	0,014	0,013	0,011	
1996	6,30	4,81	0,68	1,14	0,59	2,50	2,65	3,35	0,092	2,91	12,10		0,021	0,012	0,018	0,018	0,003
1997	5,90	3,16	0,51	1,32	0,52	2,07	1,36	2,37	0,110	2,45	6,49	0,129	0,022	0,008	0,016	0,007	
1998	5,60	5,50	0,87	1,27	0,75	2,76	1,04	2,27	0,047	3,57	7,56	0,043	0,022	0,009	0,015	0,008	0,060

* PO₄³⁻
¹ period

VÝSLEDKY

KONCENTRACE SLEDOVANÝCH LÁTEK VE SRÁŽKOVÉ VODĚ

Na výzkumných povodích je sledován obsah rozpuštěných látek ve srážkové vodě zachycované do odkrytých nádob na volné ploše. Výsledky z let 1991 až 1998, uvedené v tab. III, ukazují na značné znečištění ovzduší v údolní části obou povodí, navazujících na sídlištní areál obcí. Nejedná se pouze o kyselé anionty SO_4^{2-} , F^- , NO_3^- , ale také o prvky deponované s tuhým spadem (prachem) – zejména o Ca, Mg, Al a Fe. Na povodí Červíku se průměrné koncentrace SO_4^{2-} , F^- , NO_3^- , Al, Fe, Ca, Mg, K a Na, zjišťované na počátku devadesátých let, po roce 1995 snížily. Hodnoty pH vody odebíraných měsíčních vzorků srážek se pohybují v mírně kyselé oblasti s průměrnými ročními hodnotami 5,10 až 6,40.

Na povodí Malá Ráztoka se v letech 1991 až 1998 projevovalo vyšší znečištění srážkové vody sirany (SO_4^{2-}) a sloučeninami dusíku (NO_3^- , NH_4^+) než na povodí Červíku. O málo vyšší byla i kontaminace srážek u Mn, Cu a Al. Kyselost sumarizovaných vzorků srážkové vody byla také velmi nízká, v ročních průměrech se od roku 1994 pohybovala v hodnotách vyšších než 5,5.

Výzkum chemického složení srážek na čtyřech místech povodí Červíku byl prováděn v období od listopadu 1981 do února 1984. Průměrné hodnoty koncentrací látek uváděné v tab. IVa (str. 312) ukazují vliv větší exponovanosti plochy v hřebenové části podpovodí A (zalesněné seče) než plochy v údolní části. Na podpovodí B se v chemismu podkorunových srážek projevuje vliv zachycování imisních látek v korunách smrkových porostů nárůstem koncentrací SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Mg, Ca a také K, Mn a PO_4^{3-} . Zřetelně nejvyššího znečištění dosahovala voda stékající po kmenech smrku ve vrcholové části podpovodí B, což se projevilo i v hlubokém poklesu hodnoty pH.

Vliv korun porostu a terénních charakteristik na obohacování porostních srážek byl sledován i na povodí Malá Ráztoka. Dotýkalo se to především SO_4^{2-} , NO_3^- , NH_4^+ , Mg, Ca, K, Mn a Zn v okapové vodě porostu buku na hoře Noříč. Ve stoku po kmeni převyšovaly koncentrace téměř všech sledovaných látek hodnoty zjišťované v okapové vodě (tab. IVa).

CELKOVÉ SPADY LÁTEK SE SRÁŽKAMI

Celkový spad látek stanovený na základě stanoveného chemismu srážek, zachycovaných do odkrytých nádob (bulk precipitation), zahrnuje nejen látky přinášené se srážkami (wet deposition), ale i vymývané rozpustné složky suchého spadu (dry deposition), zachycovaného na povrchu srážkoměrů.

Roční sumy takto stanovené depozice poměrně značně kolísají (tab. IVb). V letech 1992 až 1998 dosahovaly na Červíku u N ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) 7,2 až 12,0 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, u F

0,27 až 1,09 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a u S/ SO_4^{2-} 10,7 až 49,3 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. U fluoridů a síranů je v posledních letech patrný zřetelný pokles depozice. Na povodí Malá Ráztoka byla ve stejných letech 1992 až 1998 ve srážkové vodě zjišťována rovněž kolísavá roční množství imisních látek, která se u dusíku ($\text{NH}_4^+ + \text{NO}_3^-$) pohybovala v rozmezí 15,8 až 42,2 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$, u F 0,60 až 1,83 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ a u S/ SO_4^{2-} 31,3 až 68,2 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (Lochman et al., 1999). Na povodí Malá Ráztoka je tedy patrná vyšší depozice těchto látek.

Depozice H, N ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) a S/ SO_4^{2-} zjišťovaná na povodích v letech 1982 a 1983 je uvedena v tab. X. Pod porostem smrku na povodí Červíku B dosahovala vysokých hodnot u všech tří prvků. Pod porostem buku na Malé Ráztocce byl nejvyšší spad dusíku a rovněž vysoký spad S/ SO_4^{2-} .

VÝSLEDKY SLEDOVÁNÍ CHEMISMU VODY V POTOCÍCH

Průměrné roční hodnoty koncentrací sledovaných látek ve vodě potoků uvedené v tab. V vykazují v průběhu let 1992 až 1998 pro jednotlivá povodí odlišné hodnoty. Na povodí Červíku se lišil chemismus vody odtékající z obou podpovodí A a B. Na podpovodí A byly zjištěny vyšší průměrné hodnoty pH a mírně nižší koncentrace kationtů Na, Mg, kovů (Zn, Mn) i aniontů F^- , Cl^- , SO_4^{2-} a NO_3^- než ve vodě odtékající z podpovodí B. Naopak u Ca a Fe byly na tomto podpovodí A stanoveny vyšší průměrné hodnoty.

Do roku 1995 je patrné mírné zvýšení pH vody v obou potocích a v letech 1996 a 1997 pokles hodnot – tyto roky jsou charakterizovány vyšším odtokem (Ho) a povodňovými situacemi v teplém období roku. V těchto letech se ve vodě zvýšily koncentrace Mn a F, a to zejména na povodí B. S poklesem pH vody v roce 1996 je na Červíku pozorován i nárůst obsahu Zn, Al a F.

Voda v potoce na přepadu povodí Malá Ráztoka měla v průběhu pozorování od roku 1991 blízké hodnoty pH jako voda v potoce na Červíku A (jen mírně vyšší). Průměrné obsahy kationtů Na, K, Mg jsou zde nižší a Ca vyšší než ve vodě na Červíku A a B. Charakteristické jsou i vyšší koncentrace NO_3^- . V letech 1996 a 1997 je také vidět zřetelný pokles průměrných hodnot pH a v roce 1996 vzestup obsahu rozpuštěných iontů F^- , Cl^- tak jako ve vodě toků na povodích Červíku.

Kolísání koncentrací rozpuštěných látek ve vodě toků ovlivňuje její průtok (Q v $\text{l}\cdot\text{sec}^{-1}$), spojený se způsobem odtoku. V tab. VI, VII a VIII jsou uvedeny hodnoty koncentrací látek zjištěné při zvýšených a povodňových průtocích a také z odběrů uskutečněných při minimálních průtocích. Příválové vody mají nižší pH a nižší koncentrace Na, Mg, Ca a také síranů (SO_4^{2-}). Současně působí vyšší vymývání organických látek (Cox), Al, Fe, Mn. Při podzemním základním odtoku se zvyšoval ve vodě obsah F^- .

Z výsledků analýz vody odebírané v různých fázích povodně (obr. 1) na Malé Ráztocce v červenci 1997

IVb. Depozice S/SO_4^{2-} , F^- a N/NO_3^- a NH_4^+ se srážkovou vodou zachycovanou do otevřených nádob u meteorologických stanic (u přepadů) na povodích Červík a Malé Ráztoky – Depositions of S/SO_4^{2-} , F^- and N/NO_3^- and NH_4^+ by precipitation water intercepted in open vessels at meteorological stations (spillways) in Červík and Malé Ráztoka watersheds

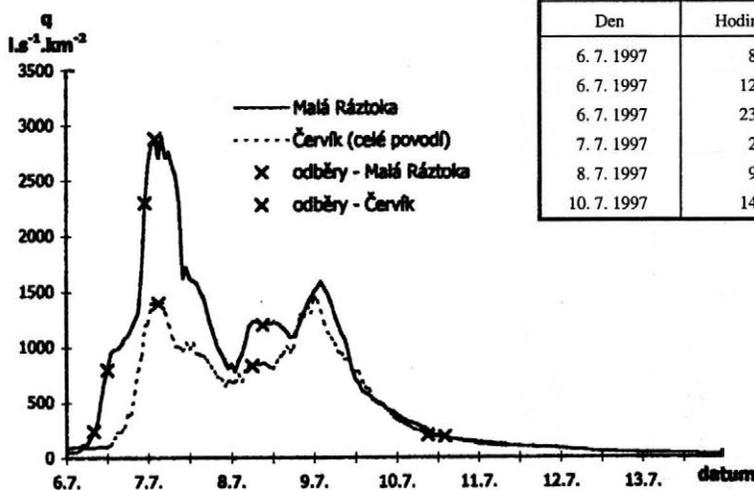
Povodí ¹	Ukazatel ²	Rok ³ ($kg \cdot ha^{-1} \cdot rok^{-1}$)						
		1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998
Červík	srážky ⁴ (mm)	819	960	1 045	1 088	1 140	1 242	1 113
	S/SO_4^{2-}	30,8	40,6	49,3	29,5	27,1	13,3	10,7
	F^-	1,09	1,07	1	0,27	0,98	0,42	0,37
	$N/NO_3^- + NH_4^+$	12	7,9	7,2	9,7	7,2	9,3	8,5
Malé Ráztoka	srážky ⁴ (mm)	824	883	1 127	1 234	1 371	1 672	1 261
	S/SO_4^{2-}	31,3	34,84	68,2	51,3	38,9	36,2	31,8
	F^-	0,77	0,96	0,9	0,76	1,4	1,83	0,6
	$N/NO_3^- + NH_4^+$	27,3	16,8	15,8	22,7	42,2	26,9	16,5

¹watershed, ²parameter, ³year, ⁴precipitation

(6. až 10. 7.) je patrný rozdíl mezi obohacováním odtékající vody na začátku povodňové vlny a po kulminaci, a to při stejném průtoku Q . Zřetelný nárůst koncentrací měly během povodňového průtoku amonné ionty (NH_4^+) a naopak se snížila přítomnost nitrátů (NO_3^-). Pokles koncentrací těchto sloučenin se projevil ve vodě potoka na Malé Ráztokce, ale i na povodí Červík ještě na počátku srpna (4. 8. 1997).

O vývoji chemismu vody v potocích na povodí Červík a Malé Ráztoky od počátku osmdesátých let svědčí

výsledky rozborů získané z odběrů v letech 1981 až 1984; uvádí je tab. IX. Na povodí Červík A i B měla v tomto období voda nižší průměrné pH a vyšší koncentrace Na, Mg, Ca, K, Fe, Cl⁻ a NO_3^- , na povodí A i SO_4^{2-} než v období po roce 1991. Vzájemné rozdíly průměrných koncentrací jmenovaných iontů mezi povodími zůstaly zachovány (s výjimkou SO_4^{2-}). Také na povodí Malé Ráztoka měla na počátku osmdesátých let voda v potoce nižší průměrné pH a vyšší koncentrace Na, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Cl⁻ a NO_3^- .



1. Specifické průtoky q ($l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$) ve dnech 6.–13. července 1997 na povodích v Beskydech – Specific discharges q ($l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$) between 6th and 13th July 1997 in the Beskids watersheds

Odběry vody pro laboratorní rozborů:		
	Malé Ráztoka	Červík A a B
Den	Hodina (SELČ)	Hodina (SELČ)
6. 7. 1997	8:00	
6. 7. 1997	12:00	
6. 7. 1997	23:00	
7. 7. 1997	2:00	2:45
8. 7. 1997	9:00	6:00
10. 7. 1997	14:30	8:30

IVa. Průměrné koncentrace látek ve srážkové vodě na výzkumných plochách v povodí Červíku A, Červíku B a Malé Ráztoky v období listopad 1981 až únor 1984 ($\text{mg}\cdot\Gamma^{-1}$) – Average concentrations of elements in precipitation water on research plots in the basins of Červík A, Červík B and Malá Ráztoka from November 1981 to February 1984 ($\text{mg}\cdot\Gamma^{-1}$)

Povodí ¹	Nadm. v. ⁶	pH	Na	K	Mg	Ca	NH_4^+	NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	Mn	Fe	Cu	Zn
	(m)														
Červík A															
Srážky na seči ²	840	4,2	1,74	0,87	1,66	4,30	0,85	3,58	6,25	11,81	0,01	0,06	0,28	0,005	0,058
Srážky na seči ²	670	4,5	0,81	0,90	1,74	4,38	0,75	2,80	5,19	8,19	0,01	0,05	0,27	0,005	0,050
Červík B															
Podkorunové srážky – smrk ³	900	3,8	1,17	1,33	2,18	5,80	1,89	9,14	6,76	26,18	0,01	0,13	0,24	0,006	0,029
Stok po kmeni ⁴		2,9	2,25	5,39	6,90	31,02	6,20	12,20	9,60	129,64	0,08	0,39	0,67	0,029	0,260
Podkorunové srážky – smrk ³	680	3,7	1,69	1,88	2,62	10,70	1,75	5,80	5,89	24,02	0,05	0,26	0,38	0,007	0,093
Malá Ráztoka															
Srážky na seči ²	660	5,1	0,99	0,54	1,51	4,32	1,39	3,76	5,20	8,50	0,04	0,07	0,27	0,005	0,067
Podkorunové srážky – buk ⁵	1 015	5,3	1,08	0,94	1,65	5,72	2,00	5,33	5,52	19,00	0,12	0,13	0,33	0,007	0,087
Stok po kmeni ⁴		4,2	2,90	3,50	3,90	18,00	8,50	17,70	7,60	58,90	0,16	0,30	1,42	0,033	0,249

¹basin, ²precipitation on a clearcut area, ³throughfall precipitation – spruce, ⁴stem flow, ⁵throughfall precipitation – beech, ⁶altitude

V. Průměrné roční koncentrace látek ve vodě potoků na povodích Červík A, Červík B a Malá Ráztoka (mg.l⁻¹) – Average annual concentrations of elements in brook waters in the basins of Červík A, Červík B and Malá Ráztoka (mg.l⁻¹)

Období ¹	pH	Cox	Na	K	Mg	Ca	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Cl ⁻	F ⁻	SO ₄ ²⁻	P	Al	Mn	Fe	Cu	Zn
Červík A																	
VIII/ 1991–1993	6,79	3,18	2,26	1,40	2,75	6,69	0,860	2,38	1,82	0,110	18,43	0,170	0,222	0,013	0,021		0,045
1994	6,98	2,03	1,89	1,11	2,39	6,10		0,69	1,56	0,037	17,97	0,043	0,079	0,003	0,012	0,002	0,034
1995	6,76	4,00	1,93	1,07	2,31	5,87	0,410	1,31	1,79	0,066	16,08	0,003	0,028	0,007	0,019	0,003	0,019
1996	6,31	4,16	1,44	1,13	1,97	5,71	0,124	1,15	2,44	0,061	16,55	0,015	0,062	0,008	0,038	0,004	0,020
1997	6,29	5,83	1,47	1,22	1,76	5,28	0,193	0,99	2,72	0,064	15,25	0,050	0,260	0,011	0,238	0,003	0,027
1998	6,76	3,91	1,77	1,08	2,35	6,47	0,103	1,24	2,96	0,064	16,65	0,006	0,042	0,003	0,033	0,004	0,010
Červík B																	
VIII/ 1991–1993	6,37	2,99	2,57	1,23	2,82	5,54	0,870	4,42	2,17	0,140	20,46	0,270	0,140	0,018	0,012		0,063
1994	6,75	3,12	2,26	1,11	2,92	5,50		2,82	2,28	0,086	21,69	0,055	0,089	0,010	0,007	0,002	0,037
1995	6,52	3,27	2,33	1,13	2,86	5,42	0,840	2,88	2,58	0,078	21,07	0,005	0,023	0,012	0,009	0,003	0,025
1996	5,82	8,53	1,99	1,18	2,65	5,77	0,068	3,98	3,06	0,112	22,45	0,032	0,079	0,027	0,024	0,003	0,042
1997	6,14	8,42	1,64	1,26	2,29	4,65	0,055	3,74	2,04	0,080	20,66	0,078	0,208	0,077	0,227	0,003	0,034
1998	6,10	2,80	2,26	1,15	2,76	5,68	0,108	5,34	3,24	0,098	21,21		0,036	0,008	0,011	0,004	0,015
Malá Ráztoka																	
VIII/ 1991–1993	7,10	2,39	2,18	0,92	2,01	14,05	0,800	6,47	2,09	0,100	19,44	0,150	0,142	0,008	0,015		0,116
1994	7,03	2,34	1,92	0,73	1,98	12,26	0,204	5,64	2,41	0,035	20,53	0,072	0,040	0,008	0,004	0,002	0,021
1995	6,77	3,24	1,89	0,70	1,74	11,40	0,444	4,49	2,49	0,049	19,17	0,008	0,013	0,007	0,007	0,003	0,033
1996	6,61	3,66	1,73	0,79	1,66	12,14	0,165	4,65	2,76	0,107	18,70	0,023	0,012	0,002	0,008	0,004	0,009
1997	6,48	5,09	1,58	0,87	1,40	9,87	0,302	4,81	2,02	0,060	16,34	0,087	0,207	0,011	0,252	0,004	0,014
1998	6,91	1,54	1,62	0,72	1,67	11,40	0,172	5,82	2,66	0,053	15,35	0,005	0,028	0,002	0,017	0,003	0,006

VI. Koncentrace sledovaných látek ve vodě potoka na Červíku A při zvýšených a nízkých průtocích – Concentrations of elements in the water of Červík A brook at increased and low discharges

Červík A Datum ¹	Průtok ² Q (l.sec ⁻¹)	pH	Cox	Na	K	Mg	Ca	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	P	Al	Mn	Fe	Cu	Zn
		(mg.l ⁻¹)																
2. 4. 1995	87	6,7	5,9	2,00	1,10	2,20	5,60	0,63	1,80	0,081	1,70	14,10	<0,01	0,055	0,009	0,023	0,002	0,017
22. 4. 1996	199	6,5	3,6	1,25	1,43	1,86	5,44	0,08	1,47	0,040	2,21	16,46	<0,01	0,050	0,005	0,025	0,003	0,009
23. 4. 1996	277	6,4	3,2	1,20	1,41	1,76	5,22	0,07	1,50	0,050	2,03	16,11	<0,01	0,051	0,006	0,025	0,003	0,028
23. 4. 1996	325	6,4	2,9	1,33	1,34	1,68	5,07	0,57	1,55	0,060	2,55	14,82	0,02	0,111	0,005	0,057	0,004	0,015
24. 4. 1996	319	6,3	4,0	1,11	1,04	1,62	4,83	0,27	1,45	0,050	2,31	14,71	<0,01	0,092	0,005	0,048	0,004	0,016
29. 4. 1996	125	6,4	3,1	1,23	1,06	1,71	4,99	0,08	1,36	0,040	2,41	15,63	<0,01	0,075	0,011	0,039	0,004	0,033
8. 9. 1996	290	5,9	2,6	1,06	1,10	1,57	4,93	<0,01	0,62	0,040	2,23	16,04	<0,01	0,110	0,020	0,074	0,005	0,016
7. 7. 1997	1 213	6,0	17,4	1,03	1,73	1,06	4,54	0,08	1,03	0,052	5,18	11,73	<0,01	1,055	0,036	1,027	0,004	0,017
8. 7. 1997	665	6,1	6,4	1,01	1,05	1,16	3,19	0,56	0,45	0,063	1,02	12,67	<0,01	0,165	0,012	0,095	0,002	0,019
10. 7. 1997	200	6,2	8,4	0,93	1,05	1,20	3,37	0,91	0,43	0,049	0,88	12,74	<0,01	0,083	0,008	0,039	0,001	0,008
1. 7. 1998	139	7,1	4,6	1,70	1,07	2,01	5,31	0,05	0,64	0,070	1,82	13,63	0,034	0,125	0,002	0,102	0,002	0,007
30. 10. 1995	3,5	7,1	3,4	2,60	1,30	3,10	7,60	0,64	1,20	0,069	1,20	18,10	<0,001	0,009	0,004	0,029	0,008	0,025
28. 2. 1996	3,3	6,8	1,1	2,95	1,10	2,79	7,66	0,04	1,52	0,200	2,03	16,96	<0,01	0,015	0,004	0,023	0,002	0,011
1. 4. 1996	4,3	6,4	1,2	2,60	1,06	2,65	7,39	0,20	2,07	0,340	2,27	20,16	0,04	0,015	0,001	0,018	0,003	0,026
31. 1. 1997	2,5	6,8	2,8	2,48	1,02	2,44	5,81	0,50	1,05	0,034	1,17	18,31	0,04	0,018	0,002	0,021	<0,001	0,007
30. 6. 1997	8,8	6,8	2,7	2,66	1,21	2,44	6,22	0,16	0,84	0,065	1,39	18,08	<0,01	0,044	0,003	0,021	0,004	0,008
4. 8. 1997	5,6	6,5	2,3	1,65	1,15	2,26	6,13	0,07	0,24	0,047	1,92	15,49	<0,01	0,027	0,002	0,021	0,004	0,005
1. 6. 1998	1	7,5	2,9	2,10	1,15	2,48	7,68	0,12	0,64	0,060	2,42	18,28	<0,03	0,014	0,002	0,010	0,004	0,004

¹date, ²discharge

VII. Koncentrace sledovaných látek ve vodě potoka a Červíku B při zvýšených a nízkých průtocích – Concentrations of elements in the water of Červík B brook at increased and low discharges

Červík B Datum ¹	Průtok ² Q (l.sec ⁻¹)	pH	Cox	Na	K	Mg	Ca	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	P	Al	Mn	Fe	Cu	Zn
22. 4. 1996	111	5,8	45,6	1,59	1,36	2,71	6,44	0,50	5,68	0,10	4,59	22,31	<0,01	0,106	0,042	0,035	0,005	0,035
23. 4. 1996	153,5	5,5	66,0	1,40	1,19	2,51	5,94	0,25	5,48	0,11	3,78	21,11	<0,01	0,156	0,054	0,081	0,004	0,094
23. 4. 1996	104	5,4	49,5	1,45	1,17	2,63	5,83	0,06	5,76	0,10	3,05	23,16	<0,01	0,132	0,083	0,030	0,003	0,036
24. 4. 1996	131	5,4	48,3	1,36	1,20	2,48	6,14	0,17	5,89	0,09	3,59	21,92	<0,01	0,126	0,035	0,062	0,004	0,030
29. 4. 1996	50	5,5	2,0	1,33	0,98	2,35	5,31	0,02	5,35	0,09	2,67	20,68	<0,01	0,148	0,051	0,017	0,003	0,035
8. 9. 1996	134	5,3	2,9	1,29	1,05	2,19	5,39	0,01	3,17	0,08	2,61	21,93	0,02	0,210	0,112	0,122	0,004	0,036
7. 7. 1997	926	6,7	15,6	1,44	1,53	1,96	4,02	0,98	3,57	0,06	2,17	18,58	0,03	0,523	0,184	1,022	0,003	0,047
8. 7. 1997	446	6,0	26,3	1,30	1,14	1,86	3,86	0,66	3,30	0,08	1,46	17,94	<0,01	0,279	0,111	0,187	0,001	0,044
10. 7. 1997	160	5,9	6,1	1,42	1,22	2,10	4,01	0,73	3,48	0,08	1,39	20,64	<0,01	0,188	0,071	0,039	0,002	0,036
1. 7. 1998	139	6,6	3,6	1,91	1,17	2,53	4,74	0,10	5,63	0,08	2,97	17,51	<0,03	0,054	0,009	0,020	0,002	0,015
28. 2. 1996	2,7	6,5	0,84	3,69	1,07	2,84	6,08	0,02	2,95	0,180	2,92	19,96	<0,01	0,014	0,003	0,011	0,002	0,019
1. 4. 1996	2,6	6,5		4,08	1,13	3,20	6,98	0,33	3,87	0,380	3,17	24,38	0,04	0,017	0,003	0,015	0,004	
31. 1. 1997	1,1	7,0		3,23	0,98	2,36	4,17	0,47	2,03	0,068	1,80	24,30	0,02	0,018	0,009	0,022	<0,001	0,013
30. 6. 1997	4,6	6,7	5,8	2,79	1,51	2,79	5,30	0,27	3,09	0,111	2,01	23,01	0,03	0,046	0,008	0,024	0,003	0,016
4. 8. 1997	3,1	6,4	2,6	2,31	1,29	2,50	5,24	0,15	1,86	0,088	2,53	21,88	0,04	0,043	0,010	0,013	0,004	0,021
1. 6. 1998	1	7,1	2,6	2,79	1,22	2,52	6,12	0,07	3,58	0,110	2,70	24,38	<0,03	0,020	0,004	0,007	0,004	0,009

For 1-2 see Table VI

VIII. Koncentrace sledovaných látek ve vodě potoka na Malé Ráztoce při zvýšených a nízkých průtocích – Concentrations of elements in the water of Malá Ráztoka brook at increased and low discharges

Datum ¹	Průtok ² Q (l.sec ⁻¹)	pH	Cox	Na	K	Mg	Ca	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	F ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	P	Al	Mn	Fe	Cu	Zn	
																			(mg.l ⁻¹)
Malá Ráztoka																			
3. 4. 1995	147	6,6	3,80	1,90	0,70	1,90	11,90	1,35	5,10	0,073	2,30	19,00	<0,01	0,008	0,002	0,003	0,001	0,015	
27. 3. 1996	652	6,5	1,92	2,12	0,80	1,84	12,43	0,10	7,40	0,240	3,33	19,87	0,04	0,017	0,010	0,012	0,003	0,024	
22. 4. 1996	635	5,9	8,04	1,62	1,36	1,41	10,84	0,19	5,73	0,060	2,81	17,36	<0,01	0,026	0,010	0,014	0,003	0,006	
22. 4. 1996	509	6,2	1,56	1,55	1,29	1,47	10,69	0,01	5,59	0,060	2,77	18,45	<0,01	0,012	0,030	0,098	0,003	0,022	
23. 4. 1996	635	6,3	7,32	1,34	1,14	1,32	10,21	0,04	5,60	0,050	2,47	16,99	<0,01	0,023	0,010	0,012	0,003	0,005	
24. 4. 1996	570	6,5	0,96	1,36	1,05	1,36	10,30	0,59	5,96	0,060	3,90	17,50	<0,01	0,014	0,020	0,007	0,003	0,007	
29. 4. 1996	232	6,5	0,48	1,38	0,99	1,39	11,01	0,04	6,13	0,060	2,69	17,37	<0,01	0,009	0,030	0,005	0,003	0,006	
8. 9. 1996	1 020	6,6	2,16	1,37	0,63	1,43	10,33	0,08	3,68	0,050	2,31	19,75	<0,01	0,026	0,002	0,015	0,004	0,011	
6. 7. 1997	1 000	6,4	5,52	1,07	0,84	0,77	6,58	0,70	4,71	0,056	1,30	12,34	0,72	0,087	0,001	0,068	0,002	0,005	
6. 7. 1997	4 760	6,4	11,10	1,17	1,10	1,00	7,44	0,93	4,28	0,054	0,97	13,98	0,03	0,528	0,026	0,639	0,002	0,012	
6. 7. 1997	1 810	6,5	6,72	1,32	0,78	1,07	7,65	0,69	4,83	0,072	1,07	13,18	<0,01	0,104	0,004	0,108	<0,001	0,017	
7. 7. 1997	6 000	6,5	18,60	1,37	1,44	1,32	8,36	0,73	3,97	0,059	1,09	14,20	0,01	1,053	0,057	1,295	0,003	0,017	
8. 7. 1997	2 560	6,6	2,64	1,78	0,72	0,95	6,90	0,08	3,57	0,045	0,90	14,93	<0,01	0,051	0,002	0,042	0,001	0,027	
10. 7. 1997	400	6,6	2,28	1,74	0,73	1,24	10,10	0,59	3,71	0,051	1,24	16,63	<0,01	0,034	<0,001	0,021	0,001	0,009	
13. 6. 1998	544	7,3	3,12	1,24	0,79	1,41	8,40	0,69	5,09	0,050	1,45	10,90	<0,03	0,074	0,002	0,066	0,002	0,006	
1. 7. 1998	124	7,4	1,56	1,59	0,71	1,71	10,92	0,12	5,77	0,050	1,72	14,49	<0,03	0,018	0,001	0,009	0,002	0,005	
30. 10. 1995	11,6	7,1	3,90	2,40	0,90	1,90	15,00	0,49	4,80	0,057	2,10	23,10	<0,01	0,005	0,001	0,006	0,010	0,031	
28. 2. 1996	6	7,0	0,80	2,78	0,71	1,95	15,17	0,27	5,87	0,080	2,89	15,60	<0,01	0,008	0,002	0,004	0,002	0,014	
31. 1. 1997	3,7	7,4	2,16	1,96	0,63	1,35	10,84	0,43	4,14	0,021	1,70	21,68	0,05	0,006	<0,001	0,006	<0,001	0,014	
4. 8. 1997	14,3	6,4	1,80	1,84	0,85	1,74	13,02	0,25	3,28	0,060	2,40	17,76	<0,01	0,012	0,001	0,006	0,004	0,005	
1. 11. 1997	7,4	7,0	0,84	1,96	0,67	2,08	13,13	0,47	3,90	0,050	3,39	19,83	0,02	0,007	0,002	0,009	0,004	0,011	
2. 2. 1998	6,8	6,9	1,20	2,15	0,70	1,95	13,31	0,03	4,47	0,050	2,10	18,64	<0,03	0,013	0,002	0,002	0,003	0,007	
1. 6. 1998	7,4	7,4	2,64	2,21	0,89	2,12	15,59	0,17	4,34	0,090	3,48	19,05	<0,03	0,010	0,002	0,004	0,004	0,005	

For 1–2 see Table VI

IX. Průměrné koncentrace látek ve vodě potoků výzkumných povodí v Beskydech v letech 1980–1984 (mg.l^{-1}) – Average concentrations of elements in the water of brooks in the Beskids experimental basins in 1980–1984 (mg.l^{-1})

Vodní zdroj u povodí ¹	Období ²	pH	Na	K	Mg	Ca	NH_4^+	NO_3^-	Cl^-	SO_4^{2-}	PO_4^{3-}	Mn	Fe	Cu	Zn
Červík A *) **)	V. 1980 – V. 1981	6,48	1,76	1,64	3,40	10,50	0,09	9,20	3,80	20,60	0,015	0,050	0,470		
	XI. 1981 – II. 1984	6,00	2,16	1,49	3,70	10,70	0,22	6,70	3,50	22,50	0,028	0,020	0,260	0,005	0,028
Červík B *) **)	V. 1980 – V. 1981	5,60	2,06	1,10	3,10	7,90	0,09	9,00	3,50	18,90	0,008	0,040	0,220		
	XI. 1981 – II. 1984	5,80	2,61	1,40	3,60	8,80	0,13	8,70	3,90	21,90	0,023	0,024	0,220	0,005	0,030
Malá Ráztočka *) **)	V. 1980 – V. 1981	6,70	1,98	0,64	2,40	15,20	0,04	9,50	3,30	23,00	0,014	0,040	0,040		
	XI. 1981 – II. 1984	6,30	3,02	1,02	3,40	15,10	0,15	9,70	3,70	20,80	0,016	0,016	0,187	0,005	0,021

*) Jařabáň, Chlebek, 1983

**) Lochman et al., 1986

¹water resource in the basin of, ²period

Cílem hodnocení výzkumu je stanovení vlivu lesních porostů a celých lesních ekosystémů a hospodářských zásahů na chemismus vody odtékající ze sledovaných povodí. Současně je zjišťován i vliv změn imisního zatížení ekosystémů v průběhu pozorování od roku 1981 do roku 1998. V první polovině osmdesátých let dosahovalo imisní zatížení sledované oblasti Beskyd vysoké úrovně. Dokládají to spady kyselých látek zjišťované na volné ploše i pod porosty. V tab. X je uváděna depozice protonů (H^+), dusíku ($\text{N}/\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$) a síry ($\text{S}/\text{SO}_4^{2-}$). Tato depozice se sračkami (mokry spad) je díky jejich vyššímu srážkovému úhrnu srovnatelná s údaji získávanými na konci sedmdesátých let na ploše Moldava v Kráňných horách. Jde především o ionty H^+ a $\text{N}/(\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+)$ (Lochman, 1993) stanovené v podkorunových srážkách na okraji dospělého porostu smrku ve vrcholové části povodí Červík B. Výsledky měření depozice látek povodí nádrže Šance, uskutečněných od roku 1995 (Moravčík, 1998), ukazují, že se smrkových ekosystémech sledované oblasti Beskyd depozice protonů, celkového dusíku a síry snížila, ale z hlediska vývoje chemismu půd zůstává stále kritická. Pufrací schopnost půd na silikátových horninách nepřekračuje $0,5 \text{ kmol.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$ (Ulrich, 1983; Ulrich et al., 1981). To odpovídá skutečnosti, že půdy na pokusných plochách v povodí Červíku jsou v povrchových horizontech (do 30 až 50 cm) silně kyselé, s $\text{pH}/\text{H}_2\text{O} < 4,2$ (blízkí charakteristika půd je uvedena v metodice).

Na povodí Malé Ráztočky byla v letech 1982 a 1983 zjišťována depozice látek v porostu buku na Nořiči. Podkorunové srážky – včetně vody stékající po kmenech – zde přinašely $1,87 \text{ kmol H iontů na ha za rok}$. Oproti depozici protonů stanovené v porostu smrku na povodí Červíku B je toto množství podstatně nižší. Příčinou byla defoliace buku v chladném období roku a zřejmě i neutralizace kyselých srážek na listech ve vegetačním období, zjišťovaná v listnatých porostech i na dalších výzkumných objektech (Kreutzler et al., 1986; Lochman, 1996, 1997; Matzner, Meiwes, 1994; Ulrich et al., 1981).

Z údajů v tab. X je patrné i snižování depozice síry (SO_4^{2-}) zejména pod porosty smrku. Oproti ročním 1982 a 1983 je také viditelné snižování spadu N ($\text{NO}_3^- + \text{NH}_4^+$). I přes snížení spadu imisních látek v posledních letech (po roce 1991) zůstává na sledovaných povodích v Beskydech ještě vysoký vstup N a S do lesních ekosystémů, a to zejména na povodí Malá Ráztočka. Časová a lokální variabilita depozice imisních látek je na horských povodích v Beskydech poměrně velká (tab. X) a dokládají to i výsledky šetření prezentované po roce 1995 (Moravčík, 1998).

Vedle expozovanosti stanovíšť větší proudění vzduchu a klimatických faktorů se projevují především porostní poměry. Ukazují to údaje získané na povodích Červík A a Červík B. V roce 1981 skončilo období urychlených těžeb a obnovy porostů na povodí Červíku A v ročním

Povodí ¹	Místo měření ²	Časové období ³	H ⁺	N/(NO ₃ + NH ₄)	S/SO ₄ ²⁻
			(kg.ha ⁻¹ .rok ⁻¹)		
Červík A	holá seč 840 m n. m.	1982–1983	2,2	16,6	44,8
	holá seč 670 m n. m.	1982–1983		13,7	31,3
Červík B	sm. porost 900 m n. m.	1982–1983	8,79	32,1	80,5
Malá Ráztoka	holá seč 660 m n. m.	1982–1983	0,42	16,8	28,4
	bk porost 1 015 m n. m.	1982–1983	1,87	43,7	80,8
Červík	volná plocha 640 m n. m.	1992–1998	< 0,10	8,9	28,8
Malá Ráztoka	volná plocha 630 m n. m.	1992–1998	< 0,10	24,0	41,8
Hamry	volná plocha 580 m n. m.	1997	0,9	20,4	21,4
Šance*)	sm. porost 580 m n. m.	1997	1,1	21,8	35,8
Bílý Kříž	volná plocha 840 m n. m.	1997	0,6	23,6	24,2
	sm. porost 840 m n. m.	1997	1,9	23,4	50,5

*) Moravčík, 1998

¹basin, ²locality of measurement, ³time period

objemu > 3 000 m³ hroubí a nadále pokračovaly nahodilé těžby dosahující několika set m³ dřeva, a to především na povodí Červíku B. Zvýšené obnovní těžby v objemu větším než 1 000 m³ dřeva na povodí B spolu s domýčováním porostů na povodí A probíhaly opět v letech 1995 až 1997 (tab. II). Tato hospodářská činnost ve spojení s povodňovými situacemi mohla ovlivnit i zvýšení přítomnosti některých látek ve vodě potoků.

V letech 1982 byla na povodí Červíku A provedena obnova porostů již na 90 % výměry a tuto plochu zaujímaly zalesněné seče a mlaziny. Ve vodě potoka byly zjišťovány vyšší koncentrace SO₄²⁻ než v potoce na povodí B s dospělými porosty. Při výrazně nižších depozicích síry na sečích byly zřejmě jejím zdrojem rozkládající se organické látky v pokryvném humusu, případně i sírany (SO₄²⁻), vázané v minerální půdě. V devadesátých letech se koncentrace SO₄²⁻ ve vodě potoků na povodí Červíku A snížily a na povodí Červíku B zůstaly na přibližně stejné úrovni.

Pokryvný humus a organické látky (zbytky) v půdě byly zdrojem i nitrátových iontů (NO₃⁻) v odtékající vodě v povodí Červíku A, protože rozdíly v jejich koncentracích oproti povodí Červíku B nebyly podstatné, i když celková depozice N (NO₃ + NH₄) byla na sečích povodí A přibližně poloviční, tak jako u S/SO₄²⁻ (tab. IV, IX a X).

Podobné výsledky z výzkumu chemismu vody prováděného na povodích Červíku v období od května 1980 do května 1981 uvádějí Jařabáč, Chlebek (1983).

Pokles průměrných ročních koncentrací Na, Mg, Ca, K, Fe, Cl⁻, NO₃⁻ ve vodách toků na povodích Červíku A i B v devadesátých letech oproti hodnotám z počátku osmdesátých let je možné vysvětlit poklesem depozice těchto prvků a u kationtů také jejich snížením vymýváním z půdy a zvětralínového pláště po snížení depozice H iontů se srážkami (zvýšení jejich pH). Vyšší

depozice imisních látek v porostech povodí Červíku B se však stále projevuje ve vodě potoka zvýšením koncentrací SO₄²⁻, F⁻, Cl⁻, NO₃⁻, Mn a Al a také nižším pH vody. Na povodí A lze předpokládat, že v mladých porostech I. a II. věkové třídy nastává akumulace bioprvků v biomase a i dalších prvků v narůstajícím horizontu pokryvného humusu.

Na povodí Malé Ráztoky bylo v letech 1976 až 1980 vytěženo 11 438 m³ dřeva (ročně v průměru 2 288 m³) převážně z bukových porostů. V období let 1981 až 1983 dosahovaly roční těžby v průměru 2 787 m³ a v období 1984 až 1990 2 255 m³ dřevní hmoty. Od roku 1991 do roku 1994 nastal útlum obnovních těžeb na stovky m³ (tab. II). V dalších letech roční těžba opět překročila 1 000 m³ (s výjimkou roku 1997). V letech 1982 a 1983 dosahovala obnova porostů přibližně 40 % plochy povodí a v roce 1998 již více než 80 %.

Výsledky rozborů vody, uskutečněných na počátku osmdesátých let (tab. IX), ukazují mírně nižší koncentrace SO₄²⁻, K, Mn a Fe ve vodě potoka na povodí Malé Ráztoky ve srovnání s hodnotami zjišťovanými na povodích Červíku A i B. Zde bylo také stanoveno vyšší pH vody a podstatně vyšší koncentrace Ca, a to i před vápněním porostů na části povodí v červenci 1983 (Lochman et al., 1996). Ve vodě potoka na Malé Ráztoky byl zjišťován i mírně vyšší obsah nitrátů (NO₃⁻). Šetření v devadesátých letech (tab. V) ukazují pokles koncentrací kationtů Na, K, Mg, Ca a také Mn, Fe, Cl⁻, NO₃⁻ a zvýšení pH – oproti hodnotám z let 1981 až 1984 – obdobně jako ve vodě potoků na povodích Červíku. Vysvětlení lze spatřovat ve snížení depozice imisních látek a také ve změně biologického koloběhu prvků mezi půdou a mladými porosty s převahou smrku.

Výchytky koncentrací prvků ve vodě potoků při rozdílných průtocích jsou zapříčiněny především způsobem odtoku srážek. Při zvýšených a hlavně při povodňových

průtocích se podstatněji uplatňuje povrchový a podpovrchový odtok vody. Odtékající voda prochází ve zvýšené míře pouze povrchovými půdními horizonty a vymývá humusové látky i ionty, jež jsou při podzemním (základním) odtoku zachycovány v půdním profilu jako NH_4^+ , sloučeniny P a kovy (Fe a Mn).

Při povodňových průtocích posledních let probíhala v povodích silná eroze půdy na komunikacích, v nestabilizovaných rýhách způsobených hospodářskou činností a také eroze nepevných břehů toků (tab. XI).

v korunách stromů je při vyšších srážkových úhrnech relativně nízká (několik mm) a při horizontálních srážkách v horských lesích téměř nulová (Chlebek, Jařabáč, 1987). Měření prováděná na povodích v Beskydech ukazují, že se zvýšení odtoku v tocích zřetelně projevují při srážce vyšší než 50 mm. Srážkové úhrny 80 až 100 mm způsobují spolu s jejich vysokou intenzitou vznik škodlivých průtoků, a to zejména při předchozím nasycení půdy a zvětralinového pláště vodou (Chlebek, Jařabáč, 1998). Dlouhodobé hydrologické

XI. Zákaly vody a množství plavenin při zvýšených průtocích na povodích Červík A, Červík B a Malá Ráztoka v letech 1980–1981 (Jařabáč, Chlebek, 1983) – Turbidity and bed load amounts at increased discharges in the basins of Červík A, Červík B and Malá Ráztoka in 1980–1981 (Jařabáč, Chlebek, 1983)

Povodí ¹	Červík A		Červík B		Malá Ráztoka	
Datum odběru vody ²	23. 7. 1980	11. 3. 1981	23. 7. 1980	11. 3. 1981	23. 7. 1980	11. 3. 1981
Specifický odtok ³ ($1.\text{sec}^{-1}.\text{km}^{-2}$)	441,1	738,6			550,5	266,3
Zákal ⁴ (jZF)	180,0	520,0	125,0	150,0	16,7	6,4
Množství plavenin ⁵ ($\text{kg}.\text{m}^{-3}$ vody)	0,334	0,756	0,464	0,342	0,18	0,284

¹basin; ²date of water sampling; ³specific discharge; ⁴turbidity; ⁵bed load amount

Problému eroze půdy byla v průběhu hydrologického výzkumu na povodích věnována velká pozornost. Soustavné měření zákalů v povodích Červíku a Malé Ráztoky probíhalo od roku 1958. Jařabáč, Chlebek (1984a, 1987) uvádějí, že v hydrologických letech 1966 až 1983 se na těžném povodí Červíku A projevil zákal vody ročně v průměru 35,9 dnů a na povodí Červíku B 21,1 dnů. Ve stejné době dosáhla průměrná intenzita eroze v povodí A $2,638 \text{ kg}.\text{h}^{-1}.\text{ha}^{-1}$ a v povodí B $1,277 \text{ kg}.\text{h}^{-1}.\text{ha}^{-1}$. Autoři (Jařabáč, Chlebek, 1983) uvádějí, že v celoročním průměru byl nejnižší zákal vody potoka na Malé Ráztokce (tab. I). Na povodí Červíku A dosahoval jedenáctinásobku. Příčinou rozdílu v míře eroze je příznivější zrnitostní složení půdy na povodí Malé Ráztoka oproti jílnatějším půdám na povodí Červíku. Spolu s velkým zvýšením zákalu vody ve dnech těžebních prací na povodí Červíku A se ve vodě snížilo pH a narůstala množství rozpuštěného Mn, Fe, NH_4^+ , PO_4^- a zvyšovalo se číslo oxidovatelnosti.

Rozdíl v množství plavenin ve vodě toků na povodích Červíku A a B při povodni 7. 7. 1997 (tab. XI) s výrazně vyšší hodnotou na povodí B lze vysvětlit jednak obnovní těžbou prováděnou na tomto povodí již od roku 1995, jednak tím, že hlavním zdrojem plavenin byla eroze břehů toku v dospělých porostech smrku, nepevných souvislou travní vegetací. Naopak na povodí Červíku A se po ukončení větších mytních těžeb na počátku osmdesátých let vytvořilo souvislé patro přizemní (paseční) vegetace s převahou trav.

Možnosti retence srážkové vody v lesních ekosystémech a zabránění povodňovým vlnám s nepříznivými dopady v povodích jsou omezené. Intercepce srážek

výzkumy na povodích Červíku a Malé Ráztoky také ukázaly, že při jarním tání sněhové pokrývky dosahují povodňové vlny jen asi pětiny maximálních průtoků zjišťovaných při letních přivalových deštích. Teplé období roku je tedy z hlediska znečištění vodních zdrojů nebezpečnější.

Vliv chemismu půdních profilů (půd) povodí na chemismus odtékající vody se výrazněji projevuje při přímém odtoku vyšších srážek. Jak vyplývá z charakteristiky půd v metodice, jsou na povodích Červíku půdy silně kyselé, v humusovém horizontu a minerální půdě do hloubky 30 až 40 cm s $\text{pH}/\text{H}_2\text{O} \leq 4,0$. V sorpčním komplexu minerální půdy je zde nízká zásoba Mg (<10 ppm) a Ca (50–100 ppm). Poměr celkového uhlíku a dusíku C : N v humusovém horizontu Oh a na povrchu minerální půdy se pohybuje okolo 20, v hlubší části půdního profilu < 15.

Na povodí Malá Ráztoka mají humusové horizonty a minerální profily půd na výzkumných plochách vyšší pH než na Červíku a v povrchových horizontech i vyšší zásobu Mg a Ca (celkovou a výměnnou). Poměr C : N v humusovém horizontu Oh je přibližně stejný jako na povodí Červíku (okolo 20), v hlubších horizontech je nižší než 15. Na změny pH a koncentrace kationtů v odtékající vodě z rizosféry působí chemismus materiálu zvětralinového pláště. Působení půdní spodiny a zvětralinové matečné horniny na sorpci NO_3^- je minimální, a proto má pro koncentraci nitrátů ve zdrojích podstatný význam jejich spotřeba v rizosféře. Důležitost poměru C : N v pokryvném humusu dokládají Matzner, Grosholz (1997), kteří na základě tohoto poměru v horizontu Oh a depozice dusíku s podkorunovými srážkami

(N [NO₃⁻ + NH₄⁺] v kmol.ha⁻¹.rok⁻¹) sestavili vícenásobnou regresní rovnici pro stanovení množství nitrátů (kmol NO₃.ha⁻¹.rok⁻¹) vynášených vodou z půdy smrkových porostů (ekosystémů).

Z hlediska zájmu o životní prostředí je důležité stanovení retenčního působení lesních ekosystémů – spotřebou dusíku při jeho koloběhu. Pro sledovaná povodí v Beskydech můžeme spotřebu dusíku vzhledem k malému počtu míst s měřeními depozice stanovit jen orientačně.

V letech 1982 a 1983 dosahovaly roční spady N (NO₃⁻ + NH₄⁺) na smýceném povodí Červíku A 15,15 kg.ha⁻¹ a ztráty s odtékající vodou byly vypočteny na 10,69 kg.ha⁻¹, rozdíl je 4,46 kg.ha⁻¹. Na povodí Červík B dosahoval ve stejných letech roční spád N (NO₃⁻ + NH₄⁺) ve smrkových porostech 24,45 kg.ha⁻¹ a ztráta s odtékající vodou 13,06 kg.ha⁻¹. Z toho vyplývá jeho spotřeba 11,39 kg.ha⁻¹. Nízká spotřeba dusíku na povodí Červíku A byla zřejmě ovlivněna jeho uvolňováním při rozkladu organické půdní hmoty na sečích a malými nároky kultur a nezapojených porostů.

Pro povodí Malé Ráztoky byl vypočten v letech 1982 a 1983 roční spád N (NO₃⁻ + NH₄⁺) 30,24 kg.ha⁻¹ a ztráta 20,73 kg.ha⁻¹. Rozdíl je tedy 9,51 kg.ha⁻¹, což by měla být roční spotřeba N na ha v povodí se staršími bukovými porosty (na 60 % plochy) a mladými porosty a kulturami (na 40 % plochy).

V letech 1992 až 1998 nebylo na povodí Červíku prováděno sledování spadu látek v porostech ani na volné ploše ve vyšších částech povodí. Vezmeme-li však v úvahu údaje o spadu N (NO₃⁻ + NH₄⁺) získané Moravčíkem (1998) na ploše Hamry, kde v roce 1997 dosahoval na volné ploše 17,58 kg.ha⁻¹ a v porostu smrku 19,87 kg.ha⁻¹, potom bychom mohli uvažovat o průměrném ročním spadu na povodích Červíku A a B 18,73 kg N.ha⁻¹. Při roční ztrátě N (NO₃⁻ + NH₄⁺) s odtékající vodou 6 kg.ha⁻¹ vychází roční spotřeba dusíku v celém povodí Červíku (A a B) 12,73 kg.ha⁻¹.

Na povodí Malé Ráztoky byl v letech 1992 až 1998 vypočten průměrný roční spád N (NO₃⁻ + NH₄⁺) na volné ploše v údolní části povodí 24,0 kg.ha⁻¹ a průměrná roční ztráta s odtékající vodou 15,1 kg.ha⁻¹. Vypočtená spotřeba 8,9 kg N.ha⁻¹ je minimální možností, protože pod porosty ve vyšších částech povodí je spád dusíku vyšší. Vypočtená retence (spotřeba) dusíku v porostech na sledovaných povodích okolo 10 kg na ha odpovídá názoru Ulricha (1993), který uvádí, že lesní porosty jsou schopny akumulovat ročně 10 kg N na ha. Při bilančování dusíku v lesních ekosystémech je nutné uvažovat i o jeho ztrátách do ovzduší. Ulrich cituje údaje (Brumme, Beese, 1992), že z vápněných a hnojených půd uniká ročně 5–6 kg N.ha⁻¹ ve formě N₂O do ovzduší.

Významným zásahem do koloběhu prvků v lesních ekosystémech je vápnění. Jeho vliv na chemismus srážkové a půdní vody a na složení vody v potoce byl sledován na povodí Malé Ráztoka po aplikaci dolomitického vápence od července 1983 do února 1984. Vápenec byl použit v množství 3 t.ha⁻¹ na 80 ha plochy povodí o výměře 208 ha. Oproti průměrným hodnotám za celé

období výzkumu (listopad 1981 až únor 1984) se po aplikaci zvýšily koncentrace Mg a Ca ve srážkové vodě (z 2,0 na 3,2 a z 4,8 na 7,5 mg.l⁻¹), ve vodě potoka (u Mg 3,4 a 3,8 a u Ca 15,1 a 18,2 mg.l⁻¹) a současně vzrostlo i pH. V půdní gravitační vodě v hloubce 30 a 75 cm však nebyly zjištěny změny obsahu sledovaných látek až do ukončení šetření (únor 1984). Obdobný nárůst koncentrace Mg a Ca ve srážkové vodě a zvýšení jejího pH se projevilo ve stejném období i na povodích Červíku A i B (Lochman et al., 1986). Ve vodě potoků na měrných přepadech v téže době narůstala koncentrace Mg a hodnota pH.

Ve vzorcích vody odebíraných na přepadech všech tří hodnocených povodí se v období od července 1983 do února 1984 nezvýšily koncentrace NO₃⁻ a NH₄⁺. K uvedeným změnám v koncentracích Mg, Ca a pH ve vodě povrchových zdrojů všech tří povodí mohla přispět skutečnost, že druhá polovina roku 1983 byla srážkově chudá, s nízkými průtoky vody a s omezením přímého odtoku. Nelze také vyloučit rozptýlení jemně mletého materiálu při letecké aplikaci a proudění vzduchu ve vápněných hřebenových polohách Beskyd do povodí Červíku. Vápnění půd na povodí Malé Ráztoka v dalších oblastech beskydských lesů se opakovalo v letech 1985 a 1987. Ve vzorcích humusu a půdy povrchových horizontů byly v roce 1989 zjištěny vyšší koncentrace přístupného a v humusu především celkového Ca a Mg než v roce 1981 (1982). V hlubších horizontech minerálního půdního profilu, v horizontech B a B/Cd, se nárůst zásoby přístupných forem Ca a Mg neprojevil.

Ve vzorcích humusu a půdy odebrané v roce 1994 byly stanoveny nižší zásoby Ca a Mg než u odběrů z roku 1989, a to v celém půdním profilu, takže jejich zásoba v sorpčním komplexu hlubších půdních horizontů byla nižší než v roce 1981 (1982). Stejný trend je možné pozorovat i na povodích Červíku (Lochman et al., 1986, 1996).

Ve vodě potoka na Malé Ráztocce dosahovaly v letech 1991 až 1993 průměrné koncentrace Mg a Ca nižších hodnot (2,01 a 14,05 mg.l⁻¹) oproti letům 1981 až 1984 (3,4 a 15,1 mg.l⁻¹) a od roku 1994 nadále poklesly (1,69 a 11,41 mg.l⁻¹). Podobný trend snižování koncentrací Ca a Mg byl patrný ve vodě potoka na Červíku A a do roku 1993 na povodí Červíku B.

Působení lesních ekosystémů na sledovaných povodích v Beskydech na jakost vody je z hlediska zásobování obyvatelstva pitnou vodou příznivé. Dokládají to průměrné hodnoty koncentrací látek (ukazatelů) uvedené v tab. V a IX.

Při vysokých a povodňových průtocích voda obsahuje plaveniny (zákal) a zvyšuje se v ní i obsah organických (humusových) látek. Jak je patrné z tab. VI, VII a VIII, nejvyšší nárůsty a překročení mezních hodnot normy (ČSN 75 7111) projevuje Al (0,2 mg.l⁻¹), Fe (0,3 mg.l⁻¹) a NH₄⁺ (0,5 mg.l⁻¹). Ani u jednoho odběru však nebyla zjištěna vyšší koncentrace Cu a Mn než 0,1 mg.l⁻¹. Také další sledované látky nepřekračují mezní hodnoty normy pro pitnou vodu (F⁻, Cl⁻, SO₄²⁻,

Mg, Ca a Zn). Koncentrace nitrátů (NO_3^-) nedosahují 10 mg.l^{-1} , pouze v jednom případě byla zjištěna doporučená limitní hodnota 15 mg.l^{-1} .

V období od listopadu 1981 do února 1984 byl ve vzorcích vody z povrchových zdrojů povodí Červíku A i B a Malé Ráztko sledován větší počet těžkých kovů (Lochman et al., 1986).

I při zvýšených průtocích v nich voda neobsahovala vyšší koncentrace Cd, Cu, Cr, Mg, Mn, Ni, Pb a Zn, než připouští norma (ČSN 75 7111 – mezní a nejvyšší mezní hodnoty). Ani v jednom případě nebyl překročen ukazatel jakosti u Cl^- , F^- a SO_4^{2-} . Přípustná množství NO_3^- (15 mg.l^{-1}) a NH_4^+ ($0,5 \text{ mg.l}^{-1}$) překračovaly některé odběry vody na povodích Červíku A a Malé Ráztko. K nárůstu obsahu těchto látek docházelo při zvýšených průtocích zejména na povodích s obnovními těžbami (Červíku A a Malé Ráztko).

Při hodnocení vlivu porostních a imisních poměrů v povodí na chemismus odtékající vody vidíme, že vzorky odebrané v potoce na Malé Ráztko měly po celé sledované období vyšší průměrné koncentrace NO_3^- a vyšší pH než povodí Červíku A i B a obsahy SO_4^{2-} mezi koncentracemi vody z Červíku A a Červíku B. Vycházíme-li z poznání o pozitivním působení porostů listnáčů (především buku) oproti smrku na nižší koncentrace iontů H (vyšší pH), SO_4^{2-} a NO_3^- (Kreutzer et al., 1986; Rothe, 1997; Rothe et al., 1998; Ulrich et al., 1981), potom svědčí vyšší koncentrace NO_3^- a SO_4^{2-} ve vodě potoka na Malé Ráztko o vyšším potenciálním zatížení lesů imisemi (znečištěným ovzduším a exponovaností porostů) na tomto povodí. Porosty buku ovlivňují pozitivně bilanci dusíku v ekosystémech nejen nižším zachycováním sloučenin N v korunách, ale také jeho vyšší spotřebou. Další imisní látky ve vodách zdrojů jako SO_4^{2-} a F nemusejí zřetelně odrážet jejich depozici v porostech, protože v hlubších půdních horizontech vytvářejí reverzibilní sloučeniny s volnými sloučeninami Al (oxidy) a z nich se mohou při poklesu kyselého imisního zatížení opět uvolňovat do odtékající vody (Herrnstadt, 1995; Alewell, Matzner, 1993; Manderscheid et al., 1995).

Výsledky výzkumu na sledovaných povodích ukazují, že jejich ekosystémy působily na retenci látek přicházejících s depozicí, a tím zajišťovaly v odtékající vodě koncentrace iontů vyhovující požadavkům na pitnou vodu i v období urychlené obnovy porostů. Způsobil to především rychlý rozvoj paseční vegetace na mýcných plochách, která omezila vymývání bioprvků, zejména NO_3^- . Dočasné uvolňování sloučenin dusíku při rozkladu půdního organického materiálu na sečích po kalamitních těžbách porostů smrku v Bavorsku uvádějí Mellert et al. (1996). Následná vysoká nitrifikace vyvolala vedle vymývání NO_3^- i změny (snížení) pH půdního prostředí a snížení vymývání SO_4^{2-} odtékající vodou (tvorbou reverzibilních komplexních sloučenin SO_4^{2-} uvolňovaných s oxidy Al). Zvýšení koncentrací NO_3^- ve vodě odtékající z dílčích experimentálních povodí Hubbard Brook (USA) se smýcenými listnatými porosty, kde byly

ponechány zbytky po těžbě a půdami s mocným horizontem pokrývného humusu (O), trvalo až do vytvoření patra přízemní vegetace (Hornbeck et al., 1987). Zvýšení koncentrací NO_3^- ve vodě odtékající z povodí po holosečném mýcní porostů a stavbě komunikací (povodí Coweeta, USA) uvádějí Swank, Johnson (1994). Podle autorů na smýceném dílčím povodí Hubbard Brook ponechání biomasy po těžbě na seči způsobilo po několik let vedle zvýšeného vymývání N/ NO_3^- i ztráty K a Ca.

Porovnáme-li několikaleté šetření na povodích v Beskydech s výsledky získanými na některých jiných horských lesních povodích v ČR, vidíme, že ve vodě toků beskydských povodí jsou nalézány nižší koncentrace nitrátů než na povodí U vodárny v Jeseníkách a ve vodě potoka (přítoku Bělé) s povodím na svahu Šerlichu v Orlických horách, které jsou pokryty převážně smrkovými porosty. Jsou zde také nižší koncentrace NO_3^- než ve vodě pramene v Moldavu v Krušných horách, kde na povodí odrůstají náhradní porosty založené po imisních kalamitních těžbách smrku počátkem osmdesátých let. Koncentrace nitrátů na povodích v Beskydech odpovídají hodnotám zjišťovaným ve vodě potoka na povodí U lizu u Zdikova na Šumavě (Lochman et al., 1998).

ZÁVĚR

Z výsledků sledování látkového složení srážkové vody a vody v povrchových zdrojích (potocích), prováděného na povodích v Beskydech v letech 1981 až 1984 a 1991 až 1998, je patrný vliv charakteru lesních porostů (dřeviny, stáří) a exponovanosti jejich stanovišť na depozici imisních látek a také na chemismus vody odtékající z povodí. Příznivější (nižší) depozice byla zjišťována v porostech buku oproti porostům smrku.

Vysoké imisní zatížení lesních ekosystémů na počátku osmdesátých let se v devadesátých letech snížilo a projevuje se i v koncentracích sledovaných látek ve vodě toků.

Na kolísání koncentrací látek v povrchových zdrojích působí zvýšené a povodňové průtoky, spojené s přímým odtokem vody a erozí půdy. Na znečištění vody v tocích se negativně projevilo použití mechanizované těžební technologie. Dopady přivalových vln na erozi půdy jsou závislé na zpevnění jejího povrchu přízemní vegetací a na zrnitostním složení půd. Možnosti retence srážkové vody v lesích a ochrana krajiny před povodněmi je omezená hydrickými vlastnostmi půd a zvětralinového pláště. Vliv chemismu lesních půd má na látkové složení odtékající vody větší vliv při povrchovém (přímém) odtoku než při základním odtoku, kdy se více uplatňuje chemismus zvětralinového pláště. Možnosti retence N v ekosystémech s porosty dřevin se pohybují okolo $10 \text{ kg.ha}^{-1}.\text{rok}^{-1}$.

Opakované vápnění porostů (dolomitickým vápněcem) ovlivnilo zásobu Mg, Ca a pH v humusovém horizontu a v povrchových horizontech minerální půdy. Trvalé změny ve vodě potoků nebylo možné prokázat – stejně jako zvýšení koncentrací NO_3^- .

Je možné říci, že lesní ekosystémy na povodích Červíku A, Červíku B a Malé Ráztoky působily příznivě na látkové složení vody v povrchových zdrojích, takže i v době vysoké imisní zátěže (v první polovině osmdesátých let) nebyly u jednotlivých odběrů překračovány mezní hodnoty koncentrací hodnocených látek podle normy (ČSN 75 7111). U některých ukazatelů docházelo k překročení při vysokých a povodňových průtocích. Ani zvýšené roční těžby porostů, spojené s obnovou, podstatně neovlivnily chemismus odtékající vody. Způsobil to rychlý rozvoj paseční vegetace a výsadba nových porostů, a tím i udržení biologického koloběhu prvků. Voda na sledovaných povodích v Beskydech má z hlediska vodohospodářských zájmů příznivější složení než vody toků na dalších sledovaných horských povodích se zřetelným působením imisních spadů.

Literatura

- ALEWELL, C. – MATZNER, E., 1993. Reversibility of soil solution acidity and of sulfate retention in acid forest soils. *Wat., Air and Soil Pollut.*, 71: 155–165.
- BRUMME, R. – BEESE, F., 1992. Effect of liming and nitrogen fertilization on emissions of CO₂ and N₂O from temperate forest. *J. Geophys. Res.*, 97, 12851–12858.
- HADAŠ, P., 1998. Znečištění ovzduší SO₂ a celková potenciální depozice síry na území lesní oblasti Moravskoslezských Beskyd v r. 1996. Zpravodaj Beskydy, Brno, MZLU, 11: 15–18.
- HERRNSTADT, CH., 1995. Wechselwirkungen von Aluminium mit wasserlöslichen Bodeninhaltsstoffen. Göttingen, Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme, Reihe A, Bd. 127: 116.
- HORNBECK, J. W. – MARTIN, C. W. – PIERCE, R. S. – BORMANN, F. H. – LIKENS, G. E. – EATON, J. S., 1987. The Northern hardwood forest ecosystem: ten years of recovery from clearcutting. NE – RP – 596. Broomall, PA:US. Department of Agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station: 30.
- CHLEBEK, A. – JAŘABÁČ, M., 1987. Intercepcie lesních porostů v beskydských experimentálních povodích. *Práce VÚLHM*, 71: 193–228.
- CHLEBEK, A. – JAŘABÁČ, M., 1995a. 40 let lesnicko-hydrologického výzkumu v Beskydech 1953–1993. *Lesn. Prův.* 2/1995, Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 29, 30 tab., 60 grafů, 39 obr.
- CHLEBEK, A. – JAŘABÁČ, M., 1995b. Chemické složení vody v beskydských experimentálních povodích. Sbor. ze 3. konference Nadace Beskydy Ochrana vod a vodní hospodářství Beskyd. Ostrava: 43–49.
- CHLEBEK, A. – JAŘABÁČ, M., 1998. Vliv porostů lesních dřevin a jejich obnovy na vodní režim malých povodí (Červík, Malá Ráztoka, U vodárny). [Závěrečná zpráva.] Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 102.
- JAŘABÁČ, M. – CHLEBEK, A., 1983. Vliv lesního hospodářství na kvalitu vody v beskydských experimentálních povodích. *Lesnictví*, 29: 717–738.
- JAŘABÁČ, M. – CHLEBEK, A., 1984a. Eroze půdy vyvolané technologickými postupy na flyši. [Závěrečná zpráva.] Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 16, 13 tab., 27 obr.
- JAŘABÁČ, M. – CHLEBEK, A., 1984b. Vliv věku a zakmenění na redukci srážek v SmBk a BkSm stupni. [Závěrečná zpráva.] Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 49, 21 grafů, 6 obr.
- JAŘABÁČ, M. – CHLEBEK, A., 1987. Erosion of forest soil in experimental torrent basins in the Beskydy mountains. *Commun. Inst. For. Českoslov.*, 15: 7–27.
- KREUTZER, K. – DESCHU, E. – HÖSL, G., 1986. Vergleichende Untersuchungen über der Einfluss von Fichte (*Picea abies* [L.] Karst.) und Buche (*Fagus sylvatica* L.) auf Sickerwasserqualität. *Forstwiss. Cbl.*, 105: 364–371.
- LOCHMAN, V., 1993. Pollutant fall – out into forest ecosystems as related to changes in forest soils. *Lesnictví-Forestry*, 39: 58–72.
- LOCHMAN, V., 1996. Vliv imisních spadů do lesních ekosystémů u Moldavy v Krušných horách na chemismus vody odtékající do zdrojů. *Lesnictví-Forestry*, 42: 43–448.
- LOCHMAN, V., 1997. Vývoj zatížení lesních ekosystémů na povodí Pekelského potoka (objekt Želivka) a jeho vliv na změny v půdě a ve vodě povrchového zdroje. *Lesnictví-Forestry*, 43: 529–546.
- LOCHMAN, V. – JAŘABÁČ, M. – CHLEBEK, A., 1986. Působení lesních porostů a obnovních sečí na chemické složení vody odtékající do vodních zdrojů na výzkumných povodích v Beskydech. *Práce VÚLHM*, 68: 73–117.
- LOCHMAN, V. – CHLEBEK, A. – JAŘABÁČ, M., 1996. Změny chemismu půdy na výzkumných plochách povodí Červík a Malá Ráztoka. Zpravodaj Beskydy, Brno, MZLU, 8: 93–98.
- LOCHMAN, V. – CHLEBEK, A. – JAŘABÁČ, M. – ŠEBKOVÁ, V., 1998. Vliv lesních ekosystémů na chemismus vody odtékající do zdrojů. [Závěrečná zpráva.] Jiloviště-Strnady, VÚLHM: 51.
- LOCHMAN, V. – CHLEBEK, A. – JAŘABÁČ, M., 1999. Depozice imisních látek se srážkami a jejich ztráty odtokem vody na povodích Červíku a Malé Ráztoky v Beskydech. Zpravodaj Beskydy, Brno, MZLU, 12: 53–58.
- MANDERSCHIED, B. – MATZNER, E. – MEIWES, K. J. – XU, Y., 1995. Long-term development of element budgets in a Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.] forest of the German Solling area. *Wat., Air and Soil Pollut.*, 79: 3–18.
- MATZNER, E. – GROSHOLZ, C., 1997. Beziehung zwischen NO₃ Austrägen, C/N – Verhältnissen der Auflage und N – Einträgen in Fichtenwald (*Picea abies* [L.] Karst.) – Ökosystemen Mitteleuropas. *Forstwiss. Cbl.*, 116: 39–44.
- MATZNER, E. – MEIWES, K. J., 1994. Long-term development of element fluxes with bulk precipitation and throughfall in two German forests. *J. environ. Qual.*, 23: 162–166.
- MELLERT, K. H. – KÖLLING, C. – REHFUESS, K. E., 1996. Stoffauswaschung aus Fichtenwald-Ökosystemen Bayerns nach Sturmwurf. *Forstwiss. Cbl.*, 115: 363–377.
- MORAVČÍK, P., 1998. Atmosférická depozice a chemismus půdního roztoku na plochách třetí úrovně monitoringu v povodí nádrže Šance v Beskydech. Zpravodaj Beskydy, Brno, MZLU, 11: 19–26.

ROTHER, A., 1997. Einfluss des Baumartenanteils auf Durchwurzelung, Wasserhaushalt, Stoffhaushalt und Zuwachsleistung eines Fichten – Buchen – Mischbestandes am Standort Höglwald. Forstl. Forschungsber, München, Nr. 163: 213.

ROTHER, A. – KÖLLING, CH. – MORITZ, K., 1998. Waldbewirtschaftung und Grundwasserschutz. AFZ/Der Wald, 6: 291–295.

SWANK, W. T. – JOHNSON, C. E., 1994. Small catchment research in the evaluation and development of forest management practices. In: MOLDAN, B. – ČERNÝ, J. (eds.), Biogeochemistry of Small Catchments: A Tool for Environmental Research. Chichester, Wiley: 383–408.

ULRICH, B., 1983. Gefahren für Waldökosystemen durch saure Niederschläge. Immissionsbelastungen von Waldökosystemen. Sonderheft der Mitteilungen – Erweiterte Neuauflage 1983, Landesanstalt Ökologie, Landesentwicklung u. Forstplanung Nordrhein-Westfalen: 9–25.

ULRICH, B., 1993. 25 Jahre Ökosystem- und Waldschadensforschung im Solling. Forstarchiv, 64: 147–152.

ULRICH, B. – MAYER, R. – KHANNA, P. K., 1981. Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. Göttingen, Forstl. Fak. Univ., 58, 2. Aufgabe.

ČSN 75 7111 *Jakost vod – Pitná voda*; platí od 1. 1. 1991.

Došlo 10. 8. 1999

THE IMPACT OF FOREST STANDS IN THE BASINS OF ČERVÍK AND MALÁ RÁZTOKA ON THE CHEMISTRY OF SURFACE WATER SOURCES

V. Lochman¹, A. Chlebek², M. Jařabáč², V. Šebková¹

¹Forestry and Game Management Research Institute, 156 04 Jiloviřtř-Strnadý

²Forestry and Game Management Research Institute, Jiloviřtř-Strnadý, workplace Frýdek-Místek, H. D. Permon, 1758 Pionýřů Av., 738 01 Frýdek-Místek

Within the forested experimental basins of the Červík A, Červík B and Malá Ráztoka in the Moravian-Silesian Beskids region, established in 1953, besides hydrological research also analyses of water chemistry were carried out. The chemistry of precipitation water and surface water sources as measured in a spillway was analysed from November 1981 to February 1984 and from July 1991 to December 1998. In the basin of Červík A the adult spruce stands were felled in 90% and the area was reforested in 1982. Within the basin of Červík B only incidental felling in older stands was carried out. In the basin of Malá Ráztoka the regeneration of autochthonous beech stands by spruce represented 40% of the total area of the basin in 1982, and even 80% in 1998.

In 1981 to 1984 the precipitation water chemistry and depositions were studied at the top ridge localities and in the valley. The level of the fall-out was affected by the character of the stands and by exposition. The highest was the fall-out of protons (H^+) and S/SO_4^{2-} at the edge of the spruce stand in the basin of Červík B. High pollution level were also observed in the exposed beech stand in Malá Ráztoka.

During the period of 1992 to 1998, to compare with the eighties, mainly higher pH of the precipitation water (lower H^+ ion deposition), and recently also lower concentrations of SO_4^{2-} can be observed. Variable concentrations of the total nitrogen in precipitation water and variable fall-out are caused by changes in NH_4^+ concentrations.

In 1991 to 1998 the water chemistry in the creek was different in Červík A basin (young spruce stands) and

Červík B basin (older spruce stands). In Červík A the average pH concentrations were higher and the concentrations of Na, Mg, Zn, Mn, F^- , Cl^- , SO_4^{2-} , NO_3^- were slightly lower. However, in 1981 to 1984 the SO_4^{2-} concentrations were higher in Červík A, with prevailing reforested clear-cuts, than in Červík B basin.

When comparing the average concentrations of the elements measured in the creek water in Červík A, Červík B, and Malá Ráztoka in 1981 to 1984, and in 1991 to 1998, a significant decrease of Na, K, Mg, Cu, Fe, Cl^- , NO_3^- , and within the Červík A also of SO_4^{2-} can be observed, at the same time the average pH concentrations increased. At the exposed basin of Malá Ráztoka, with the original beech stands regenerated by spruce, the values of NO_3^- were higher than in Červík basin.

Fluctuations in concentrations of elements diluted in water of the creeks are affected by the water discharge (q , in $l \cdot sec^{-1}$). The concentration of Na, Mg, Ca, and SO_4^{2-} , and pH is lower during rainstorms, the organic matters (Cox), Al, Fe, and Mg are diluted at the same time. A significant concentration increase can be observed also in the NH_4^+ , on the contrary, the level of NO_3^- is decreasing. The decrease in nitrate concentrations can be observed even during the following weeks after the rainstorm. Water contamination with suspended sediments reflecting the soil erosion, depends on the intensity and volume of precipitation, and also on the soil structure and vegetation cover.

The forest ecosystems of the basins studied had a positive impact on a reduction in the contamination of runoff water with foreign elements even during the period

of high air pollution load (in the mid-eighties). The run-off water was of a good quality, fulfilling the standards of potable water, with the exclusion of high discharge with an increased concentration of Fe, Al, and NH_4^+ .

The retention of N in forested ecosystems is about $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$. In 1991 to 1998, in the Červík A basin

the average annual concentrations of NO_3^- in the creek water were about 0.69 to $2.38 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, in Červík B about 2.82 to $5.34 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, and in Malá Ráztoka even 4.49 to $6.47 \text{ mg} \cdot \text{l}^{-1}$, and they were still lower than the concentrations in water of other mountain creeks within the CR, showing significant air pollution impacts.

Kontaktní adresa:

Ing. Václav L o c h m a n , CSc., Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, 156 04 Jiloviště-Strnady, Česká republika

Změna publikačního jazyka ve vědeckých časopisech ČAZV

Předsednictvo České akademie zemědělských věd přijalo na zasedání dne 6. 4. 2000 usnesení, kde mj. doporučuje změnu publikačního jazyka ve vědeckých časopisech vydávaných pod gescí ČAZV. Předsednictvo navrhuje Vydavatelské radě ČAZV zavést angličtinu jako jediný jazyk ve všech vědeckých časopisech od 1. 1. 2001. Od 1. 7. 2000 bude redakce časopisu *Journal of Forest Science* přijímat příspěvky psané pouze v angličtině.

A change of publication language in Scientific Journals of the Czech Academy of Agricultural Sciences

At its session on the 6th April 2000, the Presidium of the Czech Academy of Agricultural Sciences adopted a resolution recommending, among other things, to change the publication language in scientific journals published under the Academy patronage. The Presidium proposes to the Publishing Board of the Academy to introduce English as the only language in all scientific journals from the 1st January 2001. So papers written exclusively in English will be accepted by the editor's office of the *Journal of Forest Science*.

EFFECT OF FERTILIZING ON THE PRODUCTION AND HEALTH OF POPLAR I-214 (*POPULUS X EUROAMERICANA* [DODE] GUINIER CV. I-214) IN INTENSIVE PLANTATIONS

VPLYV HNOJENIA NA PRODUKCIU A ZDRAVOTNÝ STAV TOPOĽA I-214 (*POPULUS X EUROAMERICANA* [DODE] GUINIER CV. I-214) PRI PESTOVANÍ V INTENZÍVNYCH KULTÚRACH

Š. Kohán

Forestry Research Institute, Research Station, Čárskeho 3, 040 01 Košice

ABSTRACT: The paper presents results of research on additional fertilizing of the poplar I-214 in intensive plantations on a 25-year series of permanent research plots Leles, which were established at spacings 4x4 m and 5x5 m. Research plots are situated on medium-heavy noninundated alluvia of the Latorica river, in the forest type group *Ulmeto-Fraxinetum carpineum*. Complex commercial fertilizer NPK with 36% content of pure mineral nutrients was applied to one part of research plots while the other part was left without treatment. The results demonstrated positive effects of fertilizing on height and diameter growth as well as on volume production of the poplar. Average volume increment increased by 20.4–25.5% and the health of poplar I-214 was improved as a result of fertilizing under the given site conditions.

poplar I-214; additional fertilizing; growth and volume production; health state; Východoslovenská nížina lowland

ABSTRAKT: V práci sú hodnotené výsledky výskumu prihnojovania topoľa I-214 pestovaného intenzívnym spôsobom na 25-ročnej sérii trvalých výskumných plôch Leles, ktorá bola založená v sponoch 4 x 4 m a 5 x 5 m. Výskumná plocha leží na stredne ťažkých nezaplavovaných alúviách Latorice, v skupine lesných typov *Ulmeto-Fraxinetum carpineum*. Časť výskumných plôch bola prihnojovaná komplexným priemyselným hnojivom NPK s 36% obsahom čistých minerálnych živín, kým druhá časť ostala neprihnojovaná. Výsledky hodnotenia ukázali, že hnojenie pozitívne vplývalo tak na výškový a hrúbkový rast, ako aj na objemovú produkciu sledovaného topoľa. V daných stanovištných podmienkach sa prihnojovaním zvýšil priemerný objemový prírastok o 20,4–25,5 % a súčasne sa zlepšil aj zdravotný stav topoľa I-214.

topoľ I-214; prihnojovanie; rast a objemová produkcia; zdravotný stav; Východoslovenská nížina

INTRODUCTION

Forest managers of intensive plantations of selected poplars have recently been concerned with additional fertilizing, mainly with commercial fertilizers. The poplar requirements for nutrients, particularly for nitrogen, phosphorus and potassium, are high. They must be supplied to soil in form of commercial fertilizers in the case of their deficit. Foreign experience shows that fertilizing can not only increase wood production of poplar stands but also improve poplar health. Fertilizing can also increase filtration efficiency of poplars; it is crucial for improvement of the environmental conditions in lowland areas of Slovakia.

Results of research conducted in Italy, France, Netherlands, Germany, Hungary, Poland, Czech Republic and

other countries made it possible to evaluate the effectiveness of additional fertilizing of poplars and to determine suitable combinations of commercial fertilizers. It is possible to state from these results that nitrogen is the most important element for poplar fertilizing, but if combined with potassium and phosphorus, its effect substantially increases. Applications of a suitable combination of NPK fertilizers increased wood production of poplars by 10–50% in dependence on site conditions. The poorer in nutrients the soil, the higher the efficiency of additional fertilizing of poplars (Mottl, Špalek, 1961; Leroy, 1969; Fritsche, 1965; van der Meiden, 1965; B u r a, 1967; Hubert, 1967; Beghe, 1968; Viart, 1972; Pántos, 1973; Barneoud, 1974; Denev, 1975; Hejmanowski, 1975; Gyarmatiné, 1977; Keresztesi et al., 1978; Halupa, Simon,

1985; Halupa, Tóth, 1988, etc.). These problems were also studied by Krébes, Orgoň (1963) and Kohán (1993) in the natural conditions of Slovakia. The results of their evaluation show that poplars are adaptable to some extent as for the nutrient need, but their increments considerably decrease below a definite minimum level. Therefore deficient nutrients must be supplied by fertilizing.

MATERIAL AND METHODS

The evaluated series of research plots Leles was established in the spring season 1972 on lands with all-area mechanical soil preparation where one-year plants of poplar I-214 were set out. It consists of two subplots with spacings 4x4 m and 5x5 m. The size of (un)fertilized plots is 20x50 m, i.e. 0.10 ha, for both spacings. All-area soil cultivation by disking was performed on both plots. Both plots were divided into two subplots in the 3rd year: poplars on one subplot received individual additional fertilizing before vegetation onset until the 11th year of age while the other subplot remained without fertilizing. Complex NPK fertilizer with 36% content of pure mineral nutrients was used. At first, i.e. in the third and fifth years, one poplar-tree was applied 0.50 kg of commercial fertilizer, later on, in the last three treatments, the application rate was increased to 1 kg.

A geometric thinning was carried out on the plots at the end of the 10th year, when every second row of poplars in the diagonal was cut down, i.e. 50% of the tree number. The initial spacing of 4x4 m increased to 5.6x5.6 m as a result of this measure, per-hectare tree number was reduced from 625 to 312 and the growing space per tree increased from 16 m² to 32 m². On the other hand, the initial spacing of 5x5 m was enlarged to 7.1x7.1 m, tree number decreased from 400 individuals per hectare to 200 while the growing space per tree increased from the initial 25 m² to 50 m².

Biometric measurements of all trees were carried out to the nearest of 0.5 m in tree height and to the nearest of 0.5 cm in stem diameter. The last measurement and evaluation were made at the end of the 25th year, that means at rotation age. Data processing was aimed to calculate mean height and mean diameter, basal area, standing volume, removals volume and total volume production per hectare, and average increments. In addition, distribution of frequency, standing volume and basal area in diameter classes was determined. The volume of large timber was calculated from K o r s u ň ' s (1967) volume tables. Evaluation of the health state was focused on the incidence of the most important pests or diseases shown in Table III. The incidence rate was evaluated by degrees 0-4 (0 - no signs of attack/infection, 1 - scarce incidence [maximally 5% of trees are attacked/infected], 2 - low incidence [up to 20% of trees], 3 - frequent incidence [up to 50% of trees], 4 - high incidence on all trees while they should be cut down [100% of attacked/infected trees]).

As observations on this research plot, where the stands have reached rotation age, are of permanent nature, the results of this evaluation will be extremely important for intensive management of poplars under practical conditions in the lowland areas of Slovakia.

RESULTS AND DISCUSSION

The evaluated series of research plots Leles is situated in the lowland area of Východoslovenská nížina on nonundated alluvia of the Latorica river, in Trebišov district. The landlord is the Premonstratensian Order - Jasov Abbey. The whole area lies in the Bodrog watershed. The geological substratum consists of alluvial sediments. The climate of this area is warm, slightly arid, with cold winter and long sunshine hours.

Long-term average air temperature recorded at Somotor meteorological station is 9.4 °C, and 16.5 °C in the growing season. The growing season lasts about 200-220 days. Average number of summer days is 67.2. Average annual sunshine hours amount to 1,916, so selected poplars needing warm conditions can be grown with success. Average annual precipitation sum is 597 mm, of this amount 363 mm falls on the growing season. Annual evaporation from soil is 550-600 mm. Northern winds are prevailing, 41% on annual average.

The soil type is deep brown gley soil of medium-heavy texture, loamy, medium-rich in humus, with good moisture-retention capacity. Soil reaction is slightly acidic. The content of major available nutrients is somewhat lower within the profile, mainly of MgO, P₂O₅, K₂O. The groundwater level in the growing season is at a depth of 3.0 to 4.0 m. In terms of typology, this series of research plots is classified to the forest type group *Ulmeto-Fraxinetum carpineum*. The forest type is humid elm-ash stand with hornbeam (No. 951).

Evaluation of natural conditions indicates that climatic conditions in the area of these research plots are suitable for plantations of selected poplars. The series of research plots represents relatively arid sites that account for about 36% of the total area of forest lands in the Východoslovenská nížina lowland. So it will be possible to apply the results of evaluation to a relatively vast territory.

Table I shows data on height and diameter growth, basal area and volume production as well as on average per-hectare increments on the plots under observation, in absolute values and in per cent. Comparisons are made under an assumption that the respective values of poplar I-214 on unfertilized subplots are considered as 100%.

Maximum mean height of the poplar on fertilized and unfertilized subplots was determined at the initial spacing 5x5 m, which was enlarged to 7.1x7.1 m as a result of thinnings. Mean height on unfertilized subplot was 32.1 m while it was 34.0 m on fertilized subplot; it is an improvement of height growth due to fertilizing by 5.1%. Similarly, poplars at the initial spacing 4x4 m (enlarged

Subplot		I		II	
Initial spacing	(m)	4.0 x 4.0		5.0 x 5.0	
Current spacing	(m)	5.6 x 5.6		7.1 x 7.1	
Fertilizing variants		Unfertilized	Fertilized	Unfertilized	Fertilized
Mean height	(m)	31.6	33.7	32.1	34.0
	(%)	100.0	106.6	100.0	105.9
Average height increment	(m)	1.3	1.4	1.3	1.4
Mean diameter	(cm)	40.1	42.6	43.2	46.3
	(%)	100.0	106.2	100.0	107.2
Average diameter increment	(cm)	1.6	1.7	1.7	1.9
Basal area	(m ² .ha ⁻¹)	39.967	44.210	31.800	35.820
	(%)	100.0	110.6	100.0	112.6
Average basal area increment	(m ² .ha ⁻¹)	1.598	1.768	1.272	1.432
Mean stem basal area	(m ²)	0.128	0.142	0.154	0.179
	(%)	100.0	110.6	100.0	112.6
Standing volume	(m ³ .ha ⁻¹)	534.5	632.7	412.8	523.4
	(%)	100.0	118.4	100.0	126.7
Removals volume	(m ³ .ha ⁻¹)	86.6	115.3	67.6	80.0
	(%)	100.0	133.1	100.0	119.5
Total volume production	(m ³ .ha ⁻¹)	621.1	748.0	480.4	604.2
	(%)	100.0	120.4	100.0	125.5
Average volume increment	(m ³ .ha ⁻¹)	24.8	29.9	19.2	24.1
Mean stem volume	(m ³)	1.713	2.028	2.061	2.617
	(%)	100.0	118.4	100.0	126.8

by thinnings to the spacing 5.6x5.6 m) had faster height growth on fertilized subplot where the mean height was 33.7 m, i.e. by 6.6% more than on unfertilized subplot with 31.6 m. The evaluation documents positive effects of fertilizing on the height growth of poplar I-214.

The effect of fertilizing on diameter growth in this poplar was substantially higher. Maximum mean diameter of poplar I-214 was determined on fertilized and unfertilized subplots at a relatively wider initial spacing of 5x5 m. Mean diameter on unfertilized subplot was 43.2 cm while on fertilized subplot it was 46.3 cm. Smaller mean diameter was calculated for the smaller initial spacing of 4x4 m: 40.1 and 42.6 cm on unfertilized and fertilized plot, respectively. The percentage increase in mean diameter as a result of fertilizing ranged from 6.2% (4x4m spacing) to 7.2% (5x5m spacing). Evaluation of average annual diameter increment on the particular plots yielded similar results. These results are remarkable because the sites are relatively arid where application of intensive cultural technologies is of great importance. Basal area was also positively influenced by fertilizing: an increase by 10.6% at the initial spacing 4x4 m and by 12.6% at a spacing of 5x5m.

The results of this evaluation demonstrate that the effect of fertilizing on standing volume and removals volume as well as on the total volume production of poplar I-214 was also positive. It is to state that maximum standing volume amounted to 632.7 m³ per hectare on fertilized subplot at 4x4m spacing while it was lower at 5x5m spacing – 523.4 m³. The rate of an increase in standing volume on fertilized plots in comparison with unfertilized plots ranged from 18.4% (4x4m spacing) to 26.7% (5x5m spacing). Total volume production at 4x4m spacing was 748.0 m³ per hectare as a result of fertilizing while at 5x5m spacing it was 604.2 m³ per ha. Hence the percentage difference in total volume production caused by fertilizing was large, from 20.4% (4x4m spacing) to 25.5% (5x5m spacing). Average volume increment on fertilized subplot was highest at 4x4m spacing, 29.9 m³ per ha, while it was lower at 5x5m spacing amounting to 24.1 m³ per ha. Mean stem volume was also evaluated on the particular subplots. The results of evaluation indicate that maximum mean stem volume at 5x5m spacing was 2.061 m³ on unfertilized subplot and 2.627 m³ per ha on fertilized subplot. The positive effect of fertilizing was most obvious at 5x5m spacing where

an increase in mean stem volume against unfertilized subplot amounted to 26.8%.

To describe the effect of fertilizing and spacings on the overall development of forest stand in a complex manner, percentage distribution of frequency, standing volume and basal area in the diameter classes was determined. The results are shown in Table II. They docu-

dence (degree of attack – 2) of these pests was observed on unfertilized plots at both spacings: *Dothichiza populea* Sacc. et Briard., *Micrococcus populi* Dell. and *Marssonina brunnea* Ell. et Ev. In addition to the above species, the pests *Melampsora* (sp.) and *Saperda carcharias* L. were recorded on unfertilized subplot at 4x4m spacing (low incidence). The results of health

II. Distribution of frequency, standing volume and basal area of the poplar I-214 in diameter classes at 25 years of age (%)

Diameter classes (cm)	Distribution of frequency				Distribution of standing volume				Distribution of basal area			
	Initial spacing (m)											
	4.0 x 4.0		5.0 x 5.0		4.0 x 4.0		5.0 x 5.0		4.0 x 4.0		5.0 x 5.0	
	Current spacing (m)											
	5.6 x 5.6		7.1 x 7.1		5.6 x 5.6		7.1 x 7.1		5.6 x 5.6		7.1 x 7.1	
	Fertilizing variant											
	Unfertilized	Fertilized	Unfertilized	Fertilized	Unfertilized	Fertilized	Unfertilized	Fertilized	Unfertilized	Fertilized	Unfertilized	Fertilized
30.0–31.9	5.6	–	–	–	2.9	–	–	–	3.0	–	–	–
32.0–33.9	5.6	–	12.5	–	3.4	–	5.4	–	3.6	–	5.7	–
34.0–35.9	2.8	8.3	12.5	–	1.9	5.7	6.6	–	2.0	5.6	6.5	–
36.0–37.9	13.8	5.6	8.3	–	11.4	4.2	5.1	–	11.3	4.2	4.9	–
38.0–39.9	11.1	13.9	4.2	8.2	9.9	12.0	3.2	4.8	9.8	11.7	3.1	4.9
40.0–41.9	11.1	33.3	4.2	16.7	10.8	31.6	3.4	10.7	11.2	31.5	3.4	10.7
42.0–43.9	27.7	5.6	4.2	4.2	30.5	5.6	3.9	2.9	30.4	5.7	3.7	2.9
44.0–45.9	11.1	8.3	–	4.2	13.3	9.1	–	3.6	13.2	9.2	–	3.6
46.0–47.9	5.6	13.9	8.3	16.7	7.4	16.6	9.2	15.6	7.3	16.9	9.0	15.7
48.0–49.9	2.8	8.3	12.5	8.3	4.0	11.2	14.5	8.6	3.9	11.1	14.8	8.6
50.0–51.9	2.8	2.8	8.3	4.2	4.5	4.0	10.8	4.6	4.3	4.1	10.7	4.6
52.0–53.9	–	–	8.3	12.5	–	–	11.1	14.9	–	–	11.5	14.8
54.0–55.9	–	–	4.2	4.2	–	–	6.2	5.0	–	–	6.2	4.9
56.0–57.9	–	–	12.5	12.5	–	–	20.6	17.0	–	–	20.5	17.1
58.0–59.9	–	–	–	8.3	–	–	–	12.3	–	–	–	12.2
Total	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

ment that as a result of fertilizing the poplars were concentrated in higher diameter classes with relatively smaller amplitude but the wider spacing 5x5 m seems to be a highly significant positive factor. The poplars are distributed in larger-diameter classes on subplots with wider spacing 5x5 m than in the case of 4x4m spacing; these classes also represent homogeneous material and provide more valuable timber assortments.

Table III informs about the health state of the given poplar according to the incidence of major pests. Data in this table show that poplar I-214 was more resistant to the monitored pests on fertilized subplots at both spacings. Except *Cossus cossus* L., which was not present on fertilized subplots at all, scarce incidence (degree of attack – 1) of the monitored pests was determined at both spacings under fertilizing. On the contrary, low inci-

state evaluation demonstrated positive effects of fertilizing on the health of poplar I-214.

Evaluation of the results of poplar I-214 fertilizing in Slovakia and in other countries documents less favorable natural conditions, namely the climatic ones, for poplar plantations in this country. But additional fertilizing of the given poplar was a beneficial measure also in the conditions of Slovakia. It was demonstrated by an increase in total volume production by 20.4–25.5% per hectare on this research plot as a result of fertilizing and by improvement of the health state. The increase achieved on plots with similar soil conditions in Hungary was 26.7% on average. Taking into account the less favorable climatic conditions for poplar I-214 in Slovakia than in Hungary, our results can be considered as satisfactory. Improvement of the health state can also be evaluated as a benefit of poplar fertilizing.

Subplot	I		II	
Initial spacing (m)	4.0 x 4.0		5.0 x 5.0	
Current spacing (m)	5.6 x 5.6		7.1 x 7.1	
Fertilizing variant	Unfertilized	Fertilized	Unfertilized	Fertilized
Pest names:	Degree of attack/infection:			
<i>Erwinia cancerogena</i> Uroš.	1	1	1	1
<i>Dothichiza populea</i> Sacc. et Briard.	2	1	2	1
<i>Micrococcus populii</i> Dell.	2	1	2	1
<i>Marssonina brunnea</i> Ell. et Ev.	2	1	2	1
<i>Melampsora</i> (sp.)	2	1	1	1
<i>Aegeria apiformis</i> Cl.	1	1	1	1
<i>Saperda carcharias</i> L.	2	1	1	1
<i>Cossus cossus</i> L.	1	0	1	0
Overall health evaluation	13	7	11	7

CONCLUSION

The effect of fertilizing on the growth and production of poplar I-214 was evaluated in intensive plantations on a 25-year series of permanent research plot Leles, which is situated on medium-heavy nonundated alluvia of the Latorica river, in the forest type group *Ulmeto-Fraxinetum carpineum*. The research plot consists of two subplots with spacings 4x4 m and 5x5 m. Fertilizing was carried out on 50% of subplots in two-year intervals from 3rd to 11th year; complex NPK fertilizer with 36% content of pure mineral nutrients was applied. The results of evaluation demonstrate positive effects of fertilizing on height and diameter growth as well as on volume production of the given poplar. It was also confirmed that fertilizing influenced distribution of frequency, standing volume and basal area in higher diameter classes very positively; it was possible to produce timber of larger diameter, that means more valuable assortments. In addition, fertilizing contributed to improvement of the poplar I-214 health.

References

- BARNEOUD, C., 1974. La fertilisation en Populiculture. Paris, AFOCEL: 93-110.
- BEGHE, A., 1968. La concimazione del pioppo. Pioppicoltura e Arboricoltura da Legno, 11, 1/2: 5.
- BURA, D., 1967. Plantažno gajenje topola u Jugoslaviji. Topola, 11, 1/2: 61-64: 15-32.
- DENEV, D., 1975. Za vazraščаемоста na hranitelните елементи v počvata pri listopada v mladi topolovi kulturi. Gorsko Stop., 31, 1/2: 13-17.
- FRITSCH, K., 1965. Hinweise zur Pappeldüngung. Sozial. Forstwirtschaft., 15: 112-114.
- GYAMARTINÉ, P. S., 1977. Nyárállományok trágyázása. Az Erdő, 26: 205-208.
- HALUPA, L. - SIMON, M., 1985. Az I-214 nyár. Budapest, Akadémiai Kiadó: 132.
- HALUPA, L. - TÓTH, B., 1988. A nyár termesztése és hasznosítása. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó: 274.
- HEJMANOWSKI, S., 1975. Uprawa topoli. Warszawa, PWRIL: 351.
- HUBERT, M., 1967. Le travail du sol en populiculture. Bull. Vulg. for., 74: 19.
- KERESZTESI, B. et al., 1978. A nyárak és a fűzek termesztése. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó: 374.
- KOHÁN, Š., 1993. Obhospodarovanie intenzívnych porastov mäkkých listnatých drevín a agáta (Management of intensive stands of soft-wooded broadleaves and locust-tree). [Záverčná správa.] Zvolen, LVÚ: 52.
- KORSUŇ, F., 1967. Hmotové a porostní tabulky pro topol (Tree weight and stand tables for poplar). Lesn. Čas., 13: 977-992.
- KRÉBES, G. - ORGOŇ, J., 1963. Skúsenosti s pestovaním topoľov (Experience of poplar management). Bratislava, SVPL: 214.
- LEROY, P., 1969. La fertilisation du peuplier. Rev. for. franç., 21: 163-182.
- MEIDEN van der, N. A., 1965. Fumure potassique du peuplier. La Forst privés, 53: 109-111.
- MOTTL, J. - ŠPALEK, V., 1961. Pěstujeme topoly (Poplar Cultivation). Praha, SZN: 285.
- PÁNTOS, G., 1973. Az intenzív nyárfatermesztés tápanyagszükségletének vizsgálata. Budapest, ERTI: 88-91.
- VIART, M., 1972. État actuel et tendances de la populiculture française. Rev. for. franç., 24: 83-97.

Received 19 July 1999

VPLYV HNOJENIA NA PRODUKCIU A ZDRAVOTNÝ STAV TOPOĽA I-214 (*POPULUS X EURO-AMERICANA* [DODE] GUINIER CV. I-214) PRI PESTOVANÍ V INTENZÍVNYCH KULTÚRACH

Š. Kohán

Lesnícky výskumný ústav, Výskumná stanica, Čárskeho 3, 040 01 Košice

V práci sa hodnotí vplyv hnojenia na výškový a hrúbkový rast ako aj na objemovú produkciu a zdravotný stav topoľa I-214 pestovaného intenzívnym spôsobom na 25-ročnej sérii trvalých výskumných plôch Leles. Sériá výskumných plôch leží na stredne ťažkých hlinitých nezaplavovaných alúviách Latorice v oblasti Východoslovenskej nížiny. Typologicky patrí do hospodárskeho súboru lesných typov hrabových lužných jasenín, ktorý tu reprezentuje skupina lesných typov *Ulmeto-Fraxinetum carpineum*, kým lesným typom je vlhká brestová jasenina s hrabom. Táto séria výskumných plôch pozostáva z dvoch čiastkových výskumných plôch, ktoré sú v príslušných tabuľkách označené číslami I a II. Na čiastkovej výskumnej ploche I sa topole vysadili v sponke 4 x 4 m, kým na čiastkovej výskumnej ploche II v sponke 5 x 5 m. Na polovici obidvoch čiastkových plôch sa od tretieho do jedenásteho roka vykonalo v dvojročných intervaloch hnojenie, a to komplexným priemyselným hnojivom NPK s 36% obsahom čistých minerálnych živín. Okrem toho sa na obidvoch čiastkových výskumných plochách uskutočnil v desiatom roku jeden schematický prebierkový zásah, pri ktorom sa odstránil každý druhý rad topoľov v diagonále, čiže 50 % jedincov.

Údaje o raste, objemovej produkcii, o rozdelení počtosti, zásoby a kruhovej základni ako aj o zdravotnom stave sledovaného topoľa I-214 na jednotlivých čiastkových výskumných plochách sa uvádzajú v tabuľkách. Z tab. I vyplýva, že hnojenie malo kladný vplyv tak na výškový a hrúbkový rast, ako aj na kruhovú základňu a objemovú produkciu pri obidvoch použitých sponoch.

Intenzita zvýšenia zásob sa na hnojených plochách v porovnaní s nehnojenými plochami pohybuje v rozpätí od 18,4 % (pri sponke 4 x 4 m) do 26,7 % (pri sponke 5 x 5 m). Percentuálny rozdiel v celkovej objemovej produkcii bol vplyvom hnojenia tiež značný s hodnotami od 20,4 % (pri sponke 4 x 4 m) do 25,5 % (pri sponke 5 x 5 m). Aj priemerný objemový prírastok na hnojenej časti bol najväčší pri sponke 4 x 4 m, a to 29,9 m³ na hektár, kým pri sponke 5 x 5 m dosiahol 24,1 m³ na hektár. Z výsledkov hodnotenia tiež vyplýva, že maximálny objem stredného kmeňa sa dosiahol na ploche so sponom 5 x 5 m, a to na nehnojenej časti 2,061 m³, kým na hnojenej časti 2,627 m³ na hektár.

Percentuálne rozdelenie počtosti, zásoby a kruhovej základne v jednotlivých hrúbkových stupňoch sa uvádza v tab. II. Z nej vyplýva, že sa topole v dôsledku hnojenia koncentrovali vo vyšších hrúbkových stupňoch s pomerne menšou amplitúdou. Na prihnojených častiach jednotlivých plôch sú topole koncentrované v silnejších hrúbkových stupňoch, ktoré súčasne reprezentujú homogénnejší materiál a poskytujú cennejšie sortimenty.

O zdravotnom stave sledovaného topoľa podľa významných škodcov informuje tab. III. Je z nej zrejmé, že topoľ I-214 bol voči sledovaným škodcom odolnejší na prihnojovaných čiastkových plochách. Táto skutočnosť dokazuje, že hnojenie v daných podmienkach pozitívne vplyva aj na zdravotný stav sledovaného topoľa I-214.

Z výsledkov našich výskumov vyplýva, že hnojením možno zvýšiť rast a objemovú produkciu a súčasne zlepšiť aj zdravotný stav topoľa I-214 v zmenených ekologických podmienkach Východoslovenskej nížiny.

Contact Address:

Ing. Štefan Kohán, CSc., Lesnícky výskumný ústav, Výskumná stanica, Čárskeho 3, 040 01 Košice, Slovenská republika

IMPORTANCE OF THE MAIN NON-TIMBER FOREST PRODUCTS IN THE CZECH REPUBLIC IN 1998

VÝZNAM HLAVNÍCH NEDŘEVNÍCH PRODUKTŮ LESA V ČESKÉ REPUBLICĚ V ROCE 1998

L. Šišák

Czech University of Agriculture, Faculty of Forestry, 165 21 Praha-Suchdol

ABSTRACT: The work follows up with the previous research projects developed from 1993, when a more systematic research on evaluation of socio-economic importance of non-wood forest production in the Czech Republic (CR) began. The research in 1998 stemmed from a questionnaire survey based on interviews with a representative sample of the Czech population in co-operation with the Institute for Public Opinion Research in Prague. Out of 1,200 questionnaires sent, the response was 85.7%. The results show, for example, an average household spent 422 CZK·year⁻¹ for purchase of ornamental parts of trees and Christmas trees, which equals a value of 1,600 million CZK in the CR. On average 10.05 kg of forest berries were collected by one average household, which equals 38,400 t in the CZR and 2,900 million CZK. The values are significant with regard to the GNP in forestry amounting to 8,600 million CZK. Compared to the period 1994–1998 the year was an average one.

non-timber forest products; forest berries; socio-economic importance; forest frequentation; Czech Republic

ABSTRAKT: Práce navazuje na předchozí výzkumné úkoly a publikace řešené a zpracovávané od r. 1993, od kterého dochází v ČR k systematictějšímu výzkumu hodnocení sociálně-ekonomického významu nedřevní produkce lesa. Výzkum v r. 1998 vycházel z dotazníkového šetření na bázi řízených rozhovorů v reprezentativním souboru obyvatel ČR ve spolupráci s Institutem pro výzkum veřejného mínění Praha. Z 1 200 dotazníků byla návratnost 85,7 %. Z výsledků lze např. uvést, že na nákup okrasných či užitkových lesních produktů věnovala průměrná domácnost 422 Kč·rok⁻¹, což odpovídá hodnotě 1,6 mld. Kč v ČR, sbíralo se v průměru 10,05 kg hlavních lesních plodin na domácnost, což odpovídá množství 38,4 tis. t v ČR a hodnotě 2,9 mld. Kč. Vzhledem k hodnotě HDP v lesnictví na úrovni 8,6 mld. Kč jsou uvedené hodnoty významné. Ve srovnání s obdobím 1994–1998 jde o rok průměrný.

nedřevní produkce lesa; lesní plodiny; sociálně-ekonomický význam; návštěvnost lesů; Česká republika

INTRODUCTION

More systematic research related to an important task to evaluate the socio-economic importance of non-wood forest products and forest frequentation began in 1993. The research in 1998 followed up with previous research projects and publications (Šišák et al., 1996, 1997; Šišák, 1997). The social and economic importance of non-wood forest products has already been mapped basically in the Czech Republic (CR).

The research in 1998 was pursued in order to get basic input information to express the importance of major non-timber forest products (NTFPs) in 1998. Contrary to previous years not only non-wood forest products (es-

pecially berries and mushrooms) were investigated but also ornamental (decorative) parts of trees in 1998.

The term „non-timber forest products“ (NTFPs) – presented in this article – means not only products out of wood (for example: forest berries and mushrooms) but also parts of trees used for other than building and structural purposes (as decorative things). The concerned products include forest berries, mushrooms and decorative (ornamental) parts of trees. In many forest types and in many forest stands the value of annual production if only of one product kind (like blackberries) is considerably higher at present than the average annual timber increment expressed in market prices. By and large, this is a certain alternative production to the agricultural production.

MATERIAL AND METHODS

A sociological survey, performed in 1998, was aimed at investigation of the level of NTFPs collection by the population of the CR. Like in previous years, mushrooms without species specification, bilberry (*Vaccinium myrtillus* L.), raspberry (*Rubus idaeus* L.), blackberry (*Rubus fruticosus* L.), elderberry (*Sambucus nigra* L.) and cranberry (*Vaccinium vitis-idaea* L.) were included into the surveyed NTFPs set in 1998. Apart from this, the value of the purchase of ornamental parts of trees and Christmas trees by Czech consumers was investigated for the first time.

The work stems from sociological surveys of representative samples of inhabitants of the CR – personal interviews about forest frequentation, volume of purchased decorative forest products, about sorts, quantity and quality of collected products and their use including basic demographic data. The respondents were asked to give average values for several past years. Nevertheless, their responses are influenced above all by the immediate experience from the current season, i.e. from the year 1998.

For the research purposes the questions were formulated and presented to a representative sample of respondents within a framework of so called continually performed surveys. The survey was carried out in September in order to maintain the continuity and compatibility of survey conditions with comparable surveys performed in the past years.

Because of our own limited capacities to carry out personal interviews in adequate scope and in order to achieve the highest objectivity of the sample addressed the data were collected by the professional inquiry network of the Institute for Public Opinion Research in

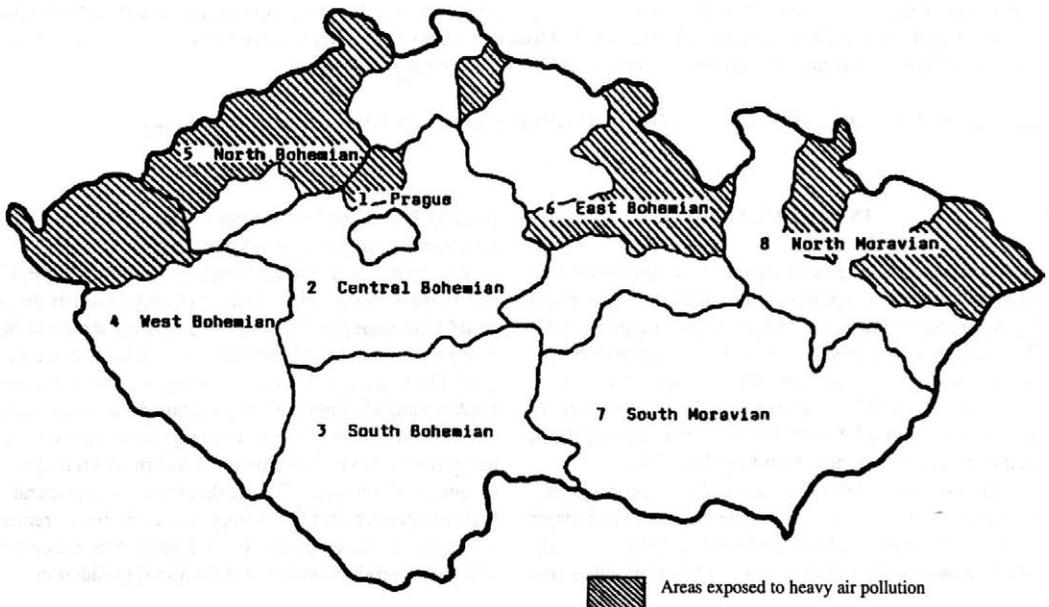
Prague (IVVM) within their continual surveys. The IVVM network of professional inquirers is spread systematically all over the country based on administrative districts representing basic statistical units. The basic processing of the data was performed by the IVVM, too.

The set of respondents was composed on the basis of so called quota selection, i.e. according to the main demographic features of the population in the CR. In this case the following features were considered: sex, age, education, occupation, size of residential village or town, region, living standard and a specific indicator of air pollution load. The structure of the representative sample corresponded with the structure of the Czech population.

A selection plan for 1,200 questionnaires (the inquired) was composed according to the quota selection. Personal interviews were performed by professional inquirers in accordance with the selection plan (quota selection) for individual administrative districts. 1,028 filled questionnaires out of 1,200 returned back for further processing, the response rate was 85.7%.

The responses were sorted by the basic demographic features, i.e. by regions, size of the residential village or town, sex, occupation, and living standard of the respondents. Moreover, the responses were classified by the air pollution load.

For the purpose of the sociological questionnaire survey in the representative sample of the population, the territory of the CR was divided by districts into areas with considerably higher air pollution damage of forests and other territories. The division of the CR into individual regions and into parts considerably affected by air pollution is shown in Fig. 1. The questionnaire survey in the representative sample of the Czech population provided by the IVVM does not allow differentiation by



1. Regions of the Czech Republic and areas exposed to heavy air pollution

smaller organisational units than districts. The classification criterion for differentiation of the territory was 60% share of air pollution load zones A, B, C in the forest land of the district. After proper data from Lesprojekt (Institute for Forest Management) were analysed, 20 districts were included into the territory of significantly higher air pollution load of forests, the pollution characteristics being acquired from The Environment Yearbook, 1992 and Statistical Yearbooks of the Czech Republic. The territory represents 25% of forest land and 29% of Czech population.

RESULTS

The results processed primarily by the IVVM including basic statistics were analysed and processed further on. A detailed report on the methodologies and results are presented in the research report by Šišák, Pulkrab (1998). The fundamental results from the research report were summarized into the following tables and commentaries. In order to compare the following financial indicators of NTFP it is necessary to present basic financial indicators related to timber production. The volume of GDP, based on timber production created in the Forestry Sector, reached 8,700 mil. Czech Crowns (CZK) in 1997 (Anonymous, 1998), 13.5 mil. m³ of timber was harvested (one of the highest year cuts in the CR). The average stumpage price was 800 CZK.m⁻³ according to data provided by the Ministry of Agriculture of the Czech Republic in 1997.

PURCHASE OF ORNAMENTAL PARTS OF TREES AND CHRISTMAS TREES

Table I presents household expenses spent in average per year for the purchase of Christmas trees and ornamental parts of trees. It can be seen that 31% of households within the given set did not spend any money. The average per set is 422 CZK.year⁻¹. If this value is applied to the whole CR, then with 3.827 million households (see the Statistical Yearbook of the CR) the volume of purchased forest products reaches 1,615 million CZK. This question was analysed for the first time; there is no comparison with previous years.

Table II provides a detailed view into differences in expenses by selected demographic features. The more significant are those characterising households by the territory and the size of the residential village or town. We can see most money is spent on the presented pur-

poses by the inhabitants of Prague and North Bohemian region (483 CZK per household and 480 CZK per household, respectively). The least amount of money is spent by the South Bohemian (332 CZK per household) and West Bohemian (373 CZK per household), i.e. inhabitants of the regions with the lowest population density over a forest land unit in the CR.

With the growing size of the residential village or town the quantity of purchased commodities increases (minimum 247 CZK per household, maximum 505 CZK per household). The products are purchased especially by wealthier households, as it is obvious from Table II, where the expenses are classified by the subjective living standard (213–659 CZK per household). Some however insignificant differences were observed in territories exposed to different air pollution stress. Higher amounts paid for such products in areas exposed to great air pollution stress can be explained by lack of ornamental parts of trees with desirable quality in their forests and by higher purchases of commodities imported from other areas at higher (mostly transport) cost.

FOREST FREQUENTATION

Table III shows that only 12% of the Czech population do not frequent forests, 30% frequent forests once or twice a year, 35% once a month, nearly 15% once a week, and 25% of population go to the forest several times a week, if summarized by average for a several-year period. According to data from 1998 the average forest frequentation is 19.4 visits per year and person. If applied to the whole population (10.3 million) the number of visits was 199.8 million in 1998 and the number of visits per 1 hectare of forest freely accessible to the public (2.457 million hectares – Šišák et al., 1996) was 80.7 in average.

The forest is visited more frequently by younger people (25 visits per respondent in a category of 15–19 years) and less frequently by the middle age category (16 visits in a category of 30–44 years) – probably for the heaviest workload. The forest is visited more by men (22 visits per respondent) than by women (17 visits per respondent), which corresponds with the results from the past (Šišák, 1996). There are some differences in forest frequentation by regions – the inhabitants of regions with a high forest percentage and lower population density – of South Bohemian region (28 visits per one inhabitant) and West Bohemian region (24 visits per one inhabitant) visit the forest more frequently. The inhabitants of North Bohemian region (12), South Moravian

I. Annual purchase of ornamental parts of trees and Christmas trees in the CR in total

	No costs	Up to 50 CZK	Up to 100 CZK	Up to 1,000 CZK	Over 1,000 CZK	Average CZK/household
Frequencies	318	18	105	516	71	422
Frequencies (%)	30.93	1.75	10.21	50.19	6.91	

II. Annual purchase of ornamental parts of trees and Christmas trees (frequencies in %) characterized by selected demographic data

Features	No costs	Up to 50 CZK	Up to 100 CZK	Up to 1,000 CZK	Over 1,000 CZK	Number of respondents	CZK/household
Size of respondent's residential village or town							
Up to 499	47.06	0.00	12.94	38.82	1.18	85	247
500–1,999	38.07	0.57	7.95	48.86	4.55	176	366
2,000–4,999	30.77	1.92	11.54	50.96	4.81	104	386
5,000–19,999	28.26	2.17	11.96	51.63	5.98	184	413
20,000–99,999	21.10	2.75	11.47	55.05	9.63	218	505
Above 100,000	31.15	1.92	8.08	49.23	9.62	260	470
Subjective living standard of the household							
Very good	20.93	2.33	0.00	60.47	16.28	43	659
Good	29.54	1.02	9.00	53.31	7.13	589	443
Bad	30.21	2.42	13.29	47.73	6.34	331	400
Very bad	53.85	3.85	15.38	25.00	1.92	52	188
No data	53.85	7.69	0.00	38.46	0.00	13	213
Subjective living standard of the household – transformation							
Good	28.96	1.11	8.39	53.80	7.75	632	457
Bad	33.42	2.61	13.58	44.65	5.74	383	371
Districts exposed to air pollution							
With pollution	25.48	2.66	8.75	55.13	7.98	263	470
Without pollution	32.81	1.44	10.72	48.50	6.54	765	406

III. Forest frequentation in total in the CR

	No visits	Rarely (1–2 a year)	Once a month	Once a week	Frequently 2–3 a week	Average (days)
Frequencies	126	317	367	151	56	19.4
Frequencies (%)	12.26	30.84	35.70	14.69	5.45	

one (18), Central Bohemian one (18) and Prague (19) visit the forest less frequently. There seems to be a trend of decreasing forest frequentation with the increasing size of residential village or town (max. 26, min. 17 – see Table IV).

COLLECTION OF MAIN NTFPS

Table V presents the average quantity of harvested non-timber forest products per household. The standard deviation documents a considerably high dispersion of values. According to data from 1998 in average 10.05 kg of gathered major forest crops, out of it nearly a half (4.63 kg) is mushrooms, fall to a household in the CR. The volume of harvested mushrooms in 1998 can be expected to be probably higher than the presented data as the last seasonal peak of mushroom growth and harvest came later than usually in the past years and the questionnaire survey was already finished.

The annual costs of NTFPs collection are presented in Table VI. The costs incurred in average by one

Czech household were 171 CZK in the most. In smaller residential communities (500–2,000 inhabitants) the expenses are about 100 CZK, in towns above 20 thousand inhabitants the costs are roughly twofold (211 CZK). Surprisingly, the Prague inhabitants presented lower costs than the average (154 CZK). This fact may be related to more days' recreation in weekend-houses, when the transportation costs are not related directly to the NTFPs collection. There is a certain difference between markedly damaged (by air pollution) regions (221 CZK) and not damaged ones (152 CZK) (Table VII).

The resultant data on time spent in NTFPs collection are presented in Table VIII. Within the whole CR the respondents' families spent in average 18.7 hours by gathering forest crops. The presented estimate is derived from the frequencies in single classes. If we consider 10.05 kg of harvested forest crops per household in average then gathering one kg takes about 1.9 hour, which corresponds with the survey performed before (about 2 hours – Šišák et al., 1996).

The survey of selling prices of collected main NTFPs showed itself statistically uncertain and unreliable in

IV. Forest frequentation (frequencies in per cent) classified by selected basic demographic data

	No visits	Rarely	Once a month	Once a week	Frequently	Number of respondents	Average (days)
Size of respondent's residential village or town							
Up to 499	10.59	22.35	37.65	21.18	8.24	85	26
500-999	10.92	33.91	32.18	14.37	8.62	174	23
2,000-4,999	14.71	27.45	40.20	14.71	2.94	102	17
5,000-19,999	12.15	32.04	37.02	13.26	5.52	181	19
20,000-99,999	12.50	33.80	36.57	13.43	3.70	216	17
Above 100,000	13.18	31.01	35.27	15.50	5.04	258	19
Districts exposed to air pollution							
With pollution	13.28	28.52	38.67	14.06	5.47	256	19
Without pollution	12.09	32.06	35.22	15.11	5.52	761	20

V. Quantity of main NTFPs collection in kg per household

Products	Average (kg/household)	Standard deviation (kg/household)
Mushrooms	4.63	8.75
Bilberries	2.69	7.51
Raspberries	1.28	4.80
Blackberries	0.61	2.48
Cranberries	0.16	0.89
Elderberries	0.68	4.12

VIII. Distribution of time in hours spent in NTFPs collection in the CR

	Up to 5	Up to 10	Up to 20	Up to 50	More than 50
Frequencies	410	164	158	191	105
Frequencies (%)	39.88	15.95	15.37	18.58	10.21

VI. Total annual costs of NTFPs collection in the CR

	No costs	Up to 50 CZK	Up to 100 CZK	Up to 1,000 CZK	Over 1,000 CZK	Average CZK/household
Frequencies	682	21	69	236	20	
Frequencies (%)	66.34	2.04	6.71	22.96	1.95	171

VII. Annual costs of NTFPs collection (frequencies in %) by the air pollution load of districts

	No costs	Up to 50 CZK	Up to 100 CZK	Up to 1,000 CZK	Over 1,000 CZK	Number of respondents	CZK/household
Pollution-exposed	58.56	1.14	7.22	30.42	2.66	263	221
Not exposed to pollution	69.02	2.35	6.54	20.39	1.70	765	152

1998 contrary to 1997 survey. Within the CR only several too variable data of a great value dispersion were received on prices of the selected forest crops paid both on the market and by buying-in centres. Therefore the selling prices of the commodities could not be calculated for 1998 from those data. Moreover, the NTFPs collection is allowed for personal consumption only, however the gathered berries are often sold and bought in.

In order to express the value of collected NTFPs in 1998 the prices determined in 1997 were applied and adjusted after the survey by an estimate of 5% inflation for these commodities. The prices used to estimate the volume of major forest crops based on shadow selling prices are as follows: mushrooms without species speci-

fication 89 CZK.kg⁻¹, bilberries 71 CZK.kg⁻¹, raspberries 53 CZK.kg⁻¹, blackberries 59 CZK.kg⁻¹, cranberries 84 CZK.kg⁻¹, elderberries 45 CZK.kg⁻¹ fresh. The price of mushrooms was influenced by sale to foreign buyers or agents exporting mushrooms (1997).

SHARE OF OWN CONSUMPTION AND SALE OF COLLECTED NTFPS

The shares of own consumption of harvested NTFPs are presented in Table IX. 62% of respondents who answered the question (666 out of 1,028) said they consumed all or nearly all, i.e. 90-100% of gathered pro-

duction in their own household. More than 25% of respondents said they used a significant portion of the harvested products, i.e. 70–90%. Only 3.6 % of the inquired answered they only consumed a smaller portion of the harvested crops, i.e. up to 50%. The rest was sold or given free to other households (relatives, friends).

The share of sales of the harvested major forest products except for timber is presented in Table X. It is generally very low, surprisingly low according to answers of the respondents. The objectiveness of the respondents in this question is rather questionable. Under the Forest Act (289/1995) the harvest of the mentioned commodities is allowed for personal use only, though these products are commonly bought in and sold, even in the public market places.

hold, millions of kg for the whole CR) and monetary units (millions of CZK for the whole CR) for the period 1994–1998. The amounts of harvested forest products fluctuate considerably year by year, in mushrooms for example from the lowest value of 4.66 kg per household (1997) to 7.76 kg per household (1995) with the average at 5.60 kg per household for the period 1994–1998. The volume fluctuates also in other commodities, like in bilberries from 2.28 kg (1997) to 3.90 kg (1995) with the average at 2.9 kg for the period.

There are considerable differences in the intensity of collection by households between single regions, which is caused by many factors. Regardless of the inter-year fluctuations, certain trends in the differences can be observed; households of Prague, South-Moravian, and North-

IX. Share of own consumption of collected NTFPs in the CR

	No response	Up to 50 %	Up to 70 %	Up to 90 %	More than 90%	Number of respondents
Frequencies	362	24	57	169	416	1,028
Frequencies (%)	35.21	2.33	5.54	16.44	40.47	

X. Share of sales of collected NTFPs in the CR

	No response	Up to 25 %	Up to 50 %	Up to 75 %	More than 75 %	Number of respondents
Frequencies	1,007	8	1	5	7	1,028
Frequencies (%)	97.96	0.78	0.10	0.49	0.68	

Out of the whole set of respondents (1,028) only 2% answered they sell the products they harvest. Out of these 1/3 households sell more than 75% of harvested commodities, on the other hand 38% sell significantly less – up to 25% of harvested quantity.

DEVELOPMENT OF THE BASIC CHARACTERISTICS OF MAJOR HARVESTED FOREST CROPS VOLUME IN RECENT YEARS

The harvested amounts of main NTFPs are presented in Tables XI–XIV both in technical units (kg per house-

Moravian regions usually show a lower harvest intensity – about 9 kg per household in average while the others are at the level of about 13 kg per household in average during the 5-year period. The presented differences are probably caused by the forest percentage of the region, number of households per forest land unit, and fertility of the forest with respect to the concerned forest crops.

The average annual volume of harvested mushrooms and five main berries fluctuated from 34.9 thousand tons (1996) to 58.5 thousand tons (1995) with the five-year average at 42.6 thousand tons, which represents values from 2,000 million to 3,400 million CZK in common selling prices with average at 2,700 million CZK.

XI. Amounts of main NTFPs collection in kg/household in 1994–1998

Products	Years					Average
	1994	1995	1996	1997	1998	
Mushrooms	6.15	7.76	4.79	4.66	4.63	5.60
Bilberries	2.95	3.90	2.47	2.28	2.69	2.86
Raspberries	1.11	1.52	0.82	1.04	1.28	1.15
Blackberries	0.70	0.74	0.46	0.43	0.61	0.59
Cranberries	0.17	0.34	0.19	0.25	0.16	0.22
Elderberries	1.03	1.00	0.39	0.57	0.68	0.73
Total	12.11	15.27	9.12	9.23	10.05	11.15

XII. Amounts of main NTFPs collection in kg/household by regions of the CR in 1994–1998

Region	Years					Average
	1994	1995	1996	1997	1998	
Capital of Prague	9.85	11.75	6.25	8.12	8.25	8.84
Central Bohemian	13.34	21.16	9.41	9.43	13.14	13.30
South Bohemian	15.24	22.54	15.16	12.62	10.14	15.14
West Bohemian	14.98	20.42	16.07	12.65	9.55	14.73
North Bohemian	14.73	18.60	13.02	6.79	9.56	12.54
East Bohemian	16.43	13.66	8.20	12.38	11.49	12.43
South Moravian	7.74	9.35	6.44	8.64	9.17	8.27
North Moravian	10.59	14.17	7.07	6.62	8.84	9.46

XIII. Total amount of main NTFPs collection (mil. kg) in the CR in 1994–1998

Products	Years					Average
	1994	1995	1996	1997	1998	
Mushrooms	23.6	29.7	18.4	17.8	17.7	21.4
Bilberries	11.3	15.0	9.4	8.7	10.3	10.9
Raspberries	4.2	5.8	3.1	4.0	4.9	4.4
Blackberries	2.7	2.8	1.8	1.7	2.3	2.3
Cranberries	0.7	1.3	0.7	0.9	0.6	0.8
Elderberries	3.9	3.9	1.5	2.2	2.6	2.8
Total	46.4	58.5	34.9	35.3	38.4	42.6

XIV. Total amount of main NTFPs collection (mil. CZK) in the CR in 1994–1998

Products	Years					Average
	1994	1995	1996	1997	1998	
Mushrooms	1,314	1,658	1,082	1,510	1,578	1,428
Bilberries	881	1,164	456	585	727	762
Raspberries	180	248	173	202	260	213
Blackberries	161	169	129	96	138	139
Cranberries	22	43	42	72	51	46
Elderberries	140	137	113	95	118	121
Total	2,698	3,419	1,995	2,560	2,872	2,709

CONCLUSION

The results obtained from the survey on the importance of NTFPs collection carried out in 1998 and from the comparison of the development of main NTFPs collection during the five-year period of 1994–1998 prove an exceptionally high public importance of forests in the CR in this context. In that five-year period, 42.6 million kg of concerned commodities were harvested in average at the value of 2,709 million CZK of current prices. Actually, the importance of forests must be significantly higher as except for the mentioned major forest crops others are also gathered, though less intensively, and also medical herbs are harvested, although the survey did not cover them.

Forest crop harvest is not only of recreational but also

of very significant economic importance for households and the public of the CR, who consume forest crops instead of other commodities they would otherwise have to buy at the market. Therefore the harvested and consumed production has though a shadow, not registered, though a real and important market effect and importance corresponding with the market value of the commodities.

Also the volume of purchased decorative parts of trees and Christmas trees, which was determined observed for the first time in 1998, has to be added to the non-timber products importance of forests. The value of such commodities reached 1,600 mil. CZK.

In many places and localities the forest is of significantly higher socio-economic importance for the public,

that is for the society, from the aspect of production of concerned commodities than of importance as a source of timber for private business. The public visits the forest and gathers forest crops considerably intensively even in areas exposed heavy or even extreme air pollution with the timber production dropping to null.

The harvest of forest crops, namely of bilberries, influences also the quantity and structure of forest frequentation to some extent. The number of forest visits per inhabitant was as follows: 25.3 (1995), 22.4 (1995), 17.3 (1996), 23.4 (1997) and 19.4 (1998). The average is 21.6 visits, which corresponds to 222 million forest visits per year in the CR. It follows from this fact 1 ha of a forest open to the public (almost all forest of the CR apart from forests administered by the Ministry of Defence and some strictly protected national reserves) is loaded with 90 visits in average per year in the CR.

The survey of importance of forest frequentation and non-timber forest production resulted in much new and sometimes surprising information. The survey quality and objectiveness of the results depends also on the financial resources available for the project. Many questions could already be solved by better though more expensive research.

Further long-term research in the field and its results could contribute substantially to improving the theoretical knowledge of social importance of forests and in practice to ensuring better quality of forestry policy and decision-making process at different levels. Research work can contribute to improving the public opinion of forest importance in the society, and of purpose and responsibility of subjects dealing with forest. The problems should be solved regularly and have a stable position among permanent surveys the results of which should be a regular component of periodical information on forest and Czech forest management.

- ŠIŠÁK, L., 1996. Návštěvnost lesa obyvateli České republiky (Frequentation of forests by inhabitants of the Czech Republic). *Lesnictví-Forestry*, 42: 245–253.
- ŠIŠÁK, L., 1997. Význam produkce lesa kromě dřeva v České republice (Importance of non-timber forest production in the Czech Republic). *Lesnictví-Forestry*, 43: 49–66.
- ŠIŠÁK, L. – PULKRAB, K., 1998. Význam produkce lesa mimo dřevo a návštěvnosti lesa (Importance of non-wood forest production and of forest frequentation). [Výzkumná zpráva – Forestry management prognoses. National Agency for Agricultural Research.] Jilovické-Strnady, VÚLHM: 36.
- ŠIŠÁK, L. et al., 1996. Sociálně-ekonomický význam produkce lesa mimo dřevo v České republice (Socio-economic importance of non-wood forest production in the Czech Republic). [Výzkumná zpráva.] Praha, ČZU, LF: 159.
- ŠIŠÁK, L. – PULKRAB, K. – KALIVODA, V., 1997. Význam návštěvnosti lesa a sběru hlavních lesních plodin obyvateli území s lesy výrazně postiženými imisemi (Importance of forest frequentation and of main non-wood forest products collection by inhabitants in regions with forests considerably afflicted by immissions). *Lesnictví-Forestry*, 43: 245–258.
- ANONYMOUS, 1993. Životní prostředí České republiky (The environment of the Czech Republic). Ročenka (Yearbook) 1992. Praha, MŽP ČR a ČEÚ: 336.
- ANONYMOUS, 1994. Životní prostředí České republiky (The environment of the Czech Republic). Ročenka (Yearbook) 1994. Praha, Český statistický úřad: 504.
- ANONYMOUS, 1995. Životní prostředí České republiky (The environment of the Czech Republic). Ročenka (Yearbook) 1995. Praha, Český statistický úřad: 626.
- ANONYMOUS, 1998. Zpráva o stavu lesního hospodářství České republiky (Report on forestry of the Czech Republic). Praha, Lesn. Práce, s. r.o.: 137.

Received 1 December 1999

VÝZNAM HLAVNÍCH NEDŘEVNÍCH PRODUKTŮ LESA V ČESKÉ REPUBLICĚ V ROCE 1998

L. Šišák

Česká zemědělská univerzita, Lesnická fakulta, 165 21 Praha-Suchbát

Práce navazuje na předchozí výzkumné úkoly a publikace o dané problematice. Systematičtější výzkum důležité otázky hodnocení sociálně-ekonomického významu mimodřevní produkce lesa byl u nás zahájen v r. 1993. Výzkum v roce 1998 byl prováděn s cílem získat základní, vstupní informace k vyjádření významu mimodřevní produkce lesa a návštěvnosti lesa v tomto roce a srovnat získané údaje o návštěvnosti lesa a sběru hlavních lesních plodin s údaji z předcházejících let.

Pokud jde o pojmy, lze termíny „mimodřevní produkce lesa“ a „nedřevní produkce lesa“ považovat za synonyma, odpovídající anglickému termínu „non-timber forest products“ (NTFPs) a zahrnující veškeré produkty lesa včetně produktů lesních stromů kromě dřeva pro další zpracování (patří sem tedy např. i vánoční stromky a ozdobná klest). Termínu „non-wood forest products“ by pak v našich poměrech nejspíše odpovídal výraz „nedřevinné produkty lesa“, zahrnující všechny pro-

dukty lesa kromě lesních stromů (u nás tedy zejména bobuloviny, houby a léčivé rostliny).

Do souboru ne dřevních produktů lesa byly v roce 1998 zařazeny jako v minulých letech houby bez druhového rozlišení, borůvky (*Vaccinium myrtillus* L.), maliny (*Rubus idaeus* L.), ostružiny (*Rubus fruticosus* L.), brusinky (*Vaccinium vitis-idaea* L.), bezinky (*Sambucus nigra* L.) a navíc vůbec poprvé nákup okrasných či užitkových lesních produktů (zejména vánočních stromků a ozdobné klesti) obyvateli ČR.

Výzkum vycházel z dotazníkového šetření na bázi řízených rozhovorů v reprezentativním souboru obyvatel ČR v rámci tzv. kontinuálně prováděných šetření ve spolupráci s Institutem pro výzkum veřejného mínění Praha (IVVM). Respondenti měli udávat průměrné hodnoty za několik posledních let. Je však nutné vzít v úvahu, že jejich odpovědi jsou ovlivňovány především bezprostřední zkušeností právě probíhajícího roku, tj. roku 1998.

Soubor respondentů byl vytvořen na základě tzv. kvótního výběru podle podílu zastoupení jednotlivých kategorií obyvatel podle pohlaví, věku, vzdělání, zaměstnání, velikosti místa bydliště, kraje a specifického ukazatele zatížení území ČR imisemi. Z 1 200 dotazníků se ke zpracování vrátilo 1 028 dotazníků, návratnost tedy činila 85,7 %.

Výsledky, zpracované v prvotní formě IVVM včetně základních matematicko-statistických charakteristik, byly dále analyzovány a zpracovány. Z výzkumu vyplývá, že na nákup okrasných či užitkových lesních produktů věnovala průměrná domácnost v souboru 422 Kč za rok. Vztáhneme-li uvedený údaj na celou ČR, pak při 3,827 mil. domácností dosahuje objem uvedených nakupovaných lesních produktů 1,615 mld. Kč. Daná otázka byla sledována u nás poprvé, takže neexistuje srovnání s minulými lety.

Pouze 12 % obyvatel ČR během roku nenavštíví les ani jednou, jednou až dvakrát ročně navštěvuje je kolem 30 % obyvatel, jednou měsíčně 36 %, jednou týdně téměř 15 % a několikrát týdně 5 % obyvatel ČR. Počet návštěv lesa na obyvatele je v průměru 19,4 za rok. Vztáhneme-li počet návštěv lesa na celou populaci v ČR, pak dosáhne 199,8 mil. návštěv za rok a na 1 ha lesa přístupného veřejnosti (2,475 mil. ha – Šišák et al., 1996) činí návštěvnost v průměru 80,7. V návštěvnosti mezi územími s rozdílným zatížením imisemi není rozdíl.

Podle údajů z roku 1998 připadá celkem v ČR v průměru na domácnost 10,05 kg nasbíraných hlavních lesních plodin, z toho téměř polovina – 4,63 kg – je hub (tab. V). Pokud se údaje vztáhnou na celou ČR, pak bylo sebráno 38,4 tis. t hlavních lesních plodin, z toho 17,7 tis. t hub. Celková hodnota nasbíraných plodin činila téměř 2,8 mld. Kč.

Náklady na sběr lesních plodin dosahovaly v průměru 171 Kč na domácnost za rok. U menších sídel se náklady pohybují na úrovni kolem 100 Kč, u sídel s více než 20 tisíci obyvatel jsou náklady zhruba dvojnásobné. Určitý rozdíl je mezi oblastmi výrazně nadprůměrně postiženými imisemi (221 Kč) a imisemi postiženými podprůměrně (152 Kč).

Průměrný počet hodin spotřebovaných na sběr lesních plodin činil podle respondentů v průměru 18,7 hodin na domácnost za uvedený rok. Při 10,05 kg pak na sběr 1 kg připadá v průměru 1,9 h, což koresponduje s již dříve realizovaným šetřením (kolem 2 h – Šišák et al., 1996).

Šetření o prodejních cenách sbíraných hlavních lesních plodin se ukázalo v r. 1998 jako statisticky nejisté a nespolehlivé, což byl rozdíl oproti šetření v roce 1997. Pro účely vyjádření hodnotového objemu sběru v r. 1998 bylo proto využito cen daných lesních plodin zjištěných v r. 1997 a upravených po vlastním dodatečném šetření o odhadovanou 5% míru inflace pro tyto komodity.

Podíl vlastní spotřeby je poměrně vysoký, 62 % respondentů uvedlo, že spotřebují ve vlastní domácnosti 90 až 100 % sklizené produkce, pouze 3,6 % dotazovaných spotřebují ve vlastní domácnosti menší část, tj. do 50 %. Zbytek připadá buď na prodej či bezplatné předání nebo darování produkce jiným domácnostem (příbuzným, známým). Podíl prodeje nasbíraných hlavních lesních produktů mimo dřevo je až překvapivě nízký. Pouze 2 % dotazovaných uvedla, že sbírané lesní plodiny členové jejich domácností prodávají. Z nich třetina domácností prodává nad 75 % množství a 38 % domácností prodává naopak výrazně menší část – do 25 % nasbíraného množství.

Ze srovnání vývoje objemu sběru hlavních lesních plodin v rámci pětileté periody 1994–1998 vyplývá, že rok 1998 byl rokem mírně podprůměrným s 38,4 tis. t sklizených hlavních lesních plodin oproti pětiletému průměru 42,6 tis. t, přičemž hodnotu v běžných cenách lze odhadnout za rok 1998 na 2,9 mld. Kč, zatímco průměr v pětiletém období činí 2,7 mld. Kč. Uvedené údaje dokazují mimořádně vysoký veřejný význam lesů v ČR z tohoto pohledu. To vystupuje do popředí při srovnání s hodnotou HDP vytvořenou v lesním hospodářství – např. v r. 1997 byla na úrovni 8,6 mld. Kč.

Výsledkem šetření o významu návštěvnosti a mimo dřevní produkce lesa je množství pro nás poměrně nových a někdy překvapivých informací. Kvalita šetření a objektivita výstupů je mj. dána rovněž množstvím finančních prostředků, které jsou pro řešení k dispozici. Úkol obdobného charakteru by měl být řešen pravidelně a měl by mít své stálé místo mezi trvalými šetřeními, jejichž výsledky jsou pravidelnou součástí periodických informací o lese a lesním hospodářství ČR.

Contact Address:

Doc. Ing. Luděk Šišák, CSc., Česká zemědělská univerzita, Lesnická fakulta, 165 21 Praha-Suchbát, Česká republika

APLIKÁCIA METÓD GEOGRAFICKÝCH INFORMAČNÝCH SYSTÉMOV V SPRÍSTUPŇOVANÍ LESOV

APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN THE SPHERE OF FOREST ACCESS

R. Kysel, V. Messingerová, E. Pacola

Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

ABSTRACT: We introduce a way of solving the problem concerning the forest access by the application of modern computer technology based on GIS in this paper. The GIS and DTM method were applied to evaluation of forest access in the model area of the Zbojský brook valley in the Eastern Carpathians, where we were modelling technological parameters of this area. As the main criterion of evaluation of forest access in the model area, the real skidding distance model was used. Simulated skidding distances obtained by the modelling reach high values (medium skidding distance is 1,378 m). By using the results of GIS and DTM method analysis, it is possible to provide an improved concept of the forest access project in areas with difficult access.

forest road network; geographic information systems; forest access; wood skidding technologies

ABSTRAKT: V práci predstavujeme spôsob riešenia problematiky sprístupňovania lesov využitím modernej počítačovej technológie na báze GIS. Na modelovom území v údolí Zbojského potoka vo Východných Karpatoch sme aplikovaním metód GIS a DMT modelovali technologické parametre územia, pričom ako hlavné kritérium pre posúdenie úrovne sprístupnenia lesa sme použili skutočnú približovaciu vzdialenosť meranú po povrchu terénu. Modelovaním získané približovacie vzdialenosti dosahujú vysoké hodnoty (priemerná približovacia vzdialenosť je 1 378 m). Využitím výsledkov analýzy metódami GIS a DMT získaných touto metódou by bolo možné objektívne zabezpečiť lepšiu koncepciu návrhu riešenia sprístupnenia lesa v nedostatočne sprístupnených oblastiach.

lesná cestná sieť; geografické informačné systémy; sprístupňovanie lesov; technológie približovania dreva

ÚVOD

Lesné hospodárstvo sa pri zabezpečovaní hlavných úloh nezaobíde bez racionálne a optimálne realizovanej lesnej dopravnej siete. Sprístupňovanie lesa lesnou cestnou sieťou je preto primárnou úlohou moderného lesného hospodárstva. Lesnej cestnej sieti sa pripisuje prvoradá význam z hľadiska sprístupňovania lesných komplexov pre znižovanie vlastných nákladov na výrobu dreva a z hľadiska lesopestovných potrieb pre zavádzanie intenzívnych hospodárskych spôsobov. Lesy na území Slovenskej republiky zaberajú rozlohu takmer 2 milióny ha, čo je približne 40 % rozlohy štátu. Z tejto plochy zaberá lesná dopravná sieť zhruba 5 %, čo znamená, že asi 100 000 ha plochy lesnej pôdy je v technologickom procese dopravy dreva silne atakovaných a mechanicky poškodzovaných – najmä pri traktorovom približovaní dreva (Klč, 1994a,b).

Súčasný trend racionálneho obhospodarovania lesov a starostlivosti o lesnú pôdu musí sledovať vytvorenie rovnovážneho stavu medzi produkčným potenciálom

územia a požiadavkami spoločnosti. Je to celosvetová snaha o ekologizáciu lesnej výroby a ozdravenie krajiny. Sprístupňovanie lesov spolu s výberom technológií sústredovania dreva sú mimoriadne dôležité problémy vo vzťahu k ekonomickým i ekologickým výsledkom hospodárenia v lesoch. Nie je jednoduché tento stav objektivizovať najmä z hľadiska dlhodobosti.

Jednou z možných ciest riešenia je využívanie možností výpočtovej techniky. Metódy GIS a DMT môžu vnieť do riešenia koncepcie sprístupňovania lesov v nadväznosti na technologické plánovanie časovo efektívnejšie a najmä objektívnejšie postupy. Výskum v tejto oblasti sa dynamicky rozvíja najmä s ohľadom na prudký rozvoj výpočtovej techniky dovoľujúcej overiť metódy, ktoré boli dlho na úrovni teoretických modelov. Progressívne trendy v najbližšom období budú smerovať k vypracovaniu metodík technických riešení v prostredí GIS a CAD (Počítačom podporované projektovanie) systémov (Pacola, 1999). Tie umožňujú rýchlu tvorbu užívateľských modulov riešiacich špecifické úlohy, umožňujúcich flexibilný prístup do rôznych databázov

vých zdrojov a schopných zabezpečiť prepojenie s modulárnymi článkami lesného informačného systému.

V lesníckej literatúre je veľmi málo prác pojednávajúcich o využívaní GIS v procese plánovania sprístupnenia lesa, preto sú u nás predmetom výskumu a experimentovania.

Cieľom práce bolo vypracovať funkčnú aplikáciu metód GIS a DMT (digitálneho terénneho modelu), ktorá by bola využiteľná pri riešení koncepcie sprístupnenia lesných porastov v blízkej budúcnosti. Práca vznikla v rámci grantového projektu GL 1020 (1/7050/20) *Teoretické a praktické predpoklady intenzifikácie využitia lanoviek v lesnom hospodárstve* Grantovej agentúry VEGA.

PROBLEMATIKA

Dnešná prax plánovania výstavby lesnej cestnej siete (LCS) na obdobie platnosti LHP, teda decénium, vychádza predovšetkým zo znalosti porastov, súčasnej dopravnej mechanizácie, možnosti trasovania lesných ciest a vzájomných ekonomických vzťahov. Podrobnejšia oficiálna metodika nie je vypracovaná. Beneš (1986), ktorý vypracoval metodiku riešenia LCS, uvažuje s morfológiou terénu, hodnotením podložia, eróziou územia a navrhovaným pomerným sprístupnením lesa (posúdenie kvality rozloženia ciest v sprístupňovanom území) ako vstupmi pre rozhodovanie. Vyhodnotenie všetkých spolupôsobiacich vplyvov (lesná pôda, geologické podložie, zemina, klimatické pomery, zrážky, členitosť terénu, sieť vodných tokov, predpokladané mechanizačné prostriedky, potreby ochrany pôdy, brehov vodných tokov, kvality vôd, vodohospodárske pomery) je z hľadiska projektantov zložitá.

Podobne i Roško (1984) sa v práci veľmi podrobne a analyticky zaoberá problematikou hodnotenia sprístupnenia lesnou cestnou sieťou, a to pomocou matematických pomerných ukazovateľov sprístupnenia, ktoré obohatil o zaujímavú analýzu tzv. šikmých približovacích vzdialeností, ktoré sú pri traktorových technológiách približovania dreva významnejším ukazovateľom než klasicky ponímaná kolmá približovacia vzdialenosť.

Midriak et al. (1988) navrhujú diferencované sprístupňovanie lesov vo flyšových oblastiach so zreteľom na prírodné podmienky. Dôraz kladú na sprístupnenie lesa cestami kategórie 1L (v odvodnených prípadoch) a spevnenými cestami triedy 2L. Sprístupňovanie lesa vzácnými odporúčajú obmedziť len na také prípady, kde by výstavba odvozných ciest nebola efektívna.

Hlavným nedostatkom doteraz realizovanej lesnej dopravnej siete je jej nekonceptnosť, relatívne vysoká lokálna hustota (miestami až 100 $\text{bm}\cdot\text{ha}^{-1}$) a nízka úroveň jej konštrukcie. Nepriaznivý je najmä pomer medzi lesnými odvoznými cestami a ostatnými druhmi lesných komunikácií (1 : 3 až 1 : 5), resp. malé zastúpenie odvozných ciest z celkove realizovaných účelových

komunikácií. Pritom teoretické optimálne sprístupnenie kvalitnými cestami sa podľa Klča (1994a,b) pohybuje okolo 20 $\text{bm}\cdot\text{ha}^{-1}$ pri teoretickom rozostupe ciest 500 m.

V súčasnosti používané metodické postupy možno zaradiť do niekoľkých skupín. Metódy vychádzajúce z praktických znalostí a skúseností sa viac vzťahujú na riešenie jednotlivých cestných ťahov ako na celú sieť. Východiskom bývajú často porasty, ktoré je treba podchytiť a sprístupniť v najbližšej budúcnosti. Tejto metóde chýba optimalizačný charakter a pozitívne výsledky sa dosahujú cestou aplikácie skúseností z minulých aktivít skúsených projekčných pracovníkov.

Ďalšou skupinou metód riešenia optimálneho rozostupu ciest sú ekonomické metódy. Používajú sa matematicko-analytické metódy navrhovania LCS na základe ukazovateľov, ktoré zahŕňajú čiastkové úspory zo zvýšenia úžitkovosti drevnnej hmoty, zo zníženia dopravných, prevádzkových nákladov a nákladov na ťažbu, zalesňovanie a amortizáciu ciest, ako je napr. čas úhrady investícií. Riešenie cestnej siete pomocou diagramu syntézy vychádza z poznatku, že rozostup ciest je vtedy optimálny, ak súčet nákladov na približovanie a výstavbu ciest je optimálny. Touto metódou riešilo problematiku optimálnej hustoty ciest mnoho autorov u nás i v zahraničí. Ich prehľad podrobne uvádza Roško (1984).

Do budúcnosti sa dá predpokladať, že sa táto tematika bude vo väčšej miere riešiť pomocou metód GIS a DMT. V posledných rokoch, keď je výpočtová technika cenovo prístupnejšia a keď boli vyvinuté softwarové produkty na báze GIS a DMT, hľadajú sa možnosti ich využitia aj pri optimalizácii v procese technologického plánovania. Za najväčší prínos počítačových metód považujeme ich aplikácie v aktuálnom reálnom čase, čo umožňuje operatívne rozhodovanie s vysokou mierou objektivity (Lukáč, 1996).

MATERIÁL

Použitie metód GIS a DMT v sprístupňovaní lesov bolo overené na modelovom území údolia Zbojského potoka, ktoré patrí k LHC Zboj. Východné Karpaty sú svojou členitosťou a premenlivosťou terénnych podmienok vhodným územím pre aplikovanie metód DMT a GIS. Geologicky územie LHC Zboj patrí k orografickému celku Bukovské vrchy, v ktorých vystupuje tzv. vonkajší flyš duklianskej jednotky so zastúpením krosnianskych, inoceramových a menilitových vrstiev.

Snahy o riešenie ochrany mimoriadnych biologických, zoologických, vodohospodárskych a krajinných hodnôt územia Bukovských vrchov, ktoré ako jediné na Slovensku patria k Sústave Východných Karpát, vyústili v rámci programu UNESCO o racionálnom využívaní biosféry, koordinovania ochrany, výskumu a výchovy v r. 1993 do vyhlásenia Biosférickej rezervácie Východné Karpaty a do prekategORIZOVANIA najhodnotnejších častí Chránenej krajinnéj oblasti Východné Karpaty na Národný park Poloniny v r. 1997.

Klasickými metódami sa úroveň sprístupnenia posudzuje na základe niekoľkých základných teoretických ukazovateľov (hustota a rozstup LCS, teoretická a geometrická približovacia vzdialenosť, účinnosť sprístupnenia). Vstupné veličiny pre výpočet týchto charakteristík sme získali z porastových máp ručným odpichovaním dĺžok jednotlivých úsekov ciest podľa kategórií ciest. Ako základný úsek, tj. rozstup ihiel odpichovadla, bol zvolený úsek 1 cm, čo pri mierke porastovej mapy 1 : 10 000 predstavuje 100 m.

Pre výpočet geometrickej približovacej vzdialenosti bola mapa rozdelená pravidelnou štvorcovou sieťou na štvorce s výmerou 10 ha a v nich boli vynesené ťažiská ako priesečníky uhlopriečok. V každom štvorci potom bola odmeraná najkratšia vzdialenosť k odvoznej ceste. Tie sme pre porovnanie doplnili údajom o skutočnej približovacej vzdialenosti, ktorý sme prevzali z operatívno-technickej dokumentácie.

Pri výpočte rozostupu LCS sme použili hustotu odvozných ciest triedy 1L a 2L, s trvalými a dočasnými približovacími cestami sme pre určenie tejto ani nasledujúcich charakteristík neuvažovali. Do hustoty LCS sme nezahrnuli dočasné približovacie cesty.

V prostredí projektu GIS vytvoreného v prostredí softwarového produktu firmy ESRI ARC/INFO sme úroveň sprístupnenia lesa nehodnotili ukazovateľmi pomerého sprístupnenia lesa, pretože by sme sa dopracovali k podobným, i keď vzhľadom na použitú technológiu rádo presnejším výsledkom. Ako kritérium hodnotenia sprístupnenia lesa v modelovom území sme použili skutočnú približovaciu vzdialenosť meranú po povrchu z ktoréhokoľvek miesta porastu, ktoré reprezentuje bunka rastra s rozmermi 10 x 10 m, teda o výmere 1 áru. V rámci praktickej technologickej prípravy pracoviska sa skutočná približovacia vzdialenosť priamo premieta do nákladovosti jednotlivých technológií približovania dreva a vo väzbe na ekonomickú efektívnosť týchto technológií je limitujúcim faktorom ich použitia. Neúmerné predĺžovanie trás približovacích prostriedkov sa prejaví i v miere poškodzovania lesného prírodného prostredia, najmä pôdy a okolitých lesných porastov. Skutočná približovacia vzdialenosť preto najlepšie charakterizuje účinnosť sprístupnenia lesa z hľadiska nielen ekonomických, ale najmä ekologických kritérií.

Prehľad tvorby projektu je na obr. 1. Ako zdroj dát pre vytvorenie geografickej databázy boli použité: vrstevnicová nekolorovaná porastová mapa údolia Zbojského potoka v mierke 1 : 10 000, údaje LHP na decénium 1992–2002 (Všeobecná časť LHP, Opis porastov a plán hospodárskych opatrení) a Plán lesnej dopravnej siete.

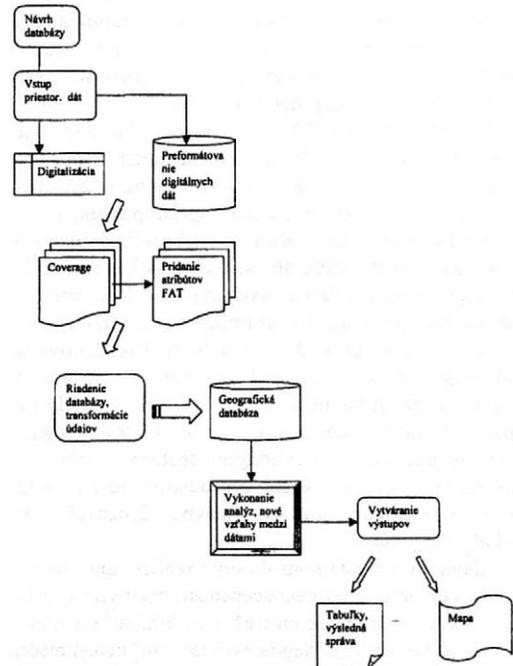
Mapové podklady boli do digitálnej vektorovej podoby prevedené digitalizáciou na digitizéri v členení na jednotlivé coverage (informačné vrstvy, témy), združujúce priestorové informácie rovnakého charak-

teru, čím vznikla geografická databáza priestorových atribútov. Jednotlivé informačné, tematické vrstvy tvoria vrstevnice, porasty, cesty (triedy 1L, triedy 2L, zemné približovacie cesty), vodné toky, hrebene, výškové kóty a lesné sklady.

Popisné nepriestorové atribúty boli po prevedení do digitálnej formy zadávaním z klávesnice PC v podobe databázového súboru pripojené k vektorovým informačným vrstvám priestorových atribútov. Databáza týchto údajov obsahuje identifikátory jednotiek priestorového rozdelenia lesa, vek porastov, expozíciu a priemerný sklon svahov, terénny typ a technologický typ.

Pretransformované, už rastrove reprezentácie boli potom použité pre vygenerovanie digitálneho modelu terénu a následné vykonanie analýz. Pre tvorbu rastrového digitálneho terénneho modelu v prostredí ARC/INFO a jeho ďalšieho využitia v analýzach založených na akumulácii vzdialeností slúži modul TOPOGRID. Postup tvorby hydrologicky korektného DMT v tomto programovom module je založený na interpolácii vrstevnicových čiar, kedy sa hodnota nadmorskej výšky vypočíta pre každú bunku rastra.

Na vygenerovanom sme potom v rámci analytických postupov modelovali technologické parametre skúmaného územia pomocou modulov LANDING HILL.AML a LANOVKY.AML pre výpočet traktorovej a lanovkovej približovacej vzdialenosti vytvoreného Pacolom (1999) s využitím nástrojov vývojového prostredia ARC Macro jazyka (AML) a jazyka mapovej algebry priamo



1. Prehľad projektu GIS – A scheme of GIS project

implementovaného v GIS ARC/INFO. Model traktorovej približovacej vzdialenosti je mapa definujúca vzdialenosť každej bunky rastra meranej po povrchu modelu terénu v smere najväčšieho gradientu sklonu po spádnicí k najbližšej ceste. Modelom lanovkovej približovacej vzdialenosti je mapa vzdialeností každej bunky rastra meraná ako šikmá zámra (spojnica stredy najbližšej bunky cesty a stredy analyzovanej bunky plochy porastu) ponad povrch terénu.

VÝSLEDKY A DISKUSIA

Základné teoretické ukazovatele vypočítané pre účely posúdenia úrovne sprístupnenia lesa na experimentálnom území údolia Zbojského potoka sú s dĺžkou ciest podľa jednotlivých tried uvedených v tab. I a II. Zistené hodnoty hustoty lesnej cestnej siete poukazujú na nízku

I. Prehľad hustoty LCS v modelovom území – Density of forest road network in the model area

Cesty triedy ¹	Dĺžka ² (km)	Hustota ³ (m.ha ⁻¹)
1L	5,05	4,0
2L	28,42	22,57
Odvozné cesty spolu	33,47	26,57
Cesty približovacie	21,54	17,11
Cesty spolu	88,48	43,69

¹roads of class, ²length, ³density

II. Základné charakteristiky úrovne sprístupnenia lesa – Basic characteristics of forest access

Pomerne ukazovatele sprístupnenia lesa ¹	
Teoretický rozostup (m)	376,36
Približovacia vzdialenosť (m)	
teoretická	94,09
geometrická	197,85
skutočná	2 500
Stupeň sprístupnenia územia (%)	47,56

¹relative parameters of the extent of forest access

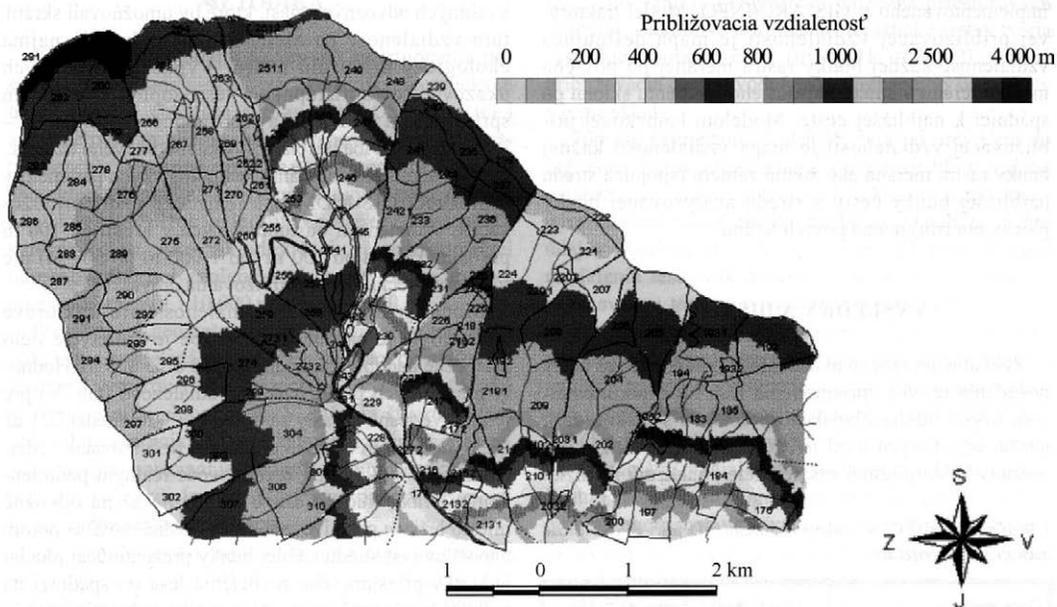
hustotu lesných ciest triedy 1L – iba 4,0 m.ha⁻¹ – a naopak vysokú hustotu ciest triedy 2L – 22,57 m.ha⁻¹ – a LCS nižšieho rádu. I hodnota teoretického rozostupu (380 m) poukazuje na vysokú hustotu LCS v experimentálnom území. Hodnoty teoretickej približovacej vzdialenosti a geometrickej približovacej vzdialenosti 94 m a 197,85 m predstavujú pomerne priaznivé hodnoty pre približovanie dreva traktorovými technológiami. Avšak skutočná približovacia vzdialenosť (uvádzaná v prevádzkovo-technickej dokumentácii) je omnoho väčšia – až 2,5 km. Je tomu tak najmä vzhľadom na nedostatok

kvalitných odvozných ciest, ktoré by umožňovali skrátiť túto vzdialenosť na nielen ekonomicky, ale najmä ekologicky prípustnú mieru. Výpočet teoretických ukazovateľov sprístupnenia lesa dopĺňa ešte stupeň sprístupnenia lesa. Podľa jeho hodnoty – 47,56 % – je sprístupnená iba necelá polovica modelového územia.

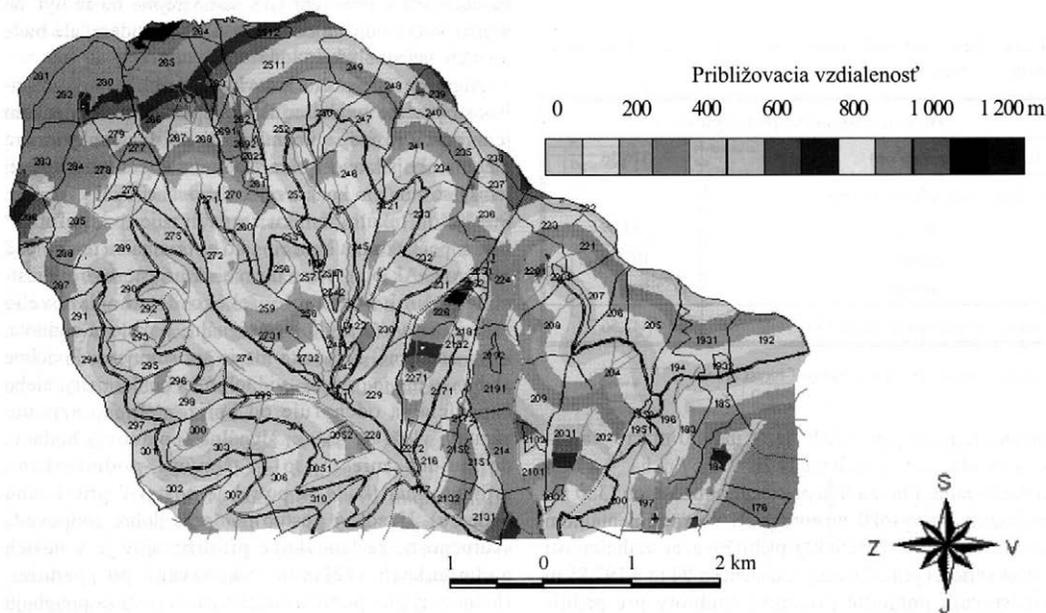
Výsledkom modelovania technologických parametrov v prostredí GIS a DMT sú tematické mapy približovacích vzdialeností odstupňovaných v kroku po 100 m pre lanovkové a po 100 m (od 1 000 m po 500 m) pre traktorové technológie približovania dreva.

Model približovacích vzdialeností pre traktorové technológie je na obr. 2. Na mape je vidieť, že tieto priebežne nadobúdajú hodnoty od 0 do 5 000 m. Hodnoty priemerných približovacích vzdialeností (tab. V) pre jednotlivé lesné porasty sa pohybujú v rozmedzí 221 až 3 259 m, pričom celková priemerná približovacia vzdialenosť je 1 378,32 m. To zodpovedá reálnym podmienkam v praxi, keď sa drevo približuje až na odvozné miesto ležiace pri odvozných cestách. Vzdialenosť sa potom napočítava od stredy každej bunky prezentujúcej plochu jednotky priestorového rozdelenia lesa po spádnicí na najbližšiu odvoznú cestu. Postup plne vyhovuje kritériu definovania plôch, ktoré sa nachádzajú za hranicou ekonomickej vzdialenosti približovania od existujúcich ciest alebo terénnych hrán. Model môže byť upravený spôsobom, ktorý dovoľuje výpočet vzdialeností po približovacom ceste (pohyb traktora po linkách) a následný výpočet fixnej približovacej vzdialenosti (pohyb traktora po približovacej ceste) k existujúcemu lesnému skladu. Reálna dĺžka trasy približovacieho prostriedku modelovaná v prostredí GIS samozrejme môže byť do určitej miery odlišná od uvažovaného modelu, ale bude jej vždy veľmi blízka.

Algoritmus výpočtu lanovkovej približovacej vzdialenosti pracuje trochu odlišným spôsobom. Výsledkom jeho práce je mapa vzdialeností každej bunky rastra meraná ako šikmá zámra, spojnica stredy počítačovej bunky so stredom koncovej, analyzovanej bunky (obr. 3). Pre každú takúto zámru sa analyzuje „viditeľnosť“ medzi počiatkom a koncom ako aj orientácia terénu pod zámrou. Ak bunky terénu nie sú priestorovo umiestnené v limite technologického dosahu lanového zariadenia, vloží sa do nich signálna pokutová hodnota, ktorá znamená, že bunka nie je sprístupnená. Podobne ak bunka nie je priamo „viditeľná“ z bunky cesty, alebo expozícia sa odchyľuje od horizontálneho azimutu zámeru, vloží sa do nej signálna (pokutová) hodnota definujúca miesta so sťaženými podmienkami približovania (bude tu potrebné postaviť priechnú podperu). Uvedený postup pomerne dobre zodpovedá skutočnosti, že lanovkové približovanie je v našich podmienkach väčšinou vykonávané po spádnicí. Hodnoty týchto približovacích vzdialeností sa pohybujú od 0 do 1 200 m, čo ale pri dosahu u nás bežne používaných lanových systémov asi 500 m značí, že zvyšok územia vo väčšej vzdialenosti je pre lanovkové technológie sústreďovania dreva nesprístupnený.



2. Na mape traktorových približovacích vzdialeností možno určiť skutočnú približovaciu vzdialenosť z ktoréhokoľvek miesta v poraste k najbližšej odvoznjej ceste. V ľavej časti je dobre viditeľné, ako vplyvajú terénne zlomy (hrebene) na predĺženie trás približovacích prostriedkov – Actual skidding distance from any point in forest stand to the nearest hauling road can be determined on the map of skidding distances. It is clearly evident in the left part of the map how terrain faults (ridges) influence the routes of skidders by making them longer



3. Mapa približovacích vzdialeností pre lanovkové technológie. Na obrázku je možné priamo odčítať skutočnú približovaciu vzdialenosť a následne posúdiť dostupnosť či nedostupnosť ktoréhokoľvek miesta v poraste pre technológiu lanovkového sŕstredovania dreva – A map of skidding distances for cableway technologies. It is possible to read off the actual skidding distance directly on the map, and to evaluate whether any point in forest stand is or is not accessible for cableway skidding

Plocha označená na kartografických výstupoch sivou farbou (resp. písmenom N pri čiernobielej verzii) odpovedá tým bunkám rastra, ktoré boli pri analýze „viditeľnosti“ označené ako „neviditeľné“.

Výpovedná hodnota takýchto máp je podľa nášho názoru značná – nie nadarmo sa hovorí, že lepšie je raz vidieť ako stokrát počuť. Na mapách (obr. 2 a 3) je možné priamo posúdiť účinnosť existujúcej LCS z hľadiska sprístupnenia ktoréhokoľvek porastu, ktorá je daná ekonomicky efektívnou vzdialenosťou približovania či v prípade lanových systémov technologickým dosahom zariadenia (resp. maximálnou dĺžkou trasy). Naproti tomu stupeň sprístupnenia územia je len teoretický údaj, ktorý nedáva predstavu o skutočných dopravných pomeroch. Ďalej možno na základe týchto grafických výstupov rozhodnúť o umiestnení ďalších trás ciest tak, aby sa skutočná približovacia vzdialenosť v záujmovej lokalite skrátila na požadovanú mieru.

Z porovnania nami zistených údajov s priemernými hodnotami charakteristík sprístupnenia lesov za celé Slovensko vyplývajú nasledovné závery. Uvedená hustota ciest triedy 1L je zhruba na úrovni celoslovenského priemeru (tab. III), ktorého hodnota je 4,43 m.ha⁻¹.

III. Prehľad hustoty LCS pre celú SR – Density of forest road network in the Slovak Republic

Cesty triedy ¹	Dĺžka ² (km)	Hustota ³ (m.ha ⁻¹)
1L vlastné	5 842	3,03
cudzie	2 692,2	1,4
1L spolu	8 534,2	4,43
2L	11 607,4	6,01
Cesty približovacie	13 934,1	7,2
Cesty spolu	34 075,7	17,64

For 1–3 see Table I

Naproti tomu hustota ciest triedy 2L je takmer štyrikrát vyššia, než je priemer pre celú SR. Ako je však z odbornej lesnickej literatúry známe, ich stav je pre dnešnú prevádzku lesného hospodárstva vo fľyšových oblastiach nepostačujúci. Práve špecifické prírodné podmienky si vyžadujú vo fľyšových oblastiach budovanie hustejšej siete kvalitných odvozných ciest. Odvozné cesty majú podľa Midriaka et al. (1988) vo fľyšových oblastiach veľmi nízku hustotu, väčšinou 2–4 m.ha⁻¹ oproti potrebným 15–20 m.ha⁻¹ i viac.

Táto situácia si následne vynútila výstavbu hustej siete približovacích ciest, čo má však veľmi negatívne dôsledky na prírodné i životné prostredie a v konečnom dôsledku i na ďalšie hospodárenie v lese. I keď uvedený údaj o hustote približovacích ciest 17,11 m.ha⁻¹ tomu nenasvedčuje, vzhľadom na skutočnosť, že výpočet nezahŕňa dočasné približovacie cesty, bude údaj o skutočnej hustote zemných ciest v údolí Zbojského potoka

značne vyšší. Zaušková (1996) uvádza, že pomer pevných ciest k zemným tu dosahuje 1 : 13 – a už pomer 1 : 3 je v podmienkach karpatského fľyšu z ekologického hľadiska nepriaznivý.

Z tohto vyplýva vysoká hustota LCS v experimentálnom území údolia Zbojského potoka (v hodnote 43,69 m.ha⁻¹ z dôvodu náročnosti vonkajších terénnych prác nie sú zahrnuté zemné približovacie cesty dočasného charakteru). Klč (1994a,b) uvádza, že hustota LCS v priemere pre celú Slovenskú republiku dosahuje trojnásobok až paterónásobok dĺžky ciest triedy 1L, 2L a trvalých približovacích spolu. V tom optimistickejšom prípade to pri hustote spomínaných ciest (tab. III) 17,64 m.ha⁻¹ predstavuje 52,92 m.ha⁻¹, v pesimistickejšom 88,2 m.ha⁻¹.

Zistený teoretický rozostup ciest (tab. II) v porovnaní s hodnotou odporúčanou autormi v únosnom a priechodnom teréne pre sprístupnenie hospodárskeho lesa traktorovými technológiami približovania dreva do 600 m (Beneš, 1986) je nízky. Pre lanovkové približovacie technológie, ktoré by v tomto regióne mali vzhľadom na prírodné podmienky a nakoniec aj na platnú technologickú typizáciu (v údolí Zbojského potoka patrí k lanovkovému technologickému typu takmer 60 % územia) prevládať, je tento rozostup nevhodný. Autori odporúčajú pre takéto prírodné podmienky a pre lanovkové sústreďovanie dreva rozostup 800 až 1 000 m (napr. Beneš, 1986) a prebytočné cesty asanovať.

Hodnoty teoretickej približovacej vzdialenosti a geometrickej približovacej vzdialenosti 94 m a 197,85 m ostro kontrastujú s údajom o skutočnej približovacej vzdialenosti. Jej hodnota je v porovnaní s priemernými približovacími vzdialenosťami uvádzanými v literatúre (tab. IV) 3,38-krát väčšia ako pre Severoslovenské štátne lesy a 2,26-krát väčšia, ako sa udáva pre Východoslovenské štátne lesy. Podobne i priemerná približovacia vzdialenosť vymodelovaná v prostredí GIS 1 378,32 m (tab. V) vykazuje väčšiu hodnotu, než sú priemerné hodnoty uvedené v tab. IV. Je to alarmujúca skutočnosť, najmä ak uvážime, že ekonomicky optimálna priemerná približovacia vzdialenosť udávaná autormi je pri traktorových technológiach približovania dreva asi 500 m (Rónay, Bumerl, 1982; Klč 1994a,b).

Záverom možno konštatovať, že súčasný stav sprístupnenia porastov v LHC Zboj je z hľadiska dnešných

IV. Priemerná približovacia vzdialenosť u štátnych lesov (Lukáč, 1996) – Average skidding distance in the State Forests company (Lukáč, 1996)

Lesný podnik ¹	Priemerná približovacia vzdialenosť ² (m)
Západoslovenské lesy	776
Severoslovenské lesy	740
Stredoslovenské lesy	770
Východoslovenské lesy	1 108

¹forest establishment, ²average skidding distance

V. Priemerné približovacie vzdialenosti pre traktorové technológie pre jednotlivé porasty – Average skidding distances for skidder technologies in the particular stands

Označenie ¹ JPRL	Približovacia vzdialenosť ² (m) na cestu ²
2511	221
264	239
2512	241
281	248
249	257
265	268
263	296
280	355
282	382
248	395
239	395
266	398
250	404
252	455
240	456
2691	456
2621	499
247	501
268	502
267	508
241	509
279	519
278	539
238	561
283	593
284	597
2622	609
235	640
2692	646
277	654
246	670
270	682
234	694
276	707
237	711
253	724
2691	727
271	740
261	779
275	781
272	782
236	788
245	827
286	832
233	854
222	879
260	887

Označenie ¹ JPRL	Približovacia vzdialenosť ² (m) na cestu ²
223	945
285	961
2541	984
224	991
221	992
289	1 005
232	1 037
288	1 042
2201	1 043
257	1 046
231	1 053
287	1 057
2251	1 069
2202	1 084
2252	1 084
2542	1 084
290	1 088
258	1 093
2251	1 103
208	1 133
291	1 147
292	1 170
2251	1 207
194	1 224
2422	1 239
293	1 254
184	1 254
295	1 260
2191	1 276
294	1 296
2192	1 297
229	1 321
2732	1 346
204	1 351
243	1 404
1932	1 411
209	1 412
2031	1 485
296	1 586
298	1 611
2171	1 616
185	1 622
196	1 648
183	1 672
297	1 685
2172	1 710
228	1 722

Označenie ¹ JPRL	Približovacia vzdialenosť ² (m) na cestu ²
300	1 748
304	1 755
1952	1 765
303	1 822
202	1 849
214	1 851
2152	1 857
1951	1 868
184	1 877
2151	1 927
2272	1 934
301	2 096
3051	2 098
2101	2 106
216	2 137
2102	2 144
3052	2 148
200	2 149
306	2 163
310	2 169
302	2 186
307	2 205
2132	2 206
2131	2 237
176	2 262
2032	2 276
2421	2 389
255	2 389
256	2 409
207	2 420
259	2 442
206	2 446
205	2 479
1931	2 544
226	2 548
2181	2 558
2731	2 617
230	2 621
244	2 682
274	2 718
192	2 756
2271	2 839
2182	3 014
2732	3 028
299	3 062
197	3 260
Priemerná³	1 378

¹designation, ²skidding distance to hauling road, ³average

požiadaviek na hospodárnosť a šetrnosť sústreďovania dreva nevyhovujúci. Existujúci stav sprístupnenia lesa by bolo v týchto oblastiach potrebné upraviť a vo vzťahu k ťažbovo-dopravným technológiám prispôbiť zvýšenému podielu lanovového približovania dreva (teda požiadavke používať technológie približovania dreva prevažne lanovými systémami) na úkor traktorového, a to vzhľadom na špecifické prírodné podmienky karpatského flyšu i vzhľadom na členitosť a premenlivosť terénnych podmienok – 44 % územia LHC Zboj, teda 2 576 ha, je v rámci platnej technologickej typizácie zaradených k technologickeému typu č. 3, t.j. k „lanovkovým terénom“. Kladieme preto dôraz na zavádzanie lanových zariadení do technológií sústreďovania dreva.

ZÁVER

Problematika sprístupňovania lesa vo vzťahu k voľbe ťažbovo-dopravných technológií je vysoko aktuálna vo všetkých hospodársky a ekologicky vyspelých krajinách. Je to veľmi zložitá a komplexná záležitosť, v dôsledku čoho sa nikde vo svete nepodarilo vytvoriť úplne prepracovaný, zdôvodnený, overený a praxou plne uznávaný postup alebo metódu jej riešenia.

Vďaka rýchlemu vývoju výpočtovej techniky a jej masovému zavádzaniu do hospodárskeho života i našej krajiny – vďaka rýchlosti a množstvu spracúvaných dát – bude v blízkej budúcnosti pravdepodobne táto technika prostriedkom, ktorý umožní rozvinúť, doplniť a objektivizovať v súčasnosti používané metódy riešenia koncepcie sprístupňovania lesov.

APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS IN THE SPHERE OF FOREST ACCESS

R. Kysel, V. Messingerová, E. Pacola

Technical University, Faculty of Forestry, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen

The current trend of well-balanced forest management and care of forest land should be aimed to establish an equilibrium between the production potential of forest lands and social requirements. With respect to the economic and ecological outcomes of forest management key issues are to ensure forest access through a forest road network and the choice of skidding technology. One of the approaches is to use computer technology, namely GIS and DTM.

The use of GIS and DTM methods to solve the forest access problem was tested in a model area of the Zbojský brook valley in the Eastern Carpathian Mts. This area is suitable for application of DTM and GIS methods due to its broken topography and variable ter-

rain and natural conditions of the Carpathian flysch. The forest access problem is very urgent there because the terrain lies in Poloniny National Park, that means in the region with strict claims on nature conservation.

Literatúra

- BENEŠ, J., 1986. Príspevek k řešení otázek plánování lesní dopravní sítě. In: Vedecké práce VÚLH Ako zlepšiť kvalitu lesných ciest a zahrádzania bystrín. Bratislava, Príroda, č. 5: 13–42.
- KLČ, P., 1994a. Prírodné prostredie po realizácii lesnej dopravnej siete. [Záverečná správa účelovej činnosti.] Zvolen, VÚLH: 94.
- KLČ, P., 1994b. Lesná dopravná sieť a potreby jej ekologizácie. Zvolen, LVÚ, Dialóg Les, 10/94: 3–5.
- LUKÁČ, T., 1996. Lesné dopravníctvo. Zvolen, TU, LF: 280.
- MIDRIAK, R. et al., 1988. Obhospodarovanie lesov vo flyšových oblastiach. Bratislava, Príroda, Lesn. Štúd., č. 44: 156.
- PACOLA, E., 1999. Optimalizácia lokalizácie trás lesných odvozných ciest v prostredí GIS. [Dizertačná práca.] Zvolen, TU, LF: 154.
- ROŠKO, P., 1984. Teoretické základy približovania dreva a sprístupňovania lesov v horských terénoch. Bratislava, Veda, Vydavateľstvo SAV: 283.
- RÓNAY, E. – BUMERL, J., 1982. Doprava dreva. Bratislava, Príroda: 302.
- ZAUŠKOVÁ, L., 1996. Krajinnokoologické aspekty lesných ciest v povodí Zbojského potoka. Acta Fac. ecol. Zvolen., TU, č. 3: 213–217.

Došlo 8. 2. 1999

rain and natural conditions of the Carpathian flysch. The forest access problem is very urgent there because the terrain lies in Poloniny National Park, that means in the region with strict claims on nature conservation.

At first, the extent of forest access was evaluated by a traditional method: several basic theoretical parameters were calculated (density and spacing of forest road network, theoretical, geometric and actual skidding distances, efficiency of forest access).

The extent of forest excess was not evaluated by parameters of relative forest access within the project designed using GIS ARC/INFO software by ESRI company. Actual skidding distance was used as a criterion of forest access evaluation in the model terrain. As a part of prac-

tical technological workplace preparation the actual skidding distance is directly reflected by the cost rate of skidding technologies, and in the context of economic effectiveness of these technologies it is a limiting factor of their use. Unreasonably long skidding distances will underlie in the degree of damage to the forest environment, mainly to soil and adjacent forest stands. Hence the actual skidding distance describes in the best way the efficiency of forest access in terms of economic and ecological criteria.

Project development is outlined in Fig. 1. A geographic database was generated by transformation of the Zbojský brook valley map at a scale 1 : 10,000, data of Forest Management Plan and of the Plan of Forest Road Network into digital form.

Technological parameters of the area were simulated in generated DTM by help of the modules LANDING HILL.AML and LANOVKY.AML. A model of tractor skidding distance is a map of distances of each raster cell measured on DTM surface in a direction of the largest gradient to the nearest hauling road. The algorithm of the calculation of skidding distances does not consider the existing forest road network of lower order. The procedure fully meets the criterion of definition of the plots situated beyond the limit of economic skidding distance from the existing roads or terrain edges. The actual skidder route simulated in the GIS environment can obviously be somewhat different from the considered model, but it will approach it very closely in all cases.

The algorithm of calculation of cableway skidding distances works in a different way. It will generate a map of distances of each raster cell measured as a skew line of sight, i.e. the connecting line between the center of the initial cell and the center of the end, analyzed cell. „Visibility“ between the initial and end point is analyzed for each line of sight as well as terrain orientation under the line of sight. If it is not possible to „see“ into the inside of the cell and the exposition departs from the horizontal azimuth of the line of sight, the cell will be inserted a signal (penalty) value – the cell is not accessible. The above method is in good accordance with the fact that cableway skidding in the conditions of Slovakia is carried out along paths at right angles to the contour in most cases. The analysis of „visibility“ indicates unaccessible parts of forest stands, e.g. on the other side of the mountain ridge.

Tables I and II show the basic theoretical parameters calculated to evaluate the extent of forest access in the experimental area of the Zbojský brook valley, and road lengths in the particular classes. The calculated values of forest road network density and of theoretical and geometric skidding distances demonstrate a low density of forest roads of class 1L, and on the contrary, a high density of roads of class 2L and roads of lower order. The value of theoretical spacing (380 m) also indicates a high density of forest roads in the experimental area. But the actual skidding distance sharply contrasts with this fact. It is due to the lack of good-quality hauling roads of class 2L, and mainly of class 1L, to reduce this distance to the economically and especially ecologically admissible length.

Fig. 2 shows a model of skidding distances for skidder technologies. The computed values from 0 to 5,000 m demonstrate the insufficiency of forest road network. The values of average skidding distances (Table V) range from 221 to 3,259 m while the total average skidding distance is 1,378.32 m.

The values of skidding distances for cableway technologies (Fig. 3) range from 0 to 1,200 m; as the radius of operation of commonly used cableway systems is ca. 500 m in Slovak forests, the remaining, more distant part of the terrain is not accessible for cableway technologies. The gray color in both cartographic layouts represents the raster cells that were attributed penalty values by the analysis of „visibility“.

On these maps, it is possible to make a direct evaluation of the existing forest road network with respect to the actual access to any forest stand that is based on economic effectiveness of wood skidding or on the operating radius of skidding technologies in the case of cableway skidding. On the contrary, the extent of access to the terrain is a theoretical value not describing the actual hauling conditions.

The problem of forest access is a complex one. Research in this field has undergone fast development due to great advances of computer technology. Progressive trends in the nearest future will be aimed to develop methodologies for technical solutions within GIS and CAD (Computer Aided Design) providing for fast generation of user modules to solve specific problems, flexible access to different database sources and interconnection with modular segments of the forest information system.

Kontaktná adresa:

Ing. Rastislav K y s e l , Technická univerzita, Lesnícka fakulta, T. G. Masaryka 24, 960 53 Zvolen, Slovenská republika

INSTRUCTIONS TO AUTHORS

The journal publishes original results of fundamental and applied research from all fields of forestry related to European forest ecosystems. An article submitted to Journal of Forest Science must contain original work and must not be under consideration for publishing elsewhere. Manuscripts should not exceed 25 double-spaced typed pages (A4 size) including tables, figures, references, abstract and summary. A PC diskette with the paper text and graphical documentation should be provided with the paper manuscript, indicating the used editor program. Papers should be clear, concise and written in Czech, Slovak or English. Each manuscript must contain two or three pages of English summary. Correct English is the responsibility of the author. Manuscripts should be typed on standard paper (A4 size, 60 characters per line, 30 lines per page). They must fully conform to the organization and style of the journal. Two copies of the manuscript should be sent to the executive editor: Mgr. Radka Chlebečková, Institute of Agricultural and Food Information, 120 56 Praha 2, Slezská 7, Czech Republic.

Text

Manuscript should be preceded by a title page comprising the title, the complete name(s) of the author(s), the name and address of the institution where the work was done, and the telephone and fax numbers of the corresponding author, or e-mail. Each paper must begin with an Abstract of no more than 90 words, and key words. The Introduction should be concise and define the scope of the work in relation to other work done in the same field. As a rule, it should not give an exhaustive review of literature. In the chapter Materials and Methods, the description of experimental procedures should be sufficient to allow replication of trials. Plants must be identified by taxonomic and common name. Abbreviations should be used if necessary. Full description of abbreviation should follow the first use of an abbreviation. The International System of Units (SI) and their abbreviations should be used. Results should be presented with clarity and precision. Discussion should interpret the results. It is possible to combine Results and Discussion in one section. Literature citation in the text should be by author(s), and year. If there are more than two authors, only the first one should be named in the text, followed by the phrase „et al.“ They should mainly consist of reviewed periodicals. References should include only publications quoted in the text. They should be listed in alphabetical order under the first author's name, citing all authors.

Tables

Tables should be numbered consecutively and have an explanatory title. Each table, with title, should be on a separate sheet of paper.

Figures

Figures should be referred solely to the material essential for documentation and for the understanding of the text. Duplicated documentation of data in figures and tables is not acceptable. All illustrative material must be of publishing quality. Figures cannot be redrawn by the publisher. Photographs should exhibit high contrast. All figures should be numbered consecutively with arabic figures. Both line drawings and photographs are referred to as figures. If several separate line drawings or photographs are to be incorporated in a single figure, they should be stuck on a white card with a minimum of space left between them. Each figure should contain a concise, descriptive legend.

The manuscript will not be accepted to be filed by the editorial office if its formal layout does not comply with the instructions for authors.

POKYNY PRO AUTORY

Časopis uveřejňuje původní vědecké práce ze všech oborů lesnictví, které mají vztah k evropským lesním ekosystémům. Autor práce je odpovědný za původnost příspěvku; práce nesmí být publikována nebo zaslána k publikování do jiného časopisu. Rozsah zaslání příspěvku nemá přesáhnout 25 stran (A4 formát, psaných oběděk) včetně tabulek, obrázků, literatury, abstraktu a souhrnu. K rukopisu je třeba přiložit disketu s textem práce a s grafickou dokumentací pořízenou na PC s uvedením použitého programu. K publikování jsou přijímány práce psané v češtině, slovenštině nebo angličtině. Zasláné rukopisy musí obsahovat anglický souhrn o rozsahu 3 strany. Autor odpovídá za správnost anglického textu. Rukopisy mají být napsány na papíře formátu A4 (60 úhozů na řádku, 30 řádků na stránce). Uspořádání článku musí odpovídat formě, ve které jsou články publikovány. Je třeba zaslat dvě kopie rukopisu na adresu vedoucí redaktorky: Mgr. Radka Chlebečková, Ústav zemědělských a potravinářských informací, 120 56 Praha 2, Slezská 7. O uveřejnění práce rozhoduje redakční rada časopisu se zřetelem k lektorským posudkům, vědeckému přínosu a celkové kvalitě práce a s přihlédnutím k významu článku pro lesní hospodářství.

Úprava textu

Rukopis má obsahovat titulní stranu, na které je uveden název článku, jméno autora (autorů), název a adresa instituce, kde práce byla vypracována, a číslo telefonu a faxu autora, popř. e-mail.

Každý článek by měl obsahovat český (slovenský) a anglický abstrakt, který nemá mít více než 90 slov, a klíčová slova. Úvod by měl být stručný, s uvedením zaměření a cíle práce ve vztahu k dosud provedeným pracím. Neměl by v něm být uváděn rozsáhlý přehled literatury. V kapitole Materiál a metody by měl být uveden popis použitých experimentálních metod tak, aby byl postačující pro zopakování pokusů. Měly by být uvedeny obecné i vědecké názvy rostlin. Je-li zapotřebí používat zkratky, je nutné při prvním použití zkratky uvést i její plný název. Je nezbytné používat jednotky odpovídající soustavě měrových jednotek SI. V části Výsledky by měla být přesně a srozumitelně prezentována získaná data a údaje. V kapitole Diskuse se obvykle získané výsledky konfrontují s výsledky dříve publikovanými. Je přípustné spojit část Výsledky a Diskuse v jednu kapitolu. Citování literatury v textu se provádí uvedením jména autora a roku vydání publikace. Při větším počtu autorů se uvádí v textu pouze první z nich a za jeho jméno se doplní zkratka „et al.“.

V části Literatura se uvádějí pouze publikace citované v textu. Měla by sestávat hlavně z lektorovaných periodik. Citace se řadí abecedně podle jména prvního autora: příjmení, zkratka jména, rok vydání, plný název práce, úřední zkratka časopisu, ročník, první a poslední strana. U knihy je uvedeno i místo vydání a vydavatel.

Tabulky

Tabulky jsou číslovány průběžně a u každé je uveden i nápis. Každá tabulka je napsána na jednom listu.

Obrázky

Jsou přiloženy jen obrázky nezbytné pro dokumentaci výsledků a umožňující pochopení textu. Současné uvádění stejných výsledků v tabulkách a na grafech není přijatelné. Všechny obrázky musí být vysoce kvalitní, vhodné pro reprodukci. Nekvalitní obrázky nebudou překreslovány, budou autorovi vráceny. Fotografie musí být dostatečně kontrastní. Všechny obrázky je třeba číslovat průběžně arabskými číslicemi. Jak grafy, tak i fotografie jsou označovány jako obrázky. Jestliže má být několik fotografií publikováno jako jeden obrázek, je třeba je vhodně uspořádat a nalepit na bílou podložku. U každého obrázku je nutné uvést jeho stručný výstižný popis.

Rukopis nebude redakcí přijat k evidenci, nebude-li po formální stránce odpovídat pokynům pro autory.

CONTENTS

Lochman V., Chlebek A., Jařabáč M., Šebková V.: The impact of forest stands in the basins of Červík and Malá Ráztoka on the chemistry of surface water sources	305
Kohán Š.: Effect of fertilizing on the production and health of poplar I-214 (<i>Populus x euroamericana</i> [Dode] Guinier cv. I/214) in intensive plantations	325
Šišák L.: Importance of the main non-timber forest products in the Czech Republic in 1998	331
Kysel R., Messingerová V., Pacola E.: Application of geographic information systems in the sphere of forest access	340

OBSAH

Lochman V., Chlebek A., Jařabáč M., Šebková V.: Působení lešů v povodí Červíku a Malé Ráztoky na chemismus vody povrchových zdrojů	305
Kohán Š.: Vplyv hnojenia na produkciu a zdravotný stav topoľa I-214 (<i>Populus x euroamericana</i> [Dode] Guinier cv. I-214) pri pestovaní v intenzívnych kultúrach	325
Šišák L.: Význam hlavních ne dřevních produktů lesa v České republice v roce 1998	331
Kysel R., Messingerová V., Pacola E.: Aplikácia metod geografických informačných systémov v sprístupňovaní lesov	340