

Václav Lochman<sup>1</sup> - Milan Bíba<sup>1</sup> - Zuzana Oceánská<sup>1</sup> - Zdeněk Vícha<sup>1</sup> - Jiří Pňáček<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., Strnady; <sup>2</sup>Lesy ČR, s. p., LS Jeseník

## VÝVOJ CHEMISMU PŮD NA VÝZKUMNÉM POVODÍ V OBLASTI JESENÍKŮ

### Development of soil chemistry on the experimental catchment in the Jeseníky Mts. area

#### Abstract

Experimental catchment "U Vodárny" in the area of the Hrubý Jeseník Mts. was established in 1988 with the aim to investigate precipitation and run-off relationship in forest stands as well as chemistry of soil profile. Samples were taken according to genetic horizons in years 1991, 1999 and 2005. In 1992 the stand was limed by dolomitic limestone. Due to decrease of pollutant fallout dynamics of particular elements was found to be different depending on elevation of individual partial plots. Also saturation degree of sorption complex was developing differently in various profiles of individual plots in dependence on tree species composition of stands formed mainly by spruce and partly by beech. Total content of Ca, K and Mg increased only in profile of forest floor whereas in rhizosphere, above all in surface horizons of mineral soil supply of basic cations in sorption complex decreased since 1991 even when the fallout of acid substances was reduced. Probably it is caused by their consumption by stands roots supported by enhanced fallout of nitrogen and proton buffering of protons arisen during nitrification of ammonal ions and because nitrogen compounds are accepted from atmospheric fallout by roots. For preservation of production abilities of soil it is of importance that on investigated plots pH/H<sub>2</sub>O does not fall on values lower than 4.2, when destruction of clay minerals occurs but on the contrary their creation can be supposed in deeper horizons of plots with pH/H<sub>2</sub>O > 5, where primary minerals are weathering.

**Klíčová slova:** lesní půdy, acidifikace, bazické kationty, nasycení sorpčního komplexu půdy, vápnění  
**Key words:** forest soils, acidification, basic cations, basic saturation, liming

## ÚVOD

V lesní oblasti Hrubého Jeseníku se nachází výzkumné povodí U Vodárny. Leží poblíž Jeseníku - Adolfovic, na území, spravovaném LČR, lesní správou Jeseník. Jedná se o povodí bezejmenného levého přítoku Šumného potoka. Má výměru 1,45 km<sup>2</sup>, rozpětí nadmořských výšek 560 – 934 m n. m., převažující expozice je severozápadní. V roce 1988 zde započalo sledování hydrologických údajů, zejména jednotlivých prvků srážkoodtokového vztahu.

V uzávěrovém profilu povodí je umístěn měrný žlab z betonových prvků s osazením limnigrafem pro měření průtoku. Měření srážek na ploše povodí je prováděno pomocí čtyř totalizátorů s měsíčním režimem. Ve vzdálenosti cca 300 m od měrného žlabu je umístěna meteorologická stanice s měřením základních klimatických charakteristik – teplot, vlhkosti vzduchu a slunečního záření. Jsou zde také zachycovány srážky pro chemické analýzy spadů imisních látek. Měření průtoku je založeno na sledování výšky hladiny vody v měrném žlabu. Vedle původních mechanických hladinoměřů (limnigrafů) je zde instalován i digitální systém měření pomocí ultrazvukového paprsku. Také klimatická data jsou měřena automaticky a výsledky jsou zpracovávány v měřicí ústředně.

Výsledky sledování chemismu srážek a vody v potoce jsou uvedeny ve výroční zprávě (BÍBA et al. 2006) a v publikaci (LOCHMAN et al. 1996).

Povodí slouží jako srovnávací i pro hodnocení mnohem déle sledovaných povodí v Beskydech – Červíku a Malé Ráztoky. Oproti experimentům v Beskydech, kde byla uskutečněna několikanásobně zrychlená porostní obnova, nebyla v lesních porostech „U Vodárny“ provedena změna systému hospodaření. Po celou dobu experimentu zde probíhá běžné hospodaření, které reprezentuje přístupy, které jsou pro danou oblast a dobu typické. Vedle nepřetržitého měření srážkoodtokového vztahu jsou zde periodicky sledovány i další složky lesního ekosystému. Jednou z nich je i chemismus půdního profilu a vliv aplikace dolomitického vápence, kterému se podrobně věnuje tento příspěvek.

## METODIKA

### Popis porostů na dílčích plochách:

Lesní porosty v experimentálním povodí jsou součástí LHC Jeseník. Hospodaří zde LČR, s. p., lesní správa Jeseník. Od 1. 1. 2007 zde platí nový LHP, k němuž jsou vztaženy všechny následující údaje o porostech na dílčích plochách. Základní údaje ke všem sedmi dílčím plochám (půdním sondám) jsou uvedeny v tabulce 1. Plochy jsou číslovány od nejvyšších nadmořských výšek (900 m n. m.) postupně k nejnižším v údolních polohách (610 m n. m.)

Plocha č. 1 se nachází v rozvolněném mýtním smrkovém porostu (věk 120 let), nadmořská výška 900 m, expozice svahu je severní. Spolu s plochou č. 2 jde o nejvýše položené dílčí plochy na povodí, poblíž rozvodnice. Na seči mezi plochami č. 1 a 2 se nachází jeden ze čtyř srážkoměrů (totalizátorů) na povodí.

Plocha č. 2 leží cca 100 m po vrstevnici od plochy č. 1 v 40letém porostu smrku. Zde byly v letech 1991 a 1999 odebírány pouze povrchové horizonty do hloubky 20 cm, v roce 2005 pak již do hloubky 70 cm.

Plocha č. 3 se nachází v porostu s převahou buku. Věk porostu je 140 let, ve spodní etáži jsou nárosty buku z přirozeného zmlazení. Porost je postupně obnovován clonnou sečí, která však zatím do okolí půdní sondy výrazněji nezasáhla. Nadmořská výška plochy je cca 820 m a expozice svahu severozápadní.

Plocha č. 4 leží v porostu smrku ve věku 108 let, nadmořská výška obdobná jako u plochy č. 3 (810 m), expozice svahu severní. Porost je místy značně narušen polomy. Také v části přiléhající k půdní sondě je patrné proředění, ale není zde dosud vyvinuta přirozená obnova.

Plochy č. 5 a 6 leží v údolní části povodí, v nadmořské výšce cca 630 m, v prudkém svahu nad vodním tokem. Expozice je západní až jihozápadní. Porost ve věku 36 let je skupinovitě smíšený. Plocha č. 5 leží ve skupině s převládajícím smrkem, plocha č. 6 ve vzdálenosti cca 30 m ve skupině s převládajícím bukem.

**Tab. 1.**  
Základní údaje dílčích ploch na povodí U Vodárny  
Basic data of partial plots on catchment U Vodárny

Dílčí plocha/ Partial plot	Nadm.výška m/ Elevation	Porost.skup./ Stand group	HS/ Manag. unit	Les. typ/ Forest type	Věk/ Age	Zakmen./ Density	Dřevina/ Tree species	Zastoup. %/ Represent.	Zásoba m <sup>3</sup> /ha/ Supply	Poznámka/ Note
1	900	447B12	541	6K1	120	8	SM/spruce	98	424	
							BK/beechn	2	5	
2	900	447B04	541	6K1	40	10	SM/spruce	99	221	
							BK/beechn	1	1	
3	820	447A14	8546	6S1	140	8	BK/beechn	90	318	
							SM/spruce	9	50	
							KL//syc. maple	1	3	
4	810	447C11	541	6S1	108	9	SM/spruce	100	507	
5 a 6	630	447A04	8546	5S1	36	10	BK/beechn	62	76	plocha/plot 6 plocha/plot 5
							SM/spruce	35	86	
							KL//syc. maple	2	3	
							BR/birch	1	1	
7	610	448B08	541	5S1	77	9	SM/spruce	95	441	
							BK/beechn	2	7	
							KL//syc. maple	1	3	
							MD/larch	1	5	
							JS/ash	1	2	

**Tab. 2.**  
Vývoj chemismu půdy na povodí U Vodárny - plocha 1  
Soil chemistry on catchment U Vodárny - plot 1

Horizont/ Horizon	Rok odběru/ Sampling year	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Cox	Nt	C : N	Na	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Fe	Al	P
				%	%		ppm								
L	1999	4,24	3,16	25,45	1,380	18,4	32,2	329	165	1333		229	228	384	220
L/F	2005	4,07	2,91	44,00	2,160	20,4	22,6	454	305	1307	40,8	170	117	292	82
H	1991	3,80	3,10	18,84	0,900	20,9	15,6	226	109	419	12,6	35,9	151	940	38
	1999	3,77	2,96	13,35	0,870	15,3	48,1	170	69,4	245		25,3	205	1105	137
	2005	3,70	2,72	38,00	1,800	21,1	27,7	310	204	482	26,8	35,9	229	1033	49,3
0 - 10 cm	1991	4,00	3,70	4,93	0,252	19,6	7,2	46,2	21,8	55	6,82	34,9	4,4	673	36
	1999	4,09	3,26	5,17	0,269	19,2	20,8	47,2	26,6	75,4		51,3	13,4	844	81
	2005	4,27	3,55	5,83	0,346	15,5	8,9	51	25,8	44,7	2,6	69,3	1,03	594	58
10 - 20 cm	1991	4,30	4,00	3,52	0,204	17,3	6,2	33,9	15,8	71	2,8	14,9	2,5	432	84
	1999	4,50	3,86	2,48	0,195	12,7	31,1	26,7	12,5	64,7		13,2	3,39	411	91
	2005	4,65	4,16	4,04	0,230	17,6	8,3	29,5	10,2	29,6	2,15	15,4	2,43	490	62,2
20 - 30 cm	1991	4,40	4,00	3,07	0,174	17,6	7,1	25,9	11	46	2,71	7,3	0,7	296	120
	1999	4,53	3,96	2,30	0,150	15,3	21,1	16,9	10,9	55,1		9,3	1,27	342	130
	2005	4,73	4,26	3,77	0,220	17,1	8,4	22,5	8,2	28,9	1,83	12,4	1,05	408	34,8
30 - 40 cm	1991	4,50	4,30	3,93	0,156	25,2	7,8	27,1	10,6	57	2,93	9,5	0,9	231	120
	1999	4,50	4,05	2,14	0,140	15,3	15,9	18,9	9,3	59,1		8,4	1,09	289	142
	2005	4,76	4,34	2,63	0,151	17,4	7,1	20,1	4,1	21,5	2,1	5	0,81	334	17,4
40 - 50 cm	1991	4,50	4,20	2,11	0,105	20,1	6,6	30,1	9,6	69	3	3,5	0,2	160	232
	1999	4,51	4,12	2,57	0,174	14,8	19,7	19,3	9,7	70,9		5	<0,6	245	150
	2005	4,75	4,39	2,02	0,111	18,2	5,6	24,9	2,9	18,6	2,2	2,8	0,51	271	29,3
50 - 70 cm	1991	4,50	4,35	1,39	0,099	14	6	32,4	7,3	44,5	3	2,8	0,2	152	256
	1999	4,62	4,11	1,46	0,110	13,2	37,6	55,3	8,3	64,2		2,8	1,02	215	169
	2005	4,80	4,39	1,82	0,105	17,3	5,2	21,9	2,7	14,7	2,8	2	0,42	262	32,8
70+	1991	4,50	4,30	1,61	0,081	19,9	6,4	34,2	6,3	34	4,2	2,3	0,3	148	306
	2005	4,80	4,33	1,44	0,078	18,5	7,2	46,6	1,7	9,8	11,1	1,71	0,33	250	68,7

Tab. 3.

Vývoj chemismu půdy na povodí U Vodárny - plocha 2  
Soil chemistry on catchment U Vodárny - plot 2

Horizont/ Horizon	Rok odběru/ Sampling year	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Cox	Nt	C : N	Na	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Fe	Al	P
				%	%										
ppm															
L	2005	4,49	3,57	49,90	1,760	28,4	12,7	649	302	2249	32,3	688	18,2	70,8	112
F	1999	4,11	3,05	37,80	1,980	19,1	41,1	469	190	1916		253	30,9	86	140
L/F	2005	4,47	3,36	45,60	2,170	21	21,6	678	257	1898	37,7	865	43,9	88,7	130
H	1991	3,70	3,00	20,80	1,340	15,5	14,9	282	112	450	16,7	24,8	113,4	779	97
	1999	3,88	2,84	25,70	1,060	14,1	33,3	193,2	67	257		15	206,7	1084	93
	2005	4,11	3,22	25,20	1,480	17	17,3	420	117	220	12,3	104	305	768	45,8
0 - 10 cm	1991	3,90	3,50	4,21	0,228	18,5	5,4	42,3	22,3	65	2,48	26,3	8,2	546	54
	1999	4,28	3,51	3,23	0,279	11,6	22,8	46,4	16,2	55,2		38,5	4,1	567	72
	2005	4,29	3,54	6,70	0,414	16,2	6,42	56,3	23,6	16,8	3,51	66,1	23,3	677	25,2
10 - 20 cm	1991	4,20	3,90	4,00	0,228	17,5	6,5	45,7	17,6	46	5,5	19,9	2,3	486	39
	1999	4,53	3,92	2,72	0,232	11,8	16,1	39	11,7	56,2		18,7	1,01	351	121
	2005	4,69	4,20	2,80	0,196	14,3	3,8	21,8	5,2	39,2	3	18	1,63	348	91
20 - 30 cm	2005	4,72	4,26	2,25	0,167	13,5	3,6	18,4	3,7	38,6	3,4	11,5	0,99	292	58
30 - 40 cm	2005	4,79	4,34	2,25	0,153	14,7	4,4	15,5	3,2	32	3	5,7	0,95	236	59,2
40 - 50 cm	2005	4,83	4,38	1,82	0,121	15	5	12,7	1,6	34,3	2,6	2,7	0,74	216	102
50 - 70 cm	2005	4,82	4,38	1,60	0,106	15,1	4,9	12	1,6	31	2,3	2,4	0,55	200	136

Nejnižší ležící plocha č. 7 (610 m n. m.) je situována do smrkového porostu ve věku 77 let. Leží ve spodní části mírného svahu se severovýchodní expozicí v údolní poloze.

Geologickým substrátem půd na povodí jsou převážně svahové materiály z amfibolitu, na jihovýchodním okraji povodí, včetně nejvyšších partií, se vyskytují biotitické pararuly a amfibolitické ruly.

Půdy na sledovaných plochách v povodí U Vodárny lze zařadit do kambizemí. Na plochách č. 1 a 2 se vyvinuly kambizemě dystrické, rankerové (skelet zaujímá > 50 % objemu), na plochách č. 3 a 4 jsou také kambizemě dystrické. Na níže položených plochách č. 5 a 6 je nasycení půdního sorpčního komplexu bazemí < 20 % pouze do hloubky 50 cm a ve smyslu klasifikace WRB (1998) je lze hodnotit jako epidystrické. Na ploše 7 odpovídají kritéria kambizemí modální a podle kritérií WRB je možno ji hodnotit jako endoeutrickou.

#### Popis prací

V červenci roku 2005 byly na povodí U Vodárny provedeny plánované odběry půdních vzorků z kopaných sond. Předchozí odběry půdních vzorků se uskutečnily na povodí U Vodárny v červenci 1991 a 1999. Opakované odběry pro laboratorní analýzy, na sedmi stejných lokalitách byly provedeny tak, aby mohl být stanoven trend vývoje chemismu půd. V roce 1992 se na povodí uskutečnilo vápnění. Aplikace dolomitického vápence byla provedena letadlem v množství 3 t/ha.

#### Laboratorní rozbor

Laboratorní analýzy vzorků prováděla zkušební laboratoř VÚLHM v Jílovišti-Strnadlech podle standardních operačních postupů ICP Forests. Metodiky rozborů nebyly měněny, jedinou výjimkou bylo stanovení celkového C a N. Vedle stanovení aktiv-

ního pH (H<sub>2</sub>O) a výměnného pH (KCl) a obsahu celkového uhlíku (Cox) a dusíku (Nt) byla zjišťována i zásoba výměnných bazických kationtů a kovů Na, K, Mg, Ca, Mn, Fe, Al a Zn v 1 M NH<sub>4</sub>Cl. Stanoven byl i přístupný fosfor. Při zjišťování celkového obsahu prvků v materiálu pokryvného humusu po mineralizaci v koncentrované HCl (1991) nebyla analyzována vrstva H, v letech 1999 a 2005 byla použita pro analýzy lučavka královská.

## VÝSLEDKY

Hodnocení změn chemismu půd na sledovaných plochách je zapotřebí provést samostatně v období mezi roky 1991 až 1999, kdy bylo provedeno vápnění porostů (1992) a mezi roky 1999 až 2005, v období podstatného snížení depozice Ca, Mg a dalších komponentů tuhého spadu. Výsledky všech analýz na jednotlivých plochách jsou uvedeny v tabulkách 2 až 9.

V roce 1999 byly oproti roku 1991 ve vzorcích humusu a půdy stanoveny vyšší hodnoty aktivního pH (H<sub>2</sub>O) a nižší hodnoty výměnného pH (KCl). V celém hodnoceném období let 1991 až 2005 se v půdách sledovaných ploch projevil nárůst aktivního pH (H<sub>2</sub>O), s výjimkou plochy č. 1, kde ve vrstvě H jeho hodnota poklesla. Ve výše uvedeném období se projevil na sledovaných plochách rozdílné trendy vývoje výměnného pH (KCl). Na většině ploch se hodnoty zvýšily ve vrstvě F, ve vrstvě H jen na plochách č. 2, 6, 7 a na ostatních se projevil pokles. V minerálním profilu byl zjištěn nárůst pH/(KCl) na ploše č. 1 a 2 a v povrchových minerálních horizontech na plochách č. 2, 3, 4, 5. V hlubších horizontech ploch č. 3, 4, 5 nastal pokles hodnot a také v celém minerálním profilu ploch č. 6 a 7.

Pro posouzení vlivu aplikace dolomitického vápence v roce 1992 na změny celkového obsahu Ca a Mg i dalších prvků mezi roky 1991 a 1999 máme k dispozici v roce 1991 pouze analýzy vrstvy F

Tab. 4.

Vývoj chemismu půdy na povodí U Vodárny - plocha 3  
Soil chemistry on catchment U Vodárny - plot 3

Horizont/ Horizon	Rok odběru/ Sampling year	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Cox	Nt	C : N	Na	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Fe	Al	P
				%	%										
ppm															
L	2005	5,47	4,60	39,90	1,550	25,7	30,8	1146	610	5248	16,8	843	7,3	65	257
F	1999	4,98	4,20	34,40	1,770	19,5	29,1	471	238	2467		595	2,7	27,4	118
	2005	5,27	4,38	40,10	1,710	23,5	21,6	678	257	1898	37,7	865	43,9	88,7	243
H	1991	3,80	3,50	18,34	0,940	19,5	13	232	87,5	440	10,8	130	29,5	1092	53
	1999	4,40	3,31	21,68	1,490	14,6	15,1	187	137	876		126	43,9	260	143
	2005	4,43	3,48	28,50	1,690	16,9	25,8	620	255	1348	24,1	133	206	504	52
0 - 5 cm	1991	4,30	3,80	5,78	0,372	15,5	6,6	56,4	24	80	4,54	34,4	1,5	601	43
	1999	4,34	3,30	5,11	0,585	8,73	16,5	92,2	69,8	276		73,3	19,1	695	91
	2005	4,59	3,83	7,97	0,527	15,1	6,6	148	40,5	140	6,7	62,6	16,7	703	9,5
5 - 10 cm	1991	4,50	4,10	3,96	0,294	13,5	7,7	32,4	17,4	73	5,7	18,6	0,7	551	76
	1999	4,51	3,50	6,51	0,409	15,9	25,1	53,9	42,5	155		55,2	4,83	696	117
	2005	4,97	4,35	2,67	0,170	15,7	5,1	181	4,9	49,5	3,4	9,6	0,83	299	14,1
10 - 20 cm	1991	4,50	4,20	3,78	0,264	14,3	7,2	19,9	13	58	4,9	14,8	0,7	532	65
	1999	4,82	4,01	2,36	0,181	13,1	11	18,8	9,6	78,1		10,6	<0,6	277	156
	2005	4,93	4,38	2,41	0,152	15,9	5,3	11,4	5	54,1	1,42	9,92	0,7	283	6,4
20 - 30 cm	1991	4,50	4,20	5,95	0,240	24,8	8,4	19,1	14,1	70	3,7	15	0,3	514	118
	1999	4,67	4,10	1,85	0,156	11,9	12,4	14	7,6	61,7		10,9	<0,6	229	201
	2005	4,83	4,37	1,72	0,114	15,1	4,9	9,6	5	31,8	1,12	11	0,72	257	8,9
30 - 40 cm	1991	4,70	4,30	2,55	0,180	14,2	12,6	17,4	12	73	0,1	13,7	0,58	435	198
	1999	4,60	4,09	1,15	0,111	10,4	15,2	13,6	10,5	73,1		13,9	<0,6	202	156
	2005	4,78	4,32	1,44	0,109	13,2	5,2	11,8	6,6	33	0,93	19	0,55	276	10,8
40 - 50 cm	1991	4,90	4,40	1,46	0,078	18,7	19,6	14	13,4	121	0,33	2,4	0	228	370
	1999	4,73	4,09	0,97	0,103	9,4	15,2	18,7	8,3	61,1		13,9	<0,6	200	236
	2005	4,82	4,33	1,27	0,099	12,8	5,5	15	7,3	37,9	1,14	25,5	0,24	256	17,3
50 - 70 cm	1991	5,05	4,40	1,11	0,056	19,8	25,2	16,9	9,1	105	0,94	2	0,1	201	390
	1999	5,10	4,10	0,61	0,058	10,5	27,3	16,4	8,8	81,1		7,4	<0,6	101	246
	2005	4,96	4,34	1,14	0,093	12,3	7,4	17,3	9,8	51,4	1,2	25,1	<0,133	217	11,7
70 - 115 cm	1991	5,40	4,70	0,37	0,018	20,6	13,3	25,4	8,3	102	0,35	1,2	0	88	550
70 - 90 cm	1999	5,34	4,02	0,37	0,037	10,1	39,9	22,2	11,5	109		2	<0,6	105	614
70 - 90 cm	2005	5,45	4,33	0,53	0,043	12,3	17,1	11,6	8,9	88,6	1,03	4,8	<0,132	143	336
90 - 110 cm	1999	5,67	4,01	0,50	0,044	11,2	31,5	21,6	12,4	121		4,7	<0,6	146	303
90 + cm	2005	5,51	4,26	0,39	0,031	12,6	25,3	14,9	7,6	98,9	0,86	1,12	0,2	164	401

pokryvného humusu. S odstupem sedmi let od aplikace se v této vrstvě ukázalo zvýšení celkového obsahu K a Mg na plochách č. 1 až 6 a na výše položených plochách i Ca. Ve vzorcích z roku 1999 je též patrný nárůst Mn a P. Na všech plochách poklesl obsah Pb a na plochách č. 2 až 7 také celkový obsah Zn a Cu.

V dalším období let 1999 až 2005 se na většině ploch celkový obsah K, Mg a Ca ve vrstvě F zvyšoval a ve vrstvě H snižoval. Pouze na ploše č. 1 poklesly celkové obsahy bazických kationtů ve vrstvě H i F. Obsahy celkového P vykazovaly nejednotný trend vývoje. Celkový obsah těžkých kovů v materiálu pokryvného humusu převážně klesal. Nárůst Cu byl patrný jen ve vrstvě H plochy č. 1. U Zn se zvýšení projevilo ve vrstvě H ploch č. 1, 5 a 6. Nárůst obsahu Pb byl stanoven v pokryvném humusu plochy č. 1 a ve vrstvách H ploch č. 2 a 3.

Vliv letecké aplikace dolomitického vápence v roce 1992 se zřejmě ještě v roce 1999 projevovala v nárůstu výměnného Ca ve vrstvě H

a v povrchových horizontech minerálního půdního profilu na všech plochách, s výjimkou plochy č. 1 a 2. Zvýšení obsahu výměnného Mg bylo zjištěno ve vrstvě H a v humózním horizontu A jen na plochách č. 3, 4, 6 a 7. Na dalších odběrových místech byl stanoven pokles obsahu výměnného Ca a Mg.

V celém sledovaném období mezi roky 1991 až 2005 byl zjištěn nárůst obsahu výměnného Ca ve vrstvě H pokryvného humusu na plochách č. 1, 4, 5, a také v H a hloubce 0 - 10 cm na plochách č. 3, 6, 7. Na plochách č. 6 a 7 se zvýšil výměnný Ca v hlubší části půdního profilu od hloubky 50 cm. Ve výše uvedeném období bylo stanoveno zvýšení obsahu výměnného Mg ve vrstvě H všech ploch a na plochách č. 1, 2, 3, 6 i v hloubce 0 - 10 cm. V porostu buku na ploše č. 6 byl zjištěn nárůst výměnného Mg i ve spodní části profilu (> 50 cm). V roce 2005 se oproti roku 1991 projevil nárůst výměnného K ve vrstvě H na všech plochách, též v humózním horizontu 0 - 10 cm

Tab. 5.

Vývoj chemismu půdy na povodí U Vodárny - plocha 4  
Soil chemistry on catchment U Vodárny - plot 4

Horizont/ Horizon	Rok odběru/ Sampling year	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Cox	Nt	C : N	Na	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Fe	Al	P
				%	%										
L	2005	4,52	3,71	49,20	1,480	33,2	22,5	1147	431	2492	30,1	478	4,4	60,5	364
F	1999	4,18	3,20	38,60	2,040	18,9	75	615	304	2722		381	15,7	75,7	89
	2005	4,44	3,33	48,10	1,850	26	24,2	533	272	2683	25,9	340	31,8	74,4	156
H	1991	3,70	3,00	21,40	1,280	16,7	15,1	253	130	651	16,8	43,2	127	875	79
	1999	3,77	2,87	21,10	1,370	15,4	55,9	223	145	852		62,1	211	871	92
	2005	3,84	2,87	37,90	1,790	21,2	27,1	354	205	1326	16,3	81,6	216	676	68,1
0 - 10 cm	1991	4,20	3,80	5,25	0,280	18,8	8,3	38,3	205	91	3,2	28,3	2,3	498	50
	1999	4,42	3,75	5,14	0,391	13,2	17,5	31,7	19,7	128		26,7	3,2	506	75
	2005	4,63	4,07	4,87	0,367	13,3	8,1	35,6	15,3	87,9	2,8	35,1	3,2	457	<5,51
10 - 20 cm	1991	4,50	4,20	2,98	0,213	14	5,8	25,1	11,9	94	2,7	9,7	0,3	361	105
	1999	4,56	4,02	2,24	0,209	10,7	29,2	21,5	12	103		10,4	<0,6	288	135
	2005	4,84	4,29	2,61	0,174	15	5,2	24,2	5,4	83,4	2,6	7,8	1,2	306	14,6
20 - 30 cm	1991	4,60	4,30	2,22	0,153	14,5	5,7	18,5	9,9	84	2,4	7,8	0,3	233	137
	1999	4,63	4,07	1,38	0,120	11,5	16	14	10,4	93,1		6,7	0,71	209	153
	2005	4,54	4,42	1,81	0,100	18,1	5,9	16,9	3,7	72,3	1,7	6,9	1,3	252	62,6
30 - 40 cm	1991	4,70	4,30	1,69	0,114	9,4	7,2	15,2	8,2	75	2,1	4	0,2	192	200
	1999	4,76	4,13	0,98	0,075	13	13,3	14,3	7,2	71,4		4,4	0,69	183	255
	2005	4,90	4,35	1,63	0,105	15,5	4,7	30,9	3,1	71,2	1,6	5,5	1,1	242	98
40 - 50 cm	1991	4,60	4,40	1,13	0,066	17,1	8,8	15,8	6,8	69	0,42	3,3	0,1	158	280
	1999	5,02	4,02	0,84	0,063	13,3	18,4	14,7	6,8	68,3		3,2	<0,6	167	295
	2005	4,98	4,32	1,32	0,085	15,5	3,2	47,2	2,6	65,7	1,26	4,6	1,02	231	158
50 - 70 cm	1991	4,90	4,45	0,65	0,041	15,9	7,7	28,1	9,2	100	0,23	2,2	0,1	144	458
	1999	5,18	4,07	0,52	0,052	10	20,3	13,5	6,4	82,8		2,2	<0,6	164	288
	2005	5,03	4,33	0,93	0,058	16	2,8	47,3	2	52,1	0,18	3,4	0,91	197	252
70 - 90 cm	1991	5,40	4,80	0,50	0,024	20,8	13,3	22,3	16,4	169	0,22	0,7	0,1	84	430
	1999	5,70	4,12	0,24	0,030	8	37,2	20,1	13,3	142		6,8	1,7	95,1	495
	2005	5,51	4,33	0,73	0,043	17	10,8	23,2	11,5	157	0,58	2,8	0,95	149	315

na plochách č. 1, 2, 3, dále v půdě od hloubky 30 cm na plochách č. 4 a 5 a v celém půdním profilu na plochách č. 6 a 7. Zásoba přístupného P poklesla na všech sledovaných půdách s výjimkou vrstvy H na ploše č. 1 a vrstvy F a horizontu 30 - 50 cm na ploše č. 7.

Zásoba bazických kationtů v sorpčním komplexu půdy určuje stupeň jeho nasycení V. U půd sledovaných ploch je toto nasycení nepřímo závislé na nadmořské výšce a exponovanosti vůči proudění vzduchu. Na nejvyšše položených plochách č. 1 a 2 v porostech smrku překračuje stupeň nasycení V v pokrývném humusu ve vrstvě F 50 % a ve vrstvě H 20 %. V minerálním půdním profilu však nedosahuje na obou plochách 10 %. V porostu buku na ploše č. 3 je nasycení sorpčního komplexu pokrývného humusu příznivější než na plochách č. 1 a 2, ale v půdním profilu až do hloubky 50 cm je též nižší než 10 % a v hloubce 90 cm dosahuje 27 %. Poněkud příznivější je nasycení minerální půdy v porostu smrku na ploše č. 4, to se pohybuje od povrchu až do hloubky 70 cm mezi 11,2 až 15,3 %. V níže položeném porostu smrku na ploše č. 5 byla stanovena vyšší hodnota V v pokrývném humusu, ale v půdním profilu až do hloubky 50 cm je nasycení sorpčního komplexu mezi 9,7 až 19,7 %. Ve spodní části profilu hodnota V výrazněji stoupá.

V porostu buku na ploše č. 6, v sousedství plochy č. 5, bylo v roce 2005 zjištěno podstatně vyšší nasycení sorpčního komplexu pokrývného humusu oproti ostatním plochám (> 90 %). Příznivé bylo i v hloubce 0 - 5 a 5 - 10 cm (50,6 a 37,9 %). V hloubce 10 až 40 cm však také pokleslo pod 20 % (12,3 až 17,9). Od hloubky 40 cm hodnota V opět stoupala až na 84,3 % v 90 cm.

Na nejnižše položené ploše č. 7 měl materiál pokrývného humusu (F a H) příznivé nasycení sorpčního komplexu (81,0 a 71,3 %). Nejnižší hodnota V byla stanovena v hloubce 0 - 10 cm (12,8 %) a s hloubkou profilu stoupala až na > 95 % (> 50 cm).

Při posouzení dat z roku 1991 a 2005 vidíme, že na plochách č. 1, 2, 3, 4 se mezi těmito roky projevil pokles nasycení sorpčního komplexu v celém půdním profilu. Na ploše č. 5 a 6 proběhl tento trend jen do hloubky 70 cm a hlouběji hodnoty V narůstaly. Také na ploše č. 7 pokleslo nasycení půd bázemi do hloubky 40 až 50 cm. V pokrývném humusu se nasycení sorpčního komplexu snížilo (v H) na plochách č. 1 a 2, na ostatních plochách byl v uvedeném období zjištěn nárůst hodnot V.



Tab. 6.

Vývoj chemismu půdy na povodí U Vodárny - plocha 5

Soil chemistry on catchment U Vodárny - plot 5

Horizont/ Horizon	Rok odběru/ Sampling year	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Cox	Nt	C : N	Na	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Fe	Al	P
				%	%										
L	2005	5,14	4,28	47,90	1,760	27,2	22,8	830	515	5074	26	632	10,8	42,2	165
F	1999	4,82	3,74	40,70	1,500	27,1	19,5	247	159	2247		402	3,2	20,1	78
	2005	4,96	4,15	46,30	1,820	25,4	19,3	728	497	5467	29	690	10,3	23,2	173
H	1991	4,20	3,60	15,40	1,080	14,3	10,5	320	151	1607	30,7	247	34,8	483	117
	1999	4,46	3,24	18,20	0,975	18,6	51,8	225	116	1305		285	40,5	483	51
	2005	4,29	3,46	38,60	1,760	21,9	27,5	436	354	3557	34	42,6	65,4	206	76
0 - 10 cm	1991	4,30	3,90	5,10	0,320	15,9	6,9	74,2	22,8	110	5,8	37,8	2,9	461	19
	1999	4,56	3,62	3,35	0,258	13	34,9	58,8	21,2	159		34,7	7,7	499	63
	2005	4,53	4,05	3,88	0,225	17,2	3,5	47	12	70,7	2	30,6	5,1	444	<5,43
10 - 20 cm	1991	4,60	4,20	2,55	0,153	16,7	10,1	52,6	23,7	128	3,9	10,1	0,7	307	71
	1999	4,57	3,94	1,57	0,128	12,2	31,1	30,8	15,1	94,2		10	2	243	96
	2005	4,55	4,23	2,85	0,160	17,8	3,6	46,2	8,3	46,1	1,31	12,2	5,2	352	<5,42
20 - 30 cm	1991	4,80	4,40	2,15	0,105	20,5	11,3	44,4	21,3	120	2,2	4,5	0,6	186	282
	1999	4,53	4,07	1,67	0,122	13,7	15,7	20,2	9,5	52,8		6,2	2,2	210	225
	2005	4,54	4,42	1,81	0,100	18,1	4,8	39,4	4,4	29,3	2	6,4	2,4	206	<5,44
30 - 40 cm	1991	4,90	4,60	0,82	0,057	14,4	8,4	33	13,2	90	0,68	3,3	0,2	92	624
	1999	4,66	4,23	0,84	0,056	15,1	13,3	20,1	8	56,5		2,9	0,75	93,7	295
	2005	4,64	4,52	1,20	0,075	16	3	41,8	3,1	25,2	0,75	7,2	0,74	140	<5,44
40 - 50 cm	1991	5,00	4,70	1,20	0,054	22,2	9,5	28,4	13,5	102	0,31	3,3	0,1	82	740
	1999	4,79	4,29	0,55	0,042	13	25,6	28,1	9,8	69,2		5,1	<0,6	75,5	295
	2005	4,74	4,54	0,83	0,052	16	2,1	47,8	2,2	29,2	0,3	5,9	0,16	107	<5,42
50 - 70 cm	1991	5,10	4,90	0,76	0,039	19,5	8,9	24,1	16,2	143	0,22	1,5	0,1	65	800
	1999	5,32	4,40	0,61	0,045	13,5	18,9	28,4	10,2	100		4	<0,6	39,3	275
	2005	4,97	4,54	0,64	0,039	16,4	3,3	71,2	5,7	63,1	<0,16	6,8	<0,131	93,5	39,8
70 - 90 cm	1991	4,90	4,70	0,49	0,036	13,6	9,8	17,7	18,3	189	0,59	0,9	<0,1	96	524
	1999	5,62	4,34	0,35	0,036	9,9	22,5	20,1	14,8	173		2,4	<0,6	48,9	285
	2005	5,43	4,52	0,58	0,038	15,3	6,7	60,8	13,2	155	<0,16	4,7	0,143	68,1	153

## DISKUSE A SOUHRN

Devadesátá léta minulého století jsou ve střední Evropě a České republice obdobím výrazného poklesu spadu imisních látek, především SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> a Cl<sup>-</sup> a menšího snížení imisí sloučenin dusíku (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>). Snížil se i spad tuhých látek, zejména po roce 2000 a tím i vstup Ca, Mg a dalších prvků. (Ročenka ČHMÚ 2000, 2003). Tento vývoj depozice dokládají změny koncentrací rozpuštěných látek ve srážkové vodě zachycované v údolní části nedaleko měrného přepadu u objektu vodárny (Bíba et al. 2006). Chemismus půdy na povodí, především pokrývného humusu, ovlivnila též aplikace dolomitického vápence v roce 1992.

Základním problémem vývoje chemismu půd je neutralizace protonů (iontů H<sup>+</sup>). Jejich zdrojem jsou jednak interní procesy, především při rozkladu a humifikaci odumřelé organické hmoty a vylučování kyselých látek kořeny vegetace při získávání kationtů. Dalším vnějším (externím) zdrojem protonů je kyselá depozice (H<sup>+</sup>, anionty silných kyselin) a depozice potenciálně kyselých látek (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>).

V nenarušeném prostředí je spotřeba bazických kationtů fytoocenózou, která je spojená s uvolňováním protonů a produkce kyselých látek při rozkladu opadu, pufrována uvolňováním kationtů při

tomto rozkladu opadu a též při zvětrávání matečné horniny (ULRICH et al. 1981, 1989). Tento stav ukazuje pH vodního výluhu půdy > 5. Na sledovaných výzkumných plochách dosahuje této hodnoty půda v hlubší části profilů (> 30 cm) na plochách č. 6 a 7 a v horizontech Cd (B/Cd) ploch č. 3, 4 a 5.

Při nárůstu kyselosti půdy (5,0 l pH/H<sub>2</sub>O > 4,2) se na pufraci protonů vedle případného zvětrávání primárních minerálů podílí především vytěšňování bazických kationtů ze sorpčního komplexu. Tento proces probíhá v celých půdních profilech na plochách č. 1 a 2, ve rhizosféře půd na plochách č. 3, 4 a 5 a v povrchových horizontech půd na plochách č. 6 a 7. Hodnoty pH/ H<sub>2</sub>O 4,2 a nižší (>3,8), při nichž probíhá pufrace protonů narušováním jílových minerálů a hydroxi komplexů Al, spojeného s uvolňováním iontů Al<sup>3+</sup> do půdního prostředí, nebyly v roce 2005 v minerálních půdách na povodí zjištěny. V roce 1991 byly stanoveny hodnoty pH/H<sub>2</sub>O < 4,2 v horizontu 0 - 10 cm na plochách č. 1 a 2. Na plochách č. 6 a 7 bylo v roce 2005 zjištěno snížení zásoby výměnných kationtů Ca, Mg do hloubky 50 cm, oproti předchozím odběrům, i když v těchto horizontech přesahovalo pH/H<sub>2</sub>O hodnotu 5. Příčinou může být dočasný výskyt hodnot pH pod 5 v některých letech před rokem 2005.

Tab. 7.

Vývoj chemismu půdy na povodí U Vodárny - plocha 6

Soil chemistry on catchment U Vodárny - plot 6

Horizont/ Horizon	Rok odběru/ Sampling year	pH/H <sub>2</sub> O	pH/KCl	Cox	Nt	C : N	Na	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Fe	Al	P
				%	%										
L	2005	5,63	4,85	43,80	1,620	27	20,1	877	666	7303	15,9	476	5,61	68	165
F	1999	6,17	5,50	37,70	1,870	20,1	50,6	799	767	8691		459	<0,6	4,4	206
	2005	5,77	5,08	41,70	1,920	21,7	17,7	700	656	8450	10,8	488	9,2	65,4	131
H	1991	4,70	4,20	16,20	1,060	15,3	12,7	318	219	3566	37,9	255	2	63	78
	1999	5,56	4,02	25,70	1,440	17,9	71,8	398	449	5130		320	5	33,9	90
	2005	5,71	4,86	29,20	1,450	20,1	16,5	434	418	6200	10,4	297	2,7	44,6	45,1
0 - 10 cm	1991	4,60	4,20	3,57	0,220	16,2	5,9	46,6	28,6	371	7,1	18,5	0,5	376	44
0 - 5 cm	1999	5,19	3,80	3,32	0,286	11,6	24,4	82,6	29,2	327		74,3	0,67	383	86
5 - 10 cm	1999	5,16	4,08	1,67	0,137	12,2	16,9	18,9	14,7	136		14,5	0,97	300	129
0 - 5 cm	2005	5,02	3,96	6,65	0,403	16,5	9,6	134	54,3	651	8,8	117	1,78	297	7,4
5 - 10 cm	2005	5,14	4,11	4,51	0,248	18,2	10,4	54,8	31,5	405	2,6	42,5	1,03	340	<5,47
10 - 20 cm	1991	4,70	4,30	1,85	0,114	16,2	5,8	42,8	17,2	134	0,89	9,4	0,2	360	125
	1999	5,18	4,13	1,46	0,098	14,8	26,7	16,8	13,3	117	1,31	9,1	<0,6	244	181
	2005	4,98	4,24	2,34	0,138	17	3	60,5	10	57,5	1,31	21	0,5	269	5,4
20 - 30 cm	1991	4,80	4,40	1,78	0,102	17,5	5,7	33,5	14,9	123	0,98	6,4	0,3	215	194
	1999	5,20	4,28	1,07	0,072	14,8	16,1	12,2	8,7	59,2		6,1	<0,6	149	201
	2005	5,01	4,35	1,69	0,103	16,4	3,5	40,1	6,6	42	0,41	16,3	0,14	236	9,2
30 - 40 cm	1991	4,90	4,50	1,37	0,096	14,3	5,3	24,4	12,5	115	0,52	5,4	0,1	170	302
	1999	5,34	4,36	0,58	0,055	10,5	24,8	13,1	9,9	76,4		5,8	<0,6	108	257
	2005	5,14	4,54	1,20	0,076	21,8	3,5	30,2	3,8	45,1	<0,16	7,8	<0,133	140	<5,44
40 - 50 cm	1991	5,10	4,60	1,02	0,057	17,9	6,5	22,4	21,6	182	0,23	5,1	<0,1	145	266
	1999	5,53	4,33	0,38	0,042	8,9	22,1	9	12,3	116		5,3	<0,6	95,4	246
	2005	5,29	4,48	0,83	0,062	13,4	5,2	70,2	10	78,9	<0,16	6,2	<0,132	129	7,41
50 - 70 cm	1991	5,10	4,60	1,26	0,069	18,3	6,6	36,2	20,1	165	0,22	5,9	0,9	148	282
	1999	5,57	4,34	0,49	0,047	10,4	22,8	9,7	25,3	182		7	<0,6	76,4	232
	2005	5,57	4,41	0,75	0,058	12,9	10,3	33,9	53,6	293	<0,16	8,1	<0,132	100	8,02
70 - 90 cm	1991	5,40	4,80	0,61	0,042	14,5	10	38,8	35,6	211	0,33	4,5	<0,1	74	300
	1999	5,78	4,37	0,36	0,042	8,7	16,8	13,6	71,8	314		5,1	<0,6	45,2	253
	2005	5,65	4,43	0,78	0,057	13,7	9,7	35,8	47,1	232	<0,16	4,4	<0,132	89,5	32,6
90 + cm	1991	5,50	5,00	0,35	0,018	19,4	9,3	49,2	59	367	0,13	4,2	<0,1	63	156
	1999	5,69	4,33	0,31	0,032	9,7	38,1	14,6	74,6	323		3	<0,6	57,4	150
	2005	5,92	4,45	0,39	0,031	12,6	12,3	47,8	94,3	429	<0,16	8,1	<0,131	47	194

Pro zachování produkčních schopností půdy je důležité, že na sledovaných plochách neklesá pH/H<sub>2</sub>O na hodnoty menší než 4,2, kdy dochází k destrukci jílových minerálů, ale naopak lze předpokládat jejich tvorbu v hlubších horizontech ploch s pH/H<sub>2</sub>O > 5, kde probíhá zvětvávání primárních minerálů.

Formou nadložního humusu v povodí je moder, morový moder na plochách č. 1 a 2 přechází na typický moder na plochách č. 3, 4, 5 a 7 a na mulový moder na ploše č. 6.

Snížení nasycení sorpčního komplexu bazickými kationty mezi roky 1991 a 2005 proběhlo v povrchových horizontech všech sledovaných půd. Buď se rozšířila zóna nízkého nasycení nebo se jeho úroveň ještě snížila. To způsobilo, že pokles hodnot V v Bv horizontech půd na plochách č. 5 a 6 pod 20 % je překlasifikoval z kambizemí modálních na kambizemě dystrické (NĚMEČEK et al. 2001).

I při převažujícím poklesu stupně nasycení sorpčního komplexu půdy na většině odběrových míst (mezi roky 1991 a 2005) se ve spodní části půdního profilu ploch č. 6 a 7 ukázal nárůst obsahu Ca a nárůst Mg na ploše č. 6. Zvýšení obsahu výměnného K nastalo v hlubší části půd na plochách č. 4 a 5 a v celém profilu půd na plochách č. 6 a 7. Zdrojem těchto iontů je dekompozice materiálu pokrývného humusu, v jehož sorpčním komplexu se obsah bazických kationtů ve sledovaném období zvýšil. Dalším zdrojem je zvětvávání minerálů v detritátu matečné horniny, při kterém je uvolňován Mg podstatně rychleji než Ca (MATZNER 1988, ULRICH et al. 1989).

Výmývání kationtů ze sorpčního komplexu v celém půdním profilu ve vyšších nadmořských výškách a jejich posun z povrchových horizontů do půdní spodiny na plochách méně exponovaných kyselých depozic probíhalo i v půdách na dalších výzkumných objektech VÚLHM (LOCHMAN et al. 2006).

Tab. 8.

Vývoj chemismu půdy na povodí U Vodárny - plocha 7  
Soil chemistry on catchment U Vodárny - plot 7

Horizont/ Horizon	Rok odběru/ Sampling year	pH/H <sub>2</sub> O	pH/ KCl	Cox	Nt	C : N	Na	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Fe	Al	P
				%	%										
ppm															
L	2005	5,23	4,42	45,90	1,570	29,2	31,4	824	446	5317	21,1	588	5,2	59,7	147
F/H	1991	3,90	3,40	26,50	1,380	19,2	10,7	315	191	2317	29,3	141	95,8	313	60
F	1999	4,95	3,96	41,30	1,530	27	32,8	617	322	4204		471	5,3	30,8	93
F	2005	4,78	3,95	45,00	1,740	25,9	44	6,96	403	5769	28,2	52,1	13,3	73,5	136
H	1991	3,70	3,20	18,60	0,960	19,4	8,3	201	119	1116	18,7	49,2	145	728	48
	1999	4,27	3,10	28,70	1,510	18,9	22,5	242	195	2181		81,7	168	430	33
	2005	4,17	3,23	30,40	1,480	20,5	19	299	241	2947	23,7	100	165	405	26,7
0 - 10 cm	1991	4,00	3,60	5,41	0,360	15,0	4	55,6	28,7	162	5,6	33,4	9,9	599	21
	1999	4,72	3,67	4,07	0,454	9	10,7	70,1	38,2	407		63,9	2,4	506	46
	2005	4,25	3,59	6,30	0,411	15,9	6,9	56,2	28,5	174	4,7	61,9	18	738	<5,48
10 - 20 cm	1991	4,60	4,10	2,79	0,213	8,9	8,2	38,3	27,6	315	6,8	21,4	0,5	311	29
	1999	5,21	4,07	1,82	0,198	9,2	13,9	27,5	27,8	398		24,2	1,05	238	60
	2005	4,76	3,99	3,28	0,272	12,1	5,1	70,5	23	225	3,7	42,7	1,59	400	<5,44
20 - 30 cm	1991	5,10	4,60	2,33	0,192	12,1	8,1	38,1	54,8	762	1,13	9,2	0,2	105	58
	1999	5,82	4,32	0,64	0,081	8	23,8	18,9	37,8	684		7,1	<0,6	65,3	107
	2005	5,15	4,15	1,77	0,154	11,5	5,4	67,4	35,1	365	5,2	27,5	0,167	243	19,8
30 - 40 cm	1991	5,70	5,00	2,29	0,183	12,5	7,1	41,4	74,1	1256	0,39	7,3	<0,1	19	47
	1999	6,02	4,40	0,51	0,079	6,4	13,4	13,2	39,6	697		5	<0,6	40,9	124
	2005	5,72	4,36	0,74	0,063	11,7	8	42,1	38,2	629	1,1	8,8	<0,131	115	67,2
40 - 50 cm	1991	5,60	5,10	2,50	0,174	14,4	8,3	39,8	67	1150	0,33	7,7	<0,1	14	62
	1999	6,11	4,57	0,73	0,053	6,4	29,2	29,1	49,8	926		4,2	<0,6	19,2	244
	2005	5,87	4,50	0,74	0,065	11,4	8,7	78,6	45,4	824	0,87	10,7	<0,131	54,8	73,5
50 - 70 cm	1991	5,85	5,20	0,68	0,049	13,9	9,8	48	57,7	952	0,4	2,8	<0,1	15	264
	1999	6,26	4,71	0,52	0,036	14,4	29,8	46,4	50,5	899		4,9	<0,6	8,5	397
	2005	6,13	4,70	0,93	0,079	11,8	11,5	73,9	53	1060	0,81	7,5	<0,132	19,6	117
70 cm+	1991	6,00	5,40	0,45	0,024	18,9	6,1	51,6	34,6	642	0,08	1	<0,1	12	644
	1999	6,40	4,90	0,42	0,038	11	13,3	39,6	34,9	714		2,5	<0,6	1,9	243
	2005	6,23	4,85	0,78	0,055	14,2	9,6	68,4	34,4	767	<0,157	3,3	<0,131	16,4	131

V pokryvném humusu (H) a v minerální půdě obsah přístupného P poklesl, jeho navýšení bylo stanoveno jen ve spodních horizontech půd na plochách č. 6 a 7. Příčinou tohoto snížení obsahu P nemusí být jeho vymytí, ale změna rozpustnosti sloučenin fosforu při změně pH půdního prostředí.

Podle metodiky hodnocení ICP Forests (FABIÁNEK et al. 2003) byl v roce 2005 ve vzorcích humusu celkový obsah K střední, Mg v porostech smrku střední a v porostech buku vysoký. Obsah Ca byl nízký ve smrkových porostech nejvýše položených ploch (č. 1, 2) a vysoký v buku na ploše č. 6. Na ostatních plochách byl střední. Obsah Zn byl ve všech vzorcích střední. Celkový obsah Cu dosahoval vysoké hodnoty na ploše č. 1, na ostatních plochách byl střední. Vysoký obsah Pb měly H vrstvy smrkových porostů výše položených ploch (č. 1, 2, 4). Ostatní vzorky humusu měly střední obsah celkového Pb.

Při posuzování obsahu výměnných kationtů v půdách jednotlivých ploch je zřejmá závislost na jejich nadmořské výšce. Obsah K se s poklesem nadmořské výšky zvyšoval. V porostech buku byla zásoba draslíku příznivější v povrchových horizontech než v hlubších. Zásoba výměnného Mg také narůstala se snižováním nadmořské výšky ploch a byla vždy větší v humózních horizontech A než v hlubších horizontech, s výjimkou níže položených ploch, kde se ve spodní části profilu obsah Mg opět zvyšoval. Také obsah výměnného Ca v půdě ploch ležících ve větší nadmořské výšce je nižší než v půdě ploch ve spodní části povodí. S výjimkou plochy č. 7 mají půdy ostatních ploch ve rhizosféře velmi nízké obsahy výměnného Mg a Ca. Velmi nízké a nízké obsahy přístupného P v povrchových horizontech všech hodnocených půd se v hlubší části profilů zvyšují až na dobré (BALCAR et al. 2000).



Tab. 9.

Celkový obsah prvků v materiálu pokravného humusu na plochách v povodí U Vodárny

Total content of element in forest floor on plots of catchment U Vodárny determined in concentrated HCl (1991) and aqua regia (1999 and 2005)

Horizont/ Horizon	Rok odběru/ Sampling year	N	Na	K	Mg	Ca	Zn	Mn	Fe	Al	P	As	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Cox	
																			ppm
<b>Plocha 1/Plot 1</b>																			
F	1991	1,523	63	961	540	2 630	72	360	3 040	1 876	1 100				23			98	
F	1999	1,380	193	2 964	3 995	2 461	109	457	23 090	18 240	1 241	7,78	<0,2		26,2			84,1	25,5
L/F	2005	2,160	52,1	747	744	1 592	68,8	190	4 678	3 562	1 105	<10	0,714	9,6	17,2	10,8		108,2	44
H	1999	0,870	309	2 208	4 139	1 308	75,5	268	29 557	20 292	1 376	35,6	0,333		22,5			109,1	13,4
H	2005	1,800	83,7	796	1 129	937	78,7	122	10 531	7 757	1 194	15,4	0,72	21,8	29,1	18,4		249	38
0 - 10 cm	2005	0,346	211	2 838	5 757	1 653	124	1 047	33 153	26 084	1 634	36,7	<0,3	72,2	21,6	23,1		46	5,83
<b>Plocha 2/Plot 2</b>																			
L	1991	1,600	88	866	532	2 930	51	262	2 170	1 429	1 300				23			93	
L	2005	1,760	24,7	896	693	3 698	49,1	722	1 631	1 853	1 253	<10	<0,5	5,4	6,9	6,2		18,4	49,9
F	1991	1,813	223	991	923	1 390	68	134	8 310	4 568	1 300				37			222	37,8
F	1999	1,980	138	787	642	2 369	59	329	3 470	2 309	1 555	4,98	0,365		13,5			63,7	37,8
L/F	2005	2,170	59,4	917	1 009	2 655	57,5	870	4 093	3 522	1 654	<10	0,71	7,7	11,1	8,5		49,6	45,6
H	1999	1,060	262	1 733	2 921	1 861	93,2	239	27 371	20 465	1 576	54,2	0,411		25			167	14,9
H	2005	1,480	169	1 239	2 403	1 603	56,9	215	15 523	13 141	1 558	28,4	0,615	30,1	19,2	16,6		173	25,2
0 - 10 cm	2005	0,414	360	1 744	5 414	2 888	64,2	1 288	29 139	26 043	1 698	63,1	<0,3	58,5	17,6	22,5		52,8	6,7
<b>Plocha 3/Plot 3</b>																			
L	1991	1,013	33	744	540	7 480	51	396	148	920	700				14			38	
L	2005	1,550	65,5	1 708	2 639	9 665	70,3	1 471	6 489	6 096	1 512	<10	0,64	18,9	13,3	10		17,7	39,9
F	1991	1,600	136	1 019	1 301	5 040	81	723	8 210	4 739	1 100				25			116	
F	1999	1,770	241	1 560	2 075	8 688	83,3	1 890	6 570	4 812	1 181	4,45	0,434		12,9			34,6	34,4
F	2005	1,710	65	2 047	2 842	8 077	68,7	1573	9 518	7 620	1 412	<10	0,561	24,1	14,7	13,9		28,9	40,1
H	1999	1,490	340	2 458	6 219	3 649	81,2	708	28 028	22 376	1 331	35,4	0,614		24,1			102	21,7
H	2005	1,690	116	1 376	2 855	2 407	82,5	410	21 053	14 439	1 545	48,6	0,575	42	19,1	23,7		151	28,5
0 - 5 cm	2005	0,527	215	2 889	8 821	2 404	96,7	918	40 480	37 861	850	62,4	<0,3	100	26	45,5		67	7,97

Tab. 9. - pokračování

Plocha 4/Plot 4															
L	1991	1,733	69	856	413	4 000	44	240	1 630	970	1 200			17	74
L	2005	1,480	19,7	1 121	524	4 250	45,5	509	370	442	1 055	<10	<0,5	1,93	5
F	1991	1,707	73	608	511	2 120	61	157	496	3 016	1 100			28	168
F	1999	2,040	110	865	542	3 376	58,3	458	2 263	1 288	1 482	3,76	0,367	12,3	69,8
F	2005	1,850	38,9	883	891	3 564	49	369	2 809	2 492	1 103	<10	<0,5	7,6	46,5
H	1999	1,370	315	1 021	3 007	3 229	67,7	248	21 673	13 062	1 436	47,8	0,37	22,5	197
H	2005	1,790	131	750	1 361	2 327	61,2	159	10 235	7 008	1 138	18,5	0,68	20,1	186
0 - 10 cm	2005	0,367	385	1254	6 636	4 548	106	1 793	39 121	32 370	1 024	23,1	0,374	50,8	19,3
Plocha 5/Plot 5															
L	1991	1,413	50	773	752	9 840	86	830	2 330	1 584	1 100			13	44
L	2005	1,760	42	1 032	1 164	8 186	77,6	1 165	2 774	1 980	1 097	<10	0,543	15,5	20,5
F	1991	1,493	87	765	910	8 150	93	993	403	2 746	1 100			16	60
F	1999	1,600	299	826	1 254	6 683	84,1	1 155	5 190	3 132	1 189	5,33	0,635	13,9	50,7
F	2005	1,820	61,2	990	1 520	8 080	88,1	1 264	4 368	3 048	1 103	<10	0,53	27,2	29,4
H	1999	0,975	452	1 289	4 843	4 407	66,9	567	24 854	16 262	893	35,2	<0,2	24,8	97,5
H	2005	1,760	93	1 027	2 331	4 830	75,3	604	11 383	7 461	1 174	<10	<0,5	24,2	66,1
0 - 10 cm	2005	1,225	316	802	4 567	3 563	44,3	422	28 120	22 811	342	29,4	<0,3	47,9	21,8
Plocha 6/Plot 6															
L	1991	1,200	26	831	929	25 030	63	497	1 410	870	900			12	28
L	2005	1,620	70,9	1 299	2 308	14 310	82,3	706	5 710	3 950	984	<10	0,749	25,5	17,6
F	1991	1,653	77	809	1 640	20 510	112	719	5 960	3 521	1 000			17	67
F	1999	1,870	374	1 319	3 929	18 287	94,3	1 121	10 309	6 342	1 246	3,16	0,561	16	28,9
F	2005	1,920	92,4	1 346	2 756	15 471	106	1 145	8 683	5 734	1 101	<10	1,077	42,4	28,7
H	1999	1,440	360	1 632	5 512	9 352	122	877	21 925	15 054	1 055	13,3	0,259	21,8	86,9
H	2005	1,450	187	1 670	5 143	11 349	127	1 113	21 678	14 396	937	13,1	1,16	40,2	47,1
0 - 5 cm	2005	0,403	387	1 203	8 228	4 881	93,5	768	33 317	31 101	534	24,7	0,528	74,8	36,3
Plocha 7/Plot 7															
L	1991	1,280	110	644	507	6 450	58	339	2 560	1 908	1 000			14	67
2005	1,570	54,1	1 170	1 159	10 336	70,1	750	3 226	2 639	960	960	<10	0,565	6,2	4,9
F	1999	1,530	185	1 006	963	7 273	71,8	601	3 833	2 421	1 139	5,96	0,663	10,9	43,95
2005	1,740	68,9	938	1 259	8 031	73,6	731	4 305	3 485	997	997	<10	0,578	8,2	7,5
H	1999	1,510	658	1 419	13 264	6 198	66,8	669	52 375	39 058	340	17,8	0,492	29,9	17,4
2005	1,480	126	879	2 117	4 443	63,4	208	12 895	10 143	888	888	18	<0,5	23,6	15,4
0 - 10 cm	2005	0,411	176	1 226	4 026	2 025	66,6	575	23 233	22 899	592	31,6	0,332	37,5	16,8

Poměr celkového uhlíku a dusíku C/N je ukazatelem vhodnosti podmínek pro rozklad organické hmoty a tedy přístupnosti N pro kořeny fytoceen. V horizontu pokravného humusu, subhorizontu H, na většině ploch leží v rozmezí 18 až 22, tedy v optimální hodnotě. Nejvyšší je na ploše č. 1 a nejnižší na ploše č. 7. V minerální půdě je poměr C/N vyšší než 15 v porostech buku jen v povrchových horizontech, v porostech smrku, s výjimkou plochy č. 7, v celém profilu. I tento poměr je možné při vyšší zásobě humusu v půdě hodnotit jako optimální, nejen z hlediska výživy, ale i možnosti vymývání nitrátů s odtékající vodou do povrchového zdroje.

Od poloviny devadesátých let se koncentrace  $\text{NO}_3^-$  ve vodě potoka, odebírané na měrném přepadu, snižují. Mezi roky 1992 - 1996 a 2001 - 2005 se též snížila průměrná koncentrace Mg a Al a naopak se mírně zvýšila koncentrace Ca a  $\text{SO}_4^{2-}$ . Voda tohoto zdroje má též nejvyšší pH ze všech povrchových zdrojů sledovaných v projektech VÚLHM (Bíba et al. 2005, 2006). Roční ztráty Ca (cca 130 kg), ale i Mg (cca 8,6 kg) s odtékající vodou značně překračují jejich depozici na volné ploše.

#### Průměrné koncentrace iontů ve vodě potoka na povodí U Vodárny v obdobích 1992 - 1996 a 2001 - 2005

Období	pH	$\text{NO}_3^-$	$\text{SO}_4^{2-}$	Al	Ca	Mg
1992 - 1996	7,21	11,97	19,65	0,075	25,14	2,17
2001 - 2005	7,66	6,81	21,43	0,025	26,06	1,75

## ZÁVĚR

Na povodí U Vodárny se aplikace dolomitického vápence projevila na zvýšení zásoby celkového obsahu Ca a Mg v pokravném humusu ještě po sedmi letech v roce 1999. Celkový obsah Ca, K a Mg se ve vrstvě F pokravného humusu zvyšoval i po roce 1999, díky příznivějšímu složení opadu (jehličí a listů) a snížení spadu kyselých látek. V rhizosféře, zejména v povrchových horizontech minerální půdy, klesala od roku 1991 zásoba bazických kationtů v sorpčním komplexu na všech plochách, na výše položených plochách v celém profilu. Příčinou je odběr bazických kationtů kořeny dřevin, neutralizace protonů vzniklých při přeměnách a příjmu sloučenin dusíku kořeny a ve spodní části půdních profilů i uvolňováním  $\text{SO}_4^{2-}$  z nestálých vazeb s oxidy Al. Zvyšování obsahu bazických kationtů v hlubších horizontech níže položených ploch je způsobeno jejich vymýváním z povrchu půdy i zvětráváním minerálů z detritu matečné horniny.

#### Poznámka:

Příspěvek byl zpracován v rámci výzkumného projektu NAZV č. QF 3013 „Vývoj hydrického působení lesů malých horských povodí“, řešeného ve Výzkumném ústavu lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i., v letech 2003 – 2007.

## LITERATURA

- BALCAR, V., PODRÁZSKÝ, V., LOMSKÝ, B.: Příčiny poškození lesních ekosystémů a prognóza jejich dalšího vývoje včetně návrhu následných opatření v oblastech pod dlouhodobou imisní zátěží. Závěrečná zpráva projektu č. VaV/620/1/99. Jiloviště-Strnady, VÚLHM, 2000, 77 s.
- BÍBA, M., CHUMAN, J., KUTILOVÁ, Z., LOCHMAN, V., ŠRÁMEK, V.: Hodnocení kvality vody v lesních ekosystémech (expertní a výzkumná činnost). Výroční zpráva. Jiloviště-Strnady, VÚLHM 2005.
- BÍBA, M., JAŘABÁČ, M., LOCHMAN, V., OCEÁNSKÁ, Z., ŠRÁMEK, V., VÍCHA, Z.: Vývoj hydrického působení lesů malých horských povodí. Výroční zpráva projektu č. QF 3013. Jiloviště-Strnady, 2006, 45 s., 36 obr., 41 tab.
- FABIÁNEK, P. et al.: Monitoring stavu lesa v České republice 1984 - 2003. [Forest Condition Monitoring in the Czech Republic.] 2004, 430 s.
- LOCHMAN, V., CHLEBEK, A., JAŘABÁČ, M.: Působení lesních ekosystémů v Jeseníkách (povodí U Vodárny) na chemismus vody v povrchovém zdroji. Zprávy lesnického výzkumu, 41, 1996, č. 1, s. 28-31.
- LOCHMAN, V., MAXA, M., BÍBA, M.: Vývoj chemismu půdy na výzkumných plochách VÚLHM v období poklesu spadu imisních látek. Zprávy lesnického výzkumu, 51, 2006, č. 2, s. 106-119.
- MATZNER, E.: Der Stoffumsatz zweier Waldökosysteme im Solling. Bez. d. Forschungszentr. Waldökosysteme Univ. Göttingen, Bd. A 40, 217 s. In: Ulrich et al. 1989
- NĚMEČEK, J., MACKŮ, J., VOKOUN, J., VAVŘÍČEK, D., NOVÁK, P.: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. Praha, Česká zemědělská univerzita 2001. 79 s.
- Ročenka ČHMÚ. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 1999. Praha, Český hydrometeorologický ústav 2000. 198 s.
- Ročenka ČHMÚ. Znečištění ovzduší na území České republiky v roce 2002. Praha, Český hydrometeorologický ústav 2003. 158 s.
- Standardní operační postupy podle Manuálu ICP Forests pro analýzy půd. www.icp-forests.org/pdf/manual 3a. pdf.
- ULRICH, B., MAYER, R., KHANNA, P. K.: Deposition von Luftverunreinigungen und ihre Auswirkungen in Waldökosystemen im Solling. Schriften Forstl. Fak. Univ. Göttingen, 58, 1981, 291 s. (2. Auflage)
- ULRICH, B., MAYER, H., JANICH, K., BÜTTNER, G.: Basenverluste in den Böden von Haimsimen-Buchenwäldern in Südniedersachsen zwischen 1954 und 1986. Forst u. Holz, 44, 1989, s. 251-253.
- WRB: World reference base for soil resources. World Soil Resources Reports, 84, FAO Rome, 1998, 88 s.

## Development of soil chemistry on the experimental catchment in the Jeseníky Mts. area

### Summary

Hydrological regime and water chemistry on stream weir are investigated in the small forest catchment U Vodárny (1.45 km<sup>2</sup>) in the Jeseníky Mts. In 1991 soil samples were taken for chemical analyses from seven plots (detailed characteristics of plots are presented in table 1). Samples were taken also in years 1999 and 2005. In 1992 dolomitic limestone was aerially applied in amount of 3 t per ha. During the 1991 to 2005 observation a substantial decrease of SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, Mg, Ca, Al deposition was found with bulk precipitation on the level of measuring weir, with exception of nitrogen compounds.

Cambisols developed from amphibolites on the slopes and from gneiss in the upper parts of catchments. Dystric Ranker Cambisols occur on plots no. 1 and 2, Dystric Cambisols on plots no. 3 and 4, epidystric on plots no. 5 and 6 and modal on the lowest situated plot no. 7. Moder is the form of forest floor, on the plots no. 1 and 2 it is mor moder, on plots no. 3, 4, 5, 7 typical moder and on plot no. 6 mull.

Influence of applied dolomitic limestone on total contents of elements in forest floor was investigated first in 1999. After 7 years total content of K and Mg increased in the layer F on plots no. 1 to 6 and in higher elevations Ca content was higher, too. Also in the next years (1999 to 2005) content of total K, Mg and Ca in the layer F was increasing and in the layer H content of basic cations was decreasing.

In years 1991 to 2005 active pH (H<sub>2</sub>O) increased in soils of observed plots, except plot no. 1. Exchangeable pH (in KCl) increased in surface horizons (H, A) and decreased in deeper horizons of soil profile.

In 1999 growth of exchangeable Ca was found in the layer H, compared to year 1991, as well as in surface horizons of mineral soil on all plots, except plots no. 1 and 2. Increment of exchangeable Mg occurred in the layer H and in humus horizon A on plots no. 3, 4, 6 and 7. Decrease of exchangeable Ca after 1999 caused that in year 2005 content of this element was higher in surface horizons (H, 0 - 10 cm) only in some plots, compared to year 1991, on most sampling places its supply lowered. Content of exchangeable Ca in soil increased only on plots no. 6 and 7 in depth over 50 cm. Fall of exchangeable Mg after year 1999 was lower than for Ca, so that in 2005 its higher supply was found in horizon H of all plots, compared to year 1991, and in depth 0 - 10 cm on plots no. 1, 2, 3; on the last plot no. 6 supply increased in depth > 50 cm. Content of exchangeable K developed much favourably. In 1991 and 2005 its increment appeared in the layer H of all plots and lower situated plots and in deeper parts of soil profile. Supply of available P decreased on majority of sampling plots.

Saturation decrease of sorption soil complex between years 1991 and 2005 occurred on plots no. 1, 2, 3, 4 through the entire profile, values V (BS) increased only to the depths of 70 cm on plots no. 5 and 6 and deeper. On the plot no. 7 soil saturation by bases decreased to the depth of 40 to 50 cm. Saturation of sorption complex in forest floor (H) decreased only on plots no. 1 and 2, on the other plots growth of BS values was found for the investigated period.

Saturation degree of sorption complex in forest floor was rather higher on all plots than in surface horizons of mineral soil and increased with decreasing plot elevation.

In 2005 BS was not even 10 % in mineral soil profiles of plots no. 1, 2 and 3. Saturation lower than 20 % had soil up to depth of 70 cm on plot no. 4 and up to depth of 50 cm on plot no. 5. On plots no. 6 and 7 low BS was only in surface horizons of mineral soil and it went over 80 % or 90 % in soil background. Beech stand influences development of soil properties above all by more favourable supply of nutrients in forest floor. Amount of exchangeable cations in soils of particular plots depends on plots elevation and their exposure to air circulation.

Supply decrease of basic cations in soil profiles of investigated plots after 1999 is probably, when fallout of acid substances is regarded, caused by their consumption by stands roots. This supports increased nitrogen fallout and also buffering of protons arisen during nitrification of ammonium ions and acceptance of nitrogen compounds from atmospheric fallout by roots.

Recenzováno