

## JE NEDOSTATEK FOSFORU V OHROŽENÉM BLATKOVÉM BORU PROBLEMATICKÝ?

IS THE PHOSPHORUS DEFICIENCY PROBLEMATIC IN ENGENDERED BOG PINE FOREST?

Václav Kotil

ÚHÚL Brandýs nad Labem pobočka České Budějovice, Lipová 15, Rudolfov  
kotil.vaclav@uhul.cz

### ABSTRACT

Comparison of nitrogen (N) and phosphorus (P) concentrations in Scots (BO) and Bog pine (BL) needles in the same localities confirmed the assumption that BL contains fewer nutrients than BO (C:N ratio median BL 45,2 and BO 38,3 and ratio C:P median BO 379 and BL 472). Measurements on the gradient of occurrence show the range of concentration of N and P in needles BL 7,5–15,0 and 0,76–1,27 mg g<sup>-1</sup>, respectively. It also suggests that BL would dominate in the community if the growth of BO is P-limited.

**Key words:** Bog pine, *Pinus uncinata uliginosa*, *Pinus rotundata*, Scots pine, *Pinus sylvestris*, peatbog, forest site, nutrient, N, P, K, foliar analysis, phosphorus.

### Úvod

Při taxonomickém chápání borovice blatky (BL) podle BUSINSKÉHO (2009) je tento poddruh borovice zobanité (pyrenejské) *Pinus uncinata uliginosa* subendemitem České republiky (vyskytuje se do 30 km za hranice ČR). Při srovnání počtu druhů stromů v lesích mírného pásu zjistíme, že v Evropě roste pouze cca 10 % z celosvětového počtu druhů stromů. (124 – Evropa, 729 – Asie, 322 – S. Amerika (LATHAM & RICKLEFS, 1993)). Proto ochuzení evropské přírody o jeden druh by bylo více citelné než ve zbytku mírného pásu a měli bychom věnovat patřičnou pozornost mechanismům ohrožujícím tento unikátní druh.

Rašeliniště byly v minulosti rozsáhle degradovány. Na příkladu Třeboňských rašelinných borů z pramenů historických průzkumů lesa ÚHÚL můžeme například vidět záznam z roku 1909, který popisuje, že za posledních 50 let byla většina z 2000 ha slatinné půdy na Třeboňském panství odvodněna (KRUML & HOŠEK, 1961). Tento proces pokračoval a byl doprovázen přímou likvidací stanovišť (těžbou), kterému předcházelo odvodnění. Dnes na Třeboňsku zbylo pouze několik lokalit, ale všechny byly postihnuty těžbou rašeliny. Některé průmyslovou těžbou, jiné pouze ručním kopáním rašeliny, takzvaným borkováním.

Pokles hladiny podzemní vody, s kterým je spojována degradace blatkového boru, je doprovázen zvýšením koncentrace živin v pórové vodě. Živiny jsou uvolňovány převážně z uložené rašeliny. Rašelina se dostává do styku s kyslíkem, začíná se rozkládat, štěpí se na organické látky, uvolňují se živiny a roste pH. Tyto nastalé podmínky při opětovném zaplavení stimulují anaerobní dekompozici (FENNER & FREEMAN, 2011), při které se dále uvolňují živiny do prostředí. Produkce na rašeliništích, zejména na vrchovištích, je často limitována právě koncentrací P (VENTERINK et al., 2003; SIKSTRÖM et al., 2010; SILFVERBERG & MOILANEN, 2008; MOILANEN et al. 2010). Jeho nedostatek je důsledkem toho, že P nevytváří žádné plynné formy (pouze fosfan, ale jeho koncentrace jsou zanedbatelné (Pitter, 1999)), a proto se dostává do ekosystému (vrchoviště) pouze jednou hlavní cestou – srážkami.

Prostředí se sníženým množstvím živin se rašelinné druhy přizpůsobily různě: např. masožravostí u rosnatek *Drosera* nebo prodloužením doby výměny listů u rojovníku bahenního *Ledum palustre* (SHAVER, 1983) či snížením potřeby živin. Největší koncentrace a zároveň nejvíce živin (N, P) v porovnání s jednotlivými částmi stromu je uložena v asimilačním aparátu (ŠPULÁK, 2009, SKONIECZNA, 2014). Koncentraci živin v listu obecně lze odhadnout z taxonomické a funkčně fenotypové kategorie. Vždyzelené stromy a keře mají obecně menší

obsah N a P než opadavé (AERTS, 1996; HAN, 2005). A ty druhy, které rostou v chladném prostředí (vyšší nadmořská výška a vyšší zeměpisná šířka) s delší životností listu mají nižší koncentrace živin v listu (OLEKSYN et al. 2002). Konkrétní příklad můžeme vidět v práci AERTS et al. (1999), kdy vždyzelené stromy a keře rostoucí v mírném pásu na rašeliništi měly průměrně menší koncentrace živin v listech než vždyzelené stromy a keře rostoucí v terestrickém prostředí mírného pásu.

Přirozený gradient fenotypu a druhového zastoupení dřevin od středu k okraji rašeliniště se liší lokalitou a geografickým umístěním či stářím daného rašeliniště, ale obecně by se dalo popsat takto: Středové bezlesí. Poté se objevuje rozvolněný, zakrslý porost BL dosahující výšky kolem 2–4 m. Následně se porost zapojuje a výšky BL jsou vyšší. V okrajových částech a na narušených lokalitách mohou stromy dosahovat výšky i 20 m. Případně se zvyšuje podíl zastoupení borovice lesní *Pinus sylvestris* (BO). V přilehlém lagu převládá smrk ztepilý *Picea abies*. Tento gradient vyjádřený pomocí lesního typu (LT) můžeme vidět na obrázku číslo 1 vytvořeném JIRÁTKEM et al. (2001) pro Přírodní lesní oblast (PLO) 15, nebo je zdokumentován v práci KVĚTA et al. (2002), také v PLO 15. BL se svými ekologickými nároky se vklíní mezi borovici kleč vyskytující se ve vyšších nadmořských výškách a borovici lesní vyskytující se na rašeliništích více kontinentálních na východě v nižších nadmořských výškách. Výsledkem je unikátní koexistence BO a BL na Třeboňsku. Je otázkou, zda by se tato dřevinná kombinace uplatňovala i v jiných regionech například ve zmizelém Vltavském luhu. Avšak při snaze lesních hospodářů zvýšit objemovou produkci těchto extrémních stanovišť byla BO často rozšířena do okrajů rašelinných blatkových borů. Proto soužití těchto druhů borovic na rašeliništích není nic neobvyklého.

Při odvodnění, které je doprovázeno snížením hladiny podzemní vody a zvýšením koncentrace živin mizí případné středové bezlesí. Rostou výšky, zvětšuje se objem borovice blatky a z přilehlého stanoviště začíná invaze BO či smrku ztepilého *Picea abies* (SM). Při dostatku živin může na vrchoviště invadovat bříza pýřitá *Betula pubescens* (BR) (TOMASSEN et al., 2003), která je na Třeboňsku doprovázena také krušinou olšovou *Frangula alnus*. Tyto listnaté dřeviny zlepšují rychlost rozkladu opadu, zpřístupňují živiny, a to vede ke zvýšené dotaci živin do půdní složky. Tento posun společenstev je relativně pomalý, kdy se společenstvo postupně mění, ale při razantním odvodnění může tento posun společenstev na gradientu probíhat velmi rychle. Porosty BL odumírají plošně, i ty které nedosáhly dospělého věku. Toto plošné vymírání bylo zaznamenáno na Třeboňských rašeliništích např. v jižní části NPR Červené blato (REKTORIS et al., 1997), nebo v části porostu PR Široké blato. Určit sílu narušení a následnou rychlost změny společenstev je velmi nesnadné.

BL je lépe adaptovaná na vyšší hladinu podzemní vody než BO, ale mohla se také adaptovat na nižší koncentrace živin? Má BL nižší potřebu živin než BO? Pokud ano, při jaké koncentraci BO je BL vykonkurována? Jaká je koncentrace živin v jehličí BL na gradientu výskytu této dřeviny od středu k okraji rašeliniště? K zodpovězení těchto otázek byly porovnány koncentrace živin v jehličí BL a BO.







**METODIKA**

Bylo odebráno 27 vzorků: 12 BO a 15 BL<sup>1</sup> z PLO 15b (17 vzorků), PLO 13 (5 vzorků), PLO 11 (4 vzorky), PLO 14 (1 vzorek). 25 vzorků bylo odebráno na organozemi a 2 na podzolu arenickém. Lesní typ byl vždy určen znovu, pomocí nového číselníku LT. Staré číslování bylo zbytečně složité a matoucí. Podle LT byl odebrán následující počet vzorků (každý lesní typ byl v dospělém věku s typickou fytoocenózou, pokud není uvedeno jinak): 0M2 – chudý dubový bor (2 vzorky). 0R0 – iniciální stadium rašelinného boru ((rašeliniště po těžbě (2 vzorky)) je velmi specifický a proměnlivý LT. Tato lokalita na vytěženém rašeliništi měla dostatečnou tloušťku rašeliny (0,5 m) i výšku podzemní vody. Jako jediná plocha neměla dospělý porost. Plocha byla porostlá přirozeně se obnovující směsí BO a BL s výškou kolem 5 m a výčetní tloušťkou 10 cm, rostlinný pokryv byl nevyvinutý). 0R5 – rašelinný blatkový bor sušší (13 vzorků). 0R6 – rašelinný blatkový bor modální (8 vzorků). 0R7 – rašelinný blatkový bor zakrslý (1 vzorek). 0R3 – rašelinný borový bor zakrslý ((1 vzorek), lokalita se vyskytovala ve výšce 950 m n. m).

Pro porovnání koncentrací živin v jehličí borovic bylo využito 10 párových odběrů. Při odběru byly vždy na jednom stanovišti odebrány vzorky BO i BL, většinou z nejbližších stromů ve vzdálenosti přibližně do 15 m. Lokality s oběma dřevinami byly voleny záměrně, aby schopnost akumulovat živiny v jehličí daného druhu borovice nebyla zkreslena jinými vlivy prostředí, například různou polohou odebíraných vzorků na gradientu rašeliniště.

Odběry vzorků na gradientu střed (S) – okraj (O) by měl postihnout celý přirozený výskyt BL, od extrémních stanovišť, kde jsou koncentrace živin tak nízké, že umožní BL ještě přežít, až po ty stanoviště, kde je BL živinami velmi dobře zásobena a roste až na samé hranici, kdy je vykonkurována BO. Rozdělení do skupin bylo na základě LT následovné: BO S zahrnovaly odběr na lesních typech: 0R6 (2 vzorky), 0R3 (1 vzorek), BO O zahrnovaly odběr na lesních typech 0R5 (5 vzorků), 0R0 (1 vzorek). BL S zahrnovaly odběr na lesních typech: 0R6 (6 vzorků) a 0R7 (1 vzorek). BL O zahrnovaly odběr na lesních typech 0R6 (5 vzorků), 0R0 (1 vzorek). V tabulce č. 1 můžeme vidět průměrnou výšku a výčetní tloušťku zaznamenanou na odebíraných stromech v jednotlivých LT.

dřevina	BO				BL			
LT	0R5	0R6	0R3	0M2	0R5	0R6	0R7	0M2
Výška (m)	19	15	12	15	15	12	6	10
Průměr (cm)	31	26	28	32	23	18	11	16

Tab: 1. Průměrná výška a výčetní tloušťka BO a BL na jednotlivých LT

Vzorky byly odebrány: 4. 2. 2015 až 15. 3. 2015 ze dvou až pěti stromů dle možností (ve vzorcích BO S vznikly vzorky pouze ze dvou stromů) v bezprostředním okolí. Odběr byl vždy ze stromů tvořících dominantu stanoviště. Zbytek metodiky odběrů byl ve shodě s Manuálem ICP forest.

Stanovení celkového organického uhlíku (TOC) a celkového dusíku (TN) bylo vyhotoveno dle metodiky ÚHÚL v laboratořích ÚHÚL Brandýs n. L. Obsah fosforu (P) a draslíku (K) byl měřen v laboratoři Hydrobiologického ústavu AVČR, České Budějovice na přístroji ICP-MS Triple Quad (ICP-QQQ), 8800 Agilent Technology.

<sup>1</sup> Na mnoha částech nebo celých lokalitách trpí BL genetickou korozí. Do jaké míry jsou jednotlivé vzorky ovlivněny (LT 0R5 jako ekoton je tímto jevem pravděpodobně nejvíce ovlivněn) a zda je termín borovice blatka oprávněněn používat, není v práci řešeno. I přesto je termín BL je používán, pro zjednodušení situace, stejně jako při typologickém mapování.

## VÝSLEDKY A DISKUZE

Vztah mezi objemem dřeviny a koncentrací živin v jehličí není lineární. MATERNA (1964) popisuje tři fáze. V první fázi je při nízkých koncentracích živin v listech i nízký objem dřeviny. V druhé fázi se při zvýšení výživy prvkem zvětšuje objem dřeviny, ale koncentrace prvku zůstává nízká. Po dosažení určité saturace nastává stav, kdy zvyšující se objem dřeviny doprovází i zvětšující se koncentrace živiny. V třetí fázi se zvyšuje koncentrace živiny v listech, ale objem dřeviny se již nezvětšuje. Graficky si můžeme prohlédnout tento vztah na obrázku číslo 2. Koncentrace živiny v listech dané dřeviny se pohybuje v daných mezích. Podle ICP je 5–95 % měření u BO v rozsahu 11,4–20,41 mg/g a 1,11–2,06 mg/g N a P (Manuál ICP forest). Hranice těchto fází jsou u BO velmi dobře prozkoumány. Pro podobnost stanovišť při hodnocení rašelinných BO bylo vybráno hodnocení, které použil ve své práci MOILANEN et al. (2010), kdy rostla BO v neuspokojivých výživových podmínkách (jednotlivé limity:  $N < 12$ ,  $P < 1,3$ ,  $K < 3,5$  mg/g).

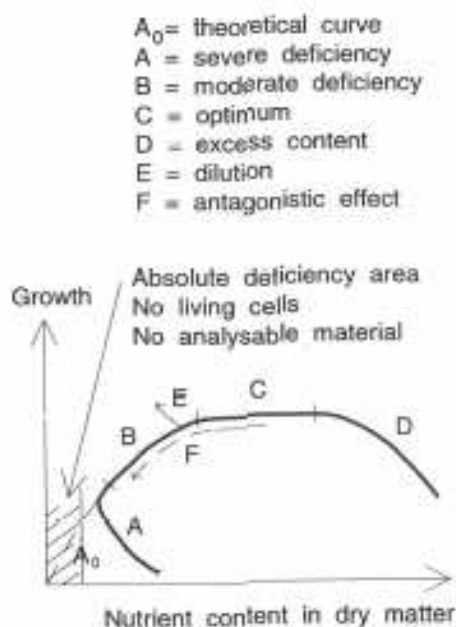


Fig. 5.2. Relationship between the nutrient concentration of the needles and the growth of trees. (Redrawn from Veijalainen 1977)

Obrázek č. 2. Vztah mezi koncentrací živiny v listu a růstem stromu (z PAAVILAINEN AND PÄIVÄNEN 1995)

Celkový změřený rozsah koncentrací N byl 11,7–17,6 mg/g a P 0,90–1,69 mg/g v jehličí BO. Změřený rozsah zasahoval do první a třetí fáze výživy BO jen omezeně. Hlubší limitaci živinami neumožňuje konkurenčně silnější BL. Stejně tak je BO vykonkurována na stanovištích s lepší výživovou situací SM (v optimálním prostředí z pohledu výživy N a P byly podle kritérií uvedených MOILANEN et al. (2010) 2 vzorky).

Rozsah koncentrací N v jehličí BL byl 7,5–15,0 mg/g a P 0,76–1,27 mg/g. Tento rozsah by měl popisovat přibližně celý rozsah hodnot, které by byly možné v přírodním stanovišti zjistit.

V souboru BO O byly naměřeny vyšší průměrné koncentrace živin (Tab. 2) než v souboru BO S. Rovněž průměrné koncentrace N, P a K v jehličí BL O byly vyšší než v souboru BL S.

Z dendrologických dat je zřejmé, že BL rostoucí na LT 0R7 je již v prostředí, kdy je její růst limitován živinami. Soubor vzorků BL S (převážně LT 0R6) by měl reprezentovat stanoviště s optimální výživou a soubor vzorků BL O (převážně LT 0R5) by měl reprezentovat z pohledu živin nejlepší přirozené stanoviště (stanoviště s nadbytkem živin v asimilačním

aparátu). Zda byly tyto předpoklady správné (či správně vybrané lokality) nelze zcela jasně vyvrátit nebo potvrdit kvůli neznalosti živinových potřeb BL. Změřené koncentrace jsou v rozmezí očekávaných hodnot pro neopadavé keře a stromy na rašeliništích uvedených v práci AERTS et al. (1999) ( $11,6 \pm 2,6$  mg/g N a  $0,86 \pm 0,43$  mg/g P).

Dřevina Umístění	BO						BL					
	O			S			O			S		
N mg/g	14.6	±	1.8	13.4	±	1.5	11.5	±	1.8	10.3	±	1.4
min/max	12.4		17.6	11.7		14.5	9.4		15.0	7.5		11.8
K mg/g	5.8	±	0.9	5.6	±	0.3	5.2	±	0.9	5.0	±	0.5
min/max	4.6		7.0	5.2		5.9	4.0		7.0	4.3		5.9
P mg/g	1.4	±	0.3	1.2	±	0.1	1.0	±	0.2	0.9	±	0.1
min/max	0.90		1.69	1.14		1.38	0.78		1.27	0.76		1.08
N:P	11.2	±	3.4	10.9	±	0.9	11.4	±	3.6	10.8	±	1.9
min/max	9.0		19.6	10.2		11.9	8.2		19.2	8.4		13.8

Tab. 2: Průměry a minimální (min) a maximální (max) směrodatné odchylky

Tab. 3 popisuje, jaká byla výživa N, P a K BO na měřených stanovištích. Limitace růstu N se vyskytla pouze na terestrickém stanovišti. Pokud byl růst BO limitován na rašelinných stanovištích, byla vždy zaznamenána limitace P. Limitace K se neprokázala.

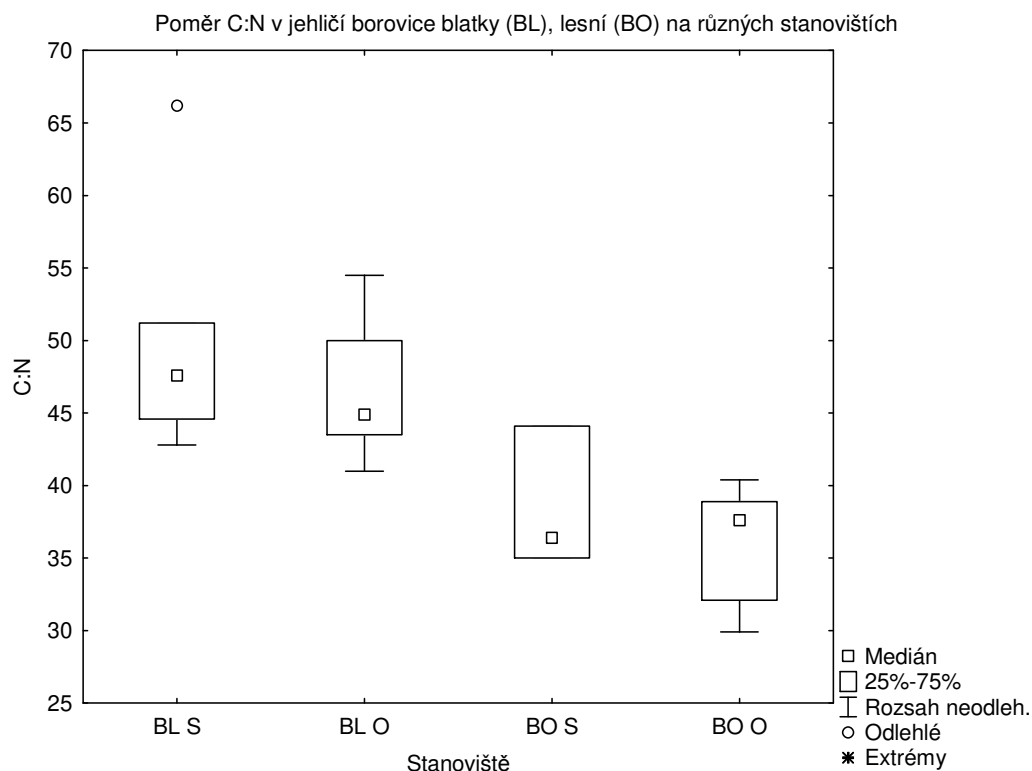
	nelimitované	limitace dle obsahu prvků v jehlicích		
		N	NP	P
počet vzorků	6	1	1	4
LT	5 – 0R5, 1 – 0R6	0M2	0R6	1 – 0R3, 1 – 0R5, 1 – 0R6, 1 – 0R0

Tab. 3: Limitace jednotlivých vzorků jehličí BO: N, NP (N a P zároveň), P (n=12). Jednotlivé limity: N=12, P=1,3, K=4 mg/g (MOILANEN et. al., 2010)

Okraje rašelinišť reprezentující LT 0R5 jsou z pohledu výživy živinami BO převážně nelimitované, zde je borovice blatka vykonkurována BO. LT 0R5 je stykové území rašelinného blatkového boru s okolním stanovištěm a v zachovalém prostředí bývá často velmi tenký. Při narušení či nějaké jiné změně, kdy dochází k degradaci stanoviště a k posunu na gradientu, vzniká otázka, nakolik je to ještě blatkový bor a ne sousední stanoviště se zbývajícími starými jedinci BL. Na tomto LT byly změřeny nejvyšší koncentrace N a P v jehličí BO 16,6 a 1,69 mg/g a BL 12,1 a 1,27 mg/g.

Na LT 0R6 byla u BO nejvíce zaznamenaná limitace P, v jednom případě byla výživová situace borovic lesních neuspokojivá také z pohledu N. Nejnižší koncentrace N a P v jehličí BO byly 11,7 a 1,14 a BL 9,9 a 0,76 mg/g.

LT 0R7: Na tomto stanovišti byla koncentrace N v jehličí BL nejnížší ze všech vzorků 7,5 mg/g, koncentrace P byla 0,89 mg/g. Na obrázku č. 3 můžeme toto stanoviště vidět jako odlehlou hodnotu C:N 66. Tato odlehlá hodnota ukazuje i velkou odlišnost LT 0R7 od ostatních LT blatkového boru.



Obr. 3: Poměr C:N v jehličí BL a BO na stanovištích BL S (n=7), BL O (n=7), BO S (n=3), BO O (n=8)

Na LT 0R3, kde BO rostla z pohledu výživy P v neuspokojivých podmínkách a měla by být vykonkurována, avšak nadmořská výška (a s tím spojené vlivy) je pro BL pravděpodobně větším omezením růstu. Nejvyšší nadmořská výška, kde BL roste, je uváděna 880 m n. m. (lokalita Novohůrecká Slat' (BUSINSKÝ, 2008)).

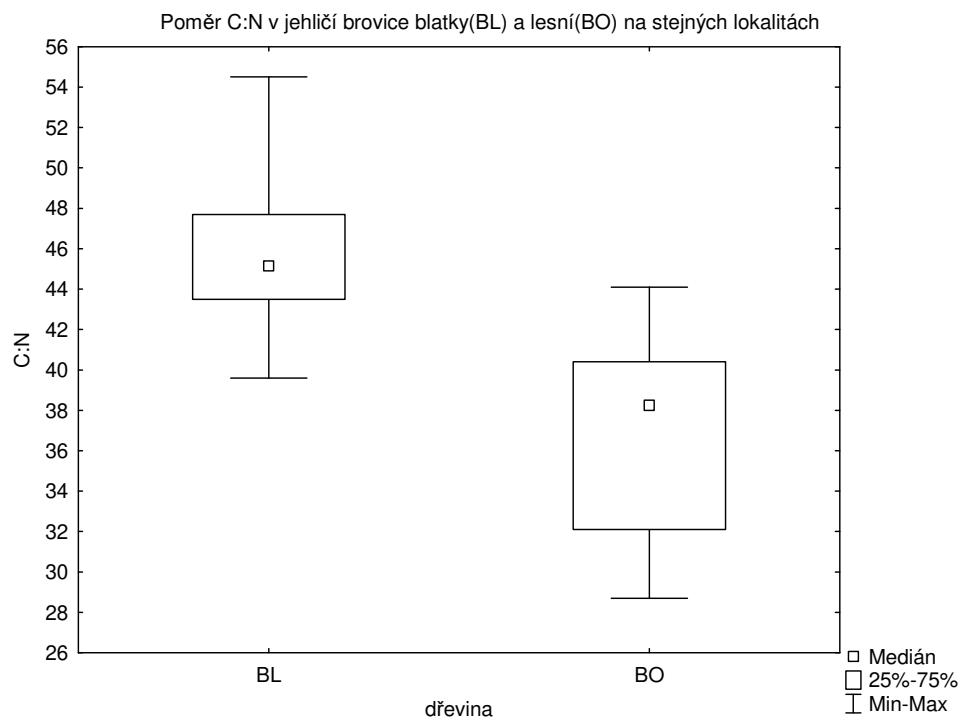
LT 0R0: Na tomto stanovišti byly zaznamenány největší koncentrace N 17,6 a 15 mg/g v jehličí BO i BL ze všech stanovišť. Zároveň i nejnižší koncentrace P 0,90 mg/g v jehličí BO ze všech stanovišť. Koncentrace P 0,78 mg/g v jehličí BL souboru vzorků BL O byla výrazně nižší. Tuto situaci popisuje i poměr N:P 19,6 a 19,2 BO a BL (dle PUUSTJARVI (1967) je optimální výživa kolem 11 (FERDA, 1975 a MOILAINEN et al., 2010)), který daleko převyšuje ostatní vzorky. Horní vrstva zvětralé rozložené saprické rašeliny měla být podle předpokladu dostatečným zdrojem živin, proto byl 0R0 zařazen do souboru vzorků O, avšak výběr z pohledu výživy P, nebyl vhodný, proto nebyl použit pro analýzu v obrázku 3. Porost BO vykazoval žloutnutí jehličí, pravděpodobně jako důsledek nevyrovnané výživy (viz obrázek č. 4).



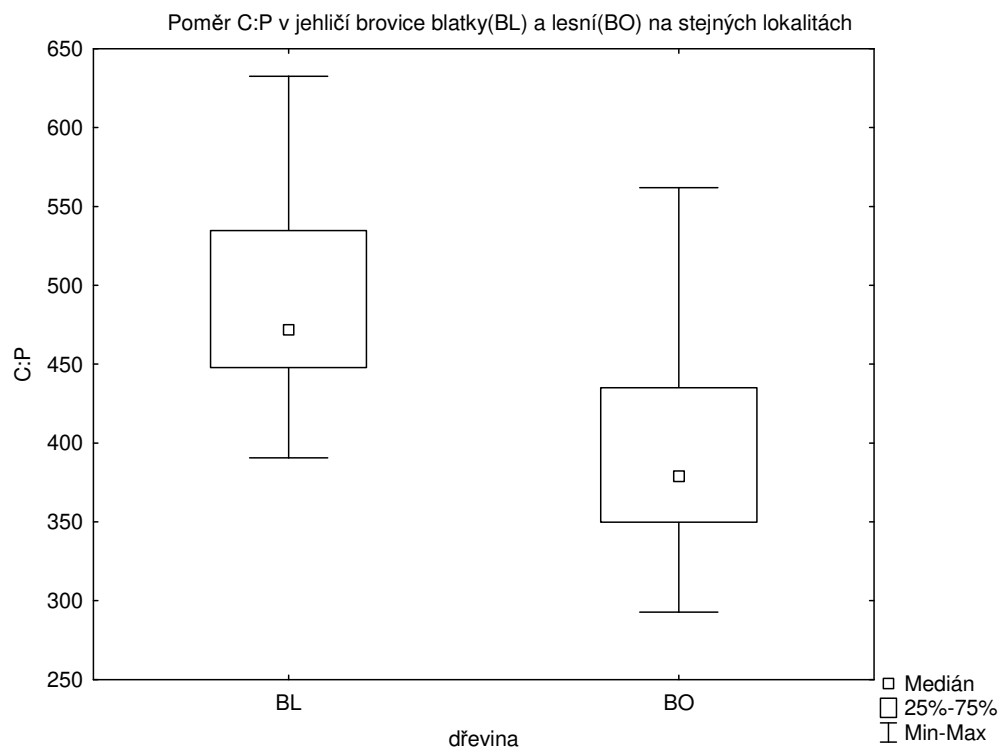
Obrázek č. 4 LT 0R0 vlevo BO a vpravo BL. Foceno 13. 12. 2017.

Z obrázků 5 a 6 je vidět, že jehličí BL obsahuje nižší koncentraci živin než jehličí BO. Medián poměru C:N v jehličí BL a BO je 45,2 a 38,3. Tři čtvrtiny vzorků BL je nad poměrem 43,5 C:N a zároveň tři čtvrtiny vzorků BO jsou pod poměrem 40,4 C:N. Situace v poměru C:P je obdobná, medián poměru v jehličí BL a BO je 472 a 379. Tři čtvrtiny vzorků BL je nad poměrem 448 a zároveň tři čtvrtiny vzorků BO jsou pod poměrem 435. To potvrzuje předpoklad, že na chudém stanovišti má BL výhodu ve výživě. Na obrázku 7 můžeme vidět rozdílnost C:P hodnot mezi BO O a BO S (kde z přímých koncentrací víme, že BO S je limitován v růstu P) a podobný vzor je i mezi BL O a BL S. Tyto rozdíly nevidíme mezi vzorky BO O a BO S ani BL O a BL S (Obr. 3). Proto lze usoudit, že BL je na rašelinném stanovišti limitována v růstu spíše P než N (zde nemůžeme použít přímé koncentrace živin v jehličí, protože vztah BL a koncentrace živin v jehličí nejsou známy).

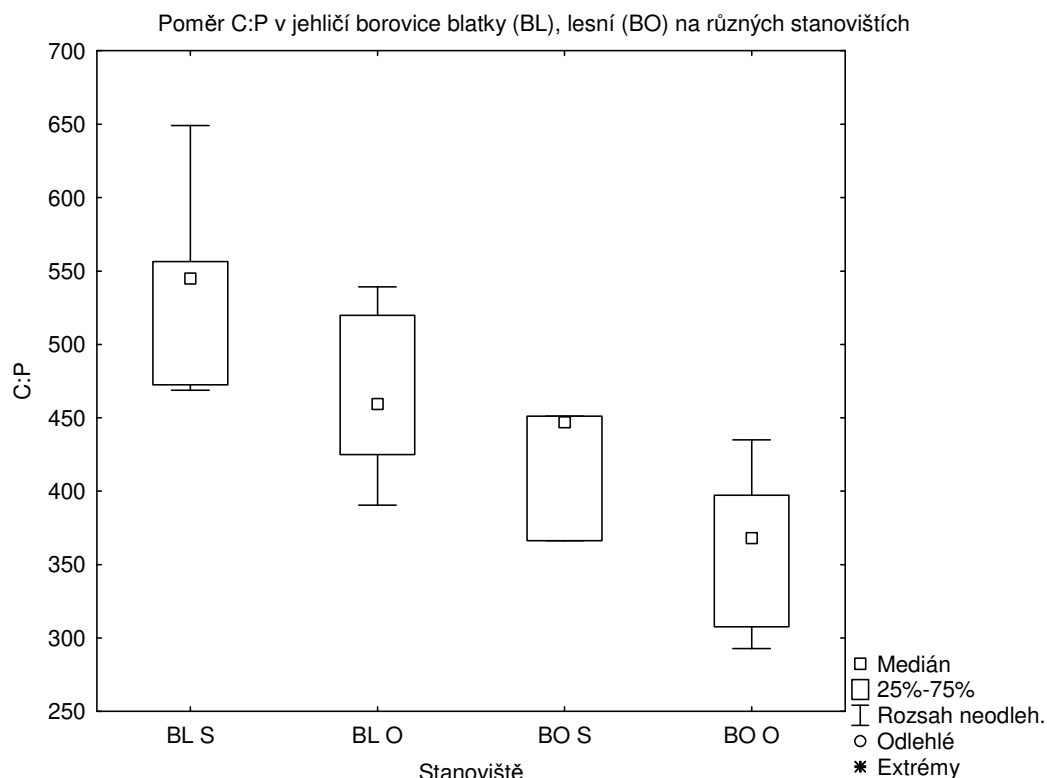




Obr. 5: Poměr C:N v jehličí BL a BO na stejných lokalitách. Lokality obsahují: středy rašeliniště (2 lokality LT 0R6), okraje rašeliniště (6 lokalit LT 0R5), vytěžené rašeliniště (1 lokalita LT 0R0) a podzolovaná minerální půda (1 lokalita LT 0M2). Celkem 10 lokalit, kde na každé je 1 BL a 1 BO.



Obr. 6: Poměr C:P v jehličí BL a BO na stejných lokalitách. Lokality obsahují: středy rašeliniště (2 lokality LT 0R6), okraje rašeliniště (6 lokalit LT 0R5), vytěžené rašeliniště (1 lokalita LT 0R0) a podzolovaná minerální půda (1 lokalita LT 0M2). Celkem 10 lokalit, kde na každé je 1 BL a 1 BO.



Obr. 7: Poměr C:P v jehličí BL a BO na stanovištích BL S (n=6), BL O (n=6), BO S (n=3), BO O (n=7)

## ZÁVĚR

Ve starém lesnicko-typologickém klasifikačním systému byl kód 0R7 LT rašelinný blatkový bor zakrslý v některých PLO (z důvodu absence nebo malé rozlohy přirozených stanovišť) nahrazen LT rašelinnou borovou březinou a posléze pronikla do cílové druhové skladby BR. Uvedení jiné dřeviny, než BL v cílové druhové skladbě by byla chyba s ohledem na koloběh živin na rašeliništi. Při narušení rašeliniště, u kterého byl narušen vodní režim, nestačí pouze obnovit vodní režim, ale mělo by být doprovázeno odstraněním nevhodných dřevin (především BR) nejen pokácením, ale především i odstraněním jejich biomasy (včetně živinově nejbohatších částí: listů a slabých větví), aby se zabránilo nadměrné dotaci prostředí živinami. Bezzásahový management není vždy nejvhodnější způsob ochrany, především u narušených stanovišť, protože řídicím mechanismem na blatkových stanovištích je P.

## LITERATURA

- AERTS, R. (1996): Nutrient resorption from senescing leaves of perennials: are there general patterns?. *Journal of Ecology* p 597-608.
- AERTS, R.; VERHOEVEN J. T. A. & WHIGHAM D. F. (1999): Plant-mediated controls on nutrient cycling in temperate fens and bogs. *Ecology* 80.7: p 2170-2181.
- BUSINSKÝ, R. (2009): Borovice blatka v novém pojetí. *Zpr. Čes. Bot. Společ* 44:35-43.
- BUSINSKÝ, R. (2008): The Genus Pinus L., Pines. *Acta Pruhoniciana*, 88, 1-128.
- FENNER, N. & FREEMAN, C. (2011): Drought-induced carbon loss in peatlands. *Nature Geoscience* 4:895-900.
- FERDA, J. (1975): Forestry reclamation of extracted peat deposits. *Výzkumný ústav meliorací*, Vol:6.
- HAN, W. (2005): Leaf nitrogen and phosphorus stoichiometry across 753 terrestrial plant species in China. *New Phytologist* 168.2: 377-385.
- JIRÁTKO, J.; ROUBÍK, J.; VOKOUN, J. & VINTER, Č. (2001): Typologická exkurze 24. – 26. Září 2001.

KVĚT, J., JENÍK, J. & SOUKUPOVÁ, L. (2002): Freshwater wetlands and their sustainable use. – Man and the Biosphere Series, UNESCO, Paris, vol. 28.

KRUML, F. & HOŠEK, E. (1961): Historický průzkum lesů (LHC Třeboň, Domanín a Velechvín) Díl I, ÚHÚL České Budějovice.

LATHAM, R. E. & RICKLEFS, R. E. (1993): Continental comparisons of temperate-zone tree species diversity. Species diversity in ecological communities: *historical and geographical perspectives* s. 294-314.

Manualu ICP forest: United Nations Economic Commission for Europe Convention on Long-range Transboundary Air Pollution. 2010: MANUAL on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests. International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests)

MOILANEN, M.; SAARINEN, M. & SILFVERBERG, K. (2010): Foliar nitrogen, phosphorus and potassium concentrations of Scots pine in drained mires in Finland. *Silva Fenn* 44.4:583-601.

OLEKSYN, J.; REICH, P. B.; ZYTKOWIAK, R.; KAROLEWSKI, P. & TJOELKER, M. G. (2002): Nutrient conservation increases with latitude of origin in European *Pinus sylvestris* populations. *Oecologia* 136. p 220–235.

PAAVILAINEN, E. & PÄIVÄNEN, J. (1995): Peatland forestry: ecology and principles. Vol. 111. Springer Science & Business Media.

PITTER, P. (1999): Hydrochemie. 2nd ed. Vydavatelství VŠCHT, Praha.

SIKSTRÖM, U.; ALMQVIST, C. & JANSSON, G. (2010): Growth of *Pinus sylvestris* after the Application of Wood Ash or P and K Fertilizer to a Peatland in Southern Sweden. *Silva Fennica* 44 (3):117-124.

SILFVERBERG, K. & MOILANEN, M. (2008): Long-term nutrient status of PK fertilized Scots pine stands on drained peatlands in North-Central Finland. *Suo* 59 (3):71–88.

MOILANEN, M., SAARINEN, M. & SILFVERBERG, K. (2010): Foliar Nitrogen, Phosphorus and Potassium Concentrations of Scots Pine in Drained Mires in Finland. *Silva Fennica* 44 (4):583-60.

PUUSTJÄRVI, V. (1968): Suometsien fosforiravitsemuksesta ja neulasten P/N-suhteesta neulasanalyysin valossa. Summary: On the phosphorus nutrition of wet peatland forests and on the P/N ratio of their needles. *Suo – Mires and Peat* 13: 21–24.

REKTORIS, L.; RAUCH, O. & PŘIBÁŇ, K. (1997): Hynutí borovice blatky (*Pinus rotundata* Link.) a úspěšné změny blatkových borů jako reakce na měnící se hydrologické a klimatické podmínky v NPR Červené blato. *Příroda* 11: 67-84.

SHAVER, G.R. (1983): Mineral nutrition and leaf longevity in *Ledum palustre*: the role of individual nutrients and the timing of leaf mortality. *Oecologia* Volume 56 (2-3) 160-165.

Skonieczna, J.; Małek, S.; Polowy, K. & Węgiel, A. (2014): Element content of scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands of different densities. *Drewno*. Vol. 57, No. 192.

ŠPULÁK, O. (2009): Produkční potenciál mladého porostu smrku pichlavého a akumulace živin v nadzemní biomase. *Zprávy lesnického výzkumu* Vol 54. p 85-91.

TOMASSEN, H.B.M.; SMOLDERS, A.J.P.; LAMERS, L.P.M. & ROELOFS, J.G.M. (2003): Stimulated growth of *Betula pubescens* and *Molinia caerulea* on ombrotrophic bogs: role of high levels of atmospheric nitrogen deposition. *Journal of Ecology* 91:357–370.

VENTERINK, H.O.; WASSEN, M.J.; VERKROOST W.M. & DE RUTTER P.C. (2003): Species richness-productivity patterns differ between N-, P, and K-limited wetlands. *Ecology*. 84 (8):2191-2199.