

# Rozvoj monitoringu zdravotního stavu lesa

v rámci projektu Life+ „FutMon“ v České republice

*Development of the monitoring of forest health  
state under Life+ “FutMon” project in the Czech Republic*



Data 2009 – 2011



# Rozvoj monitoringu zdravotního stavu lesa v rámci projektu Life+ „FutMon“ v České republice

*Development of the monitoring of forest health  
state under Life+ “FutMon” project in the Czech Republic*

Data 2009 – 2011



MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ  
ČESKÉ REPUBLIKY



Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.  
*Forestry and Game Management Research Institute*

2011

Rozvoj monitoringu  
zdravotního stavu lesa v rámci projektu Life+ „FutMon“ v České republice  
*Development of the monitoring  
of forest health state under Life+ “FutMon” project in the Czech Republic  
Data 2009 – 2011*

Vydal/Issued by: Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, v. v. i.  
*Forestry and Game Management Research Institute*

Editoři/Editors: Ludmila Boháčová, Bohumír Lomský, Vít Šrámek

Autoři/Authors: Boháčová L., Buriánek V., Čapek M., Fabiánek P., Fadrhonsová V., Hellebrandová K.,  
Lachmanová Z., Lomský B., Novotný R., Šrámek V., Vortelová L.

Foto/Photos: Buriánek V., Fabiánek P., Fadrhonsová V., Lachmanová Z., Novotný R., Šrámek V.

Jazyková redakce/  
*Language edition:* Mirka Valentová

Technická redakce/  
*Technical edition:* Klára Šimerová

Náklad/  
*Number of copies:* 500 ks

ISBN 978-80-86461-08-3

**Obsah / Content**

Úvod / <i>Introduction</i> .....	5
1. Monitoring zdravotního stavu lesa v systematické síti ploch / <i>Monitoring of the forest state in systematic network of plots</i> .....	7
2. Intenzivní monitoring stavu lesa / <i>Intensive monitoring of the forest state</i> .....	19
3. Vitalita a adaptace lesních porostů / <i>Vitality and adaptation of the forest stands</i> .....	39
4. Cykly živin a kritická zátěž / <i>Nutrient cycling and critical loads</i> .....	49
5. Vodní bilance lesních porostů / <i>Water balance of the forest stands</i> .....	56



## ÚVOD

V průběhu 80. let minulého století docházelo k zhoršování zdravotního stavu evropských lesů, defoliace, diskolorace korun a odumírání stromů se staly vážnou hrozbou. K objektivnímu popsání změn zdravotního stavu lesů se v celé Evropě začaly periodicky monitorovat indikátory zdravotního stavu (defoliace a diskolorace) a současně byly sledovány příčiny tohoto zhoršení. Šlo především o vysoké koncentrace  $\text{SO}_2$  a kyselá deponice, které začaly ovlivňovat také lesní půdu.

Od roku 1986 byly v rámci programu ICP Forests vybudovány dva systémy – plošný monitoring (úroveň I), poskytující ročně informaci o zdravotním stavu lesa, později (1992) navázal intenzivní monitoring (úroveň II), sledující více parametrů a kauzální závislosti. Řada zemí Evropy využívá monitorační plochy v rámci národní inventarizace lesů (NIL), v dalších zemích se oba systémy doplňují. Významným přínosem evropského monitoringu lesů je vytvoření společné, harmonizované – jednotné databáze indikátorů a kritérií hodnocení zdravotního stavu lesa a monitoračních metod, která umožňuje srovnávat výsledky v čase a v rámci Evropy.

V současné době, kdy dochází ke změnám v imisním komplexu, kdy polutanty síry a deponice jejich sloučenin již výrazně neovlivňují zdravotní stav lesů a lesní půdy, roste význam pokračující deponice dusíku a zvyšující se koncentrace přízemního ozonu. S nastupující klimatickou změnou se stává aktuální problematika biodiverzity lesních porostů, prudkých změn teploty a častějších výskytů extrémních situací, jako jsou sucha a větrné kalamity. Dostupnost vody velmi často limituje jednotlivé stromy i celé porosty. Příkladem působení extrémního sucha a teplotního stresu bylo v celé Evropě léto roku 2003, kdy byl výrazně ovlivněn vodní režim lesních porostů a okamžitě a nebo v následných letech došlo k zhoršení zdravotního stavu porostů i odumírání dřevin (smrk, buk).

Pro zachování vitálních, druhově rozmanitých a zdravých lesů, pro ochranu funkcí lesa a pro trvale udržitelné hospodaření, budou vyžadovány vědecky ověřené a kvalitní údaje, které mohou být získávány i na menším počtu monitoračních ploch se zvýšeným počtem sledování. Tyto plochy by mohly být základem evropského monitoračního systému, před kterým stojí nové výzvy, jako klimatická změna a zachování biodiverzity evropských lesů.

Proto projekt FutMon (Further Development and Implementation of an EU-level Forest Monitoring System) úzce kooperuje s programem ICP Forests. Provádí se revize stávajícího monitoračního systému tak, aby se stal efektivnějším.

Plošný monitoring zdravotního stavu je prováděn na 4300 plochách a systém bude dále rozvíjen ve spolupráci s NIL. Intenzivní monitoring probíhá na 250 plochách, kromě hodnocení zdravotního stavu koruny a hodnocení růstu zahrnuje sledování meteorologických parametrů, kvality ovzduší, hodnocení deponice, půdních podmínek, přízemní vegetace a listových analýz. Doplňující parametry jsou hodnoceny v rámci demonstračních projektů D1 – Tree vitality and adaptation, D2 – Nutrient cycling and critical loads a D3 – Water budgets.

Mezi očekávané výsledky z revidovaného systému monitorační ploch patří pokračování harmonizace a optimalizace existujících metod monitoringu. Projekt využívá ke svému řešení nejnovější technické vybavení, definuje a implementuje přesnější monitorační metody, přispívající ke kvalitnějšímu a efektivnějšímu sběru dat.

## INTRODUCTION

*During the eighties of the last century the health state of the forest stands in Europe had deteriorated, defoliation and discoloration of the tree crowns and tree decay represented serious threat. To describe objectively changes in the state of forests in whole Europe, the indicators of the health state (defoliation and discoloration) started to be periodically monitored, and causes of this development were investigated. It was mainly high concentration of  $\text{SO}_2$  and acid deposition, influencing also forest soils.*

*Since 1986, within ICP Forests Programme, two networks have been built – systematic monitoring (level I), giving every year information on the state of forests, latter (1992) followed with intensive monitoring (level II), studying more parameters and causes-effect relationships. Many European countries built their monitoring plots within the national forest inventories (NFI) networks, in others the two systems complete each other. Unique, harmonized database of indicators and criteria of evaluation of the forest health state and unified methodology are an important input of European forest monitoring, making possible to compare the results in time and space.*

*Today, due to changing emission complex, when sulphur pollutants and deposition of sulphur compounds do not influence significantly the health state of the forest stands and forest soil, the importance of ongoing nitrogen deposition and growing ozone concentrations is increasing. In situation of expected climate changes the problem of biodiversity of the forests stands with respect to sharp changes of temperature and frequent extreme situations, as dryness and wind calamities, starts to be more important. Water availability can be limiting for individual trees and whole stands. In the whole Europe, summer 2003, could be an example of extreme dryness and temperature stress, affecting significantly water regime of the forest stands and immediate deterioration of the health state and tree and stand decay (spruce, beech).*

*To preserve vital, diverse in species, and healthy forest stands, and also of the forest functions and sustainable management, high quality scientifically proved data will be necessary. Such data could be collected even in smaller number of plots, where more parameters will be studied. Such plots could be a base of the European monitoring system, facing new challenges – climatic change and preservation of biodiversity of European forests.*

*That is why the FutMon (Further Development and Implementation of an EU-level Forest Monitoring System) project closely cooperates with the ICP Forests Programme. Existing monitoring system is being revised, to be more effective.*

*Recently, systematic monitoring is done within 4300 plots, and it will be developed in cooperation with the NFI, intensive monitoring is done in 250 plots in the whole Europe. Besides assessment of crown condition and growth, also meteorology, air quality, deposition, soil conditions, ground vegetation and leaf analyses are studied. Completing parameters are evaluated within demonstration projects D1 – Tree vitality and adaptation, D2 – Nutrient cycling and critical loads, and D3 – Water budgets.*

*Revised network of existing monitoring system can bring following results:*

*Ongoing harmonization and optimization of existing monitoring methods. The project works with the newest technical equipment, it defines and implements more precise monitoring methods, and it contributes to better quality and more effective data collection.*

Komplexní analýzy již existujících dat probíhají s ohledem na vyhodnocení

- alokace uhlíku ve stromech,
- lesních půdních podmínek,
- kritické zátěže, jejího překročení a vlivu na druhovou biodiverzitu,
- dynamického modelování budoucího vlivu polutantů a klimatické změny (dostupnost vody, sucho) na lesní porosty.

Projekt FutMon je koordinován v TI v Hamburku (Johann Heinrich von Thünen-Institute). Projektu FutMon se účastní 38 přispěvatelů z 24 členských států EU. Celkový rozpočet projektu je 34,44 mil Eur. Program Life+ EU přispívá do celkového rozpočtu 16,14 mil Eur. Zbývající část je financována národními orgány (správou) jednotlivých zúčastněných zemí. Úkoly řešené projektem jsou strukturovány do 9 skupin a zahrnují 246 akcí.

*Complex analysis of existing database is done with respect to evaluation of the*

- *carbon sink in trees,*
- *forest soil conditions,*
- *critical load, its exceeding and effect on biodiversity,*
- *dynamic modelling of the impact of pollutants, climate changes (water availability, dryness) on the forest stands.*

*The FutMon project is coordinated by in TI Hamburg (Johann Heinrich von Thünen-Institute). In the FutMon in total 38 beneficiaries of 24 EU member states is participating. Total budget of the project is 34.44 mil Euro. The Life+ programme EU contributes with 16.14 mil Euro. Resting part is covered with the budget of individual national organs (state administration) of the participating countries. The goals of the project are divided in 9 groups, they include 246 actions.*

## 1. MONITORING ZDRAVOTNÍHO STAVU LESA V SYSTEMATICKÉ SÍTI PLOCH

Získávání informací o prostorovém a časovém vývoji stavu lesa v evropském měřítku a prohlubování znalostí o příčinách současného poškození lesa vyžaduje velmi odlišné metodologické přístupy k monitorování. Proto jsou cíle programu ICP Forests/FutMon realizovány pomocí monitorovacích soustav různého složení a různé intenzity měření (úroveň I a II). Úroveň I tvoří systematická síť monitorovacích ploch pokrývající celé území státu v předepsané hustotě. Jejím cílem je shromažďování srovnatelných plošných údajů o stavu lesa a jeho časovém vývoji.

**Obr. 1.1:** Monitorovací plocha K 160 – Rytířsko (Českomoravská vrchovina) /  
Monitoring plot K 160 – Rytířsko (Czech-Moravian Highlands)



Šetření stavu lesa v systematické síti monitorovacích ploch projektu FutMon zahrnuje plochy tzv. nadnárodní sítě v celkovém počtu 146 ploch (obr. 1.2). Tato nadnárodní síť je nedílnou součástí celonárodní systematické sítě monitorovacích ploch (úroveň I) v České republice v celkovém počtu 306 ploch. Skutečný počet hodnocených monitorovacích ploch v obou systémech systematické sítě je v každém roce nižší přibližně o 5 – 8 % z důvodu obnovy části lesního porostu, kde je umístěna monitorovací plocha. Sledování na těchto plochách se během realizace hospodářských opatření dočasně přerušuje a pokračuje se až v období, kdy dojde k zajištění nové kultury.

Monitorovací plochy projektu FutMon jsou rozmístěny rovnoměrně podle lesnatosti po celém území České republiky. Plochy jsou umístěny v lesních porostech tak, aby dobře charakterizovaly

## 1. MONITORING OF THE FOREST HEALTH STATE WITHIN SYSTEMATIC NETWORK OF PLOTS

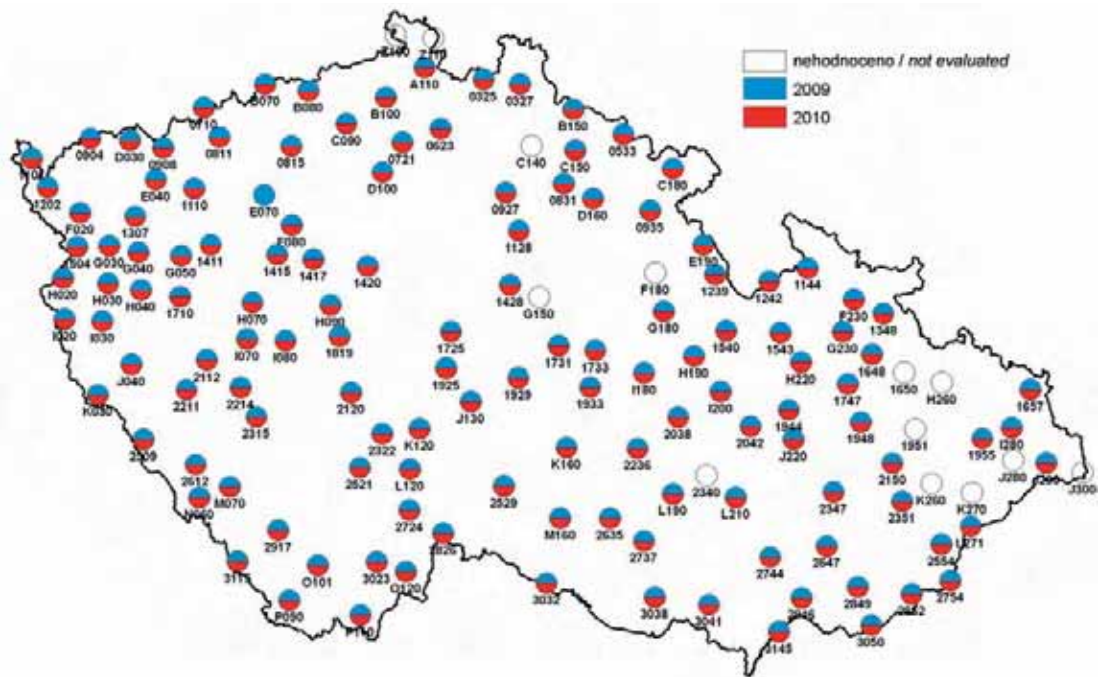
To get information on the space and time development of forest health state in European level and to improve the knowledge on causes of recent forest damage need different ways and methods of monitoring. That is why the goal of ICP Forests/FutMon project is realized within monitoring networks of different composition and intensity of measuring (level I and II). Level I represents systematic monitoring network, covering the whole area of the country in given density. The aim is to gather comparable aerial data on forest state and its development.

Monitoring of forest state within systematic network of monitoring plots under FutMon project includes in total 146 of plots (Fig. 1.2). This international network is a part of the national network of monitoring plots in the Czech Republic, in total of 306 plots. Real number of the plots assessed in actual year is in 5 – 8 % lower each year, due to partial stand regeneration in the place of monitoring plot. Assessment of these newly regenerated plots is temporally interrupted and it starts again after the new culture is stabilized.

Monitoring plots of the FutMon project are distributed proportionally, according to the forestation, in the whole area of CR. The plots are distributed to characterize given stand and site conditions. At the altitude 150 m - 1100 m more than 5 thousands trees was assessed every year, representing 28 tree species of different age classes (Fig. 1.3).



Obr. 1.2: Monitorovací plochy projektu FutMon hodnocené v letech 2009 – 2010 v České republice /  
Monitoring plots of the FutMon Project assessed in 2009 – 2010 in the Czech Republic

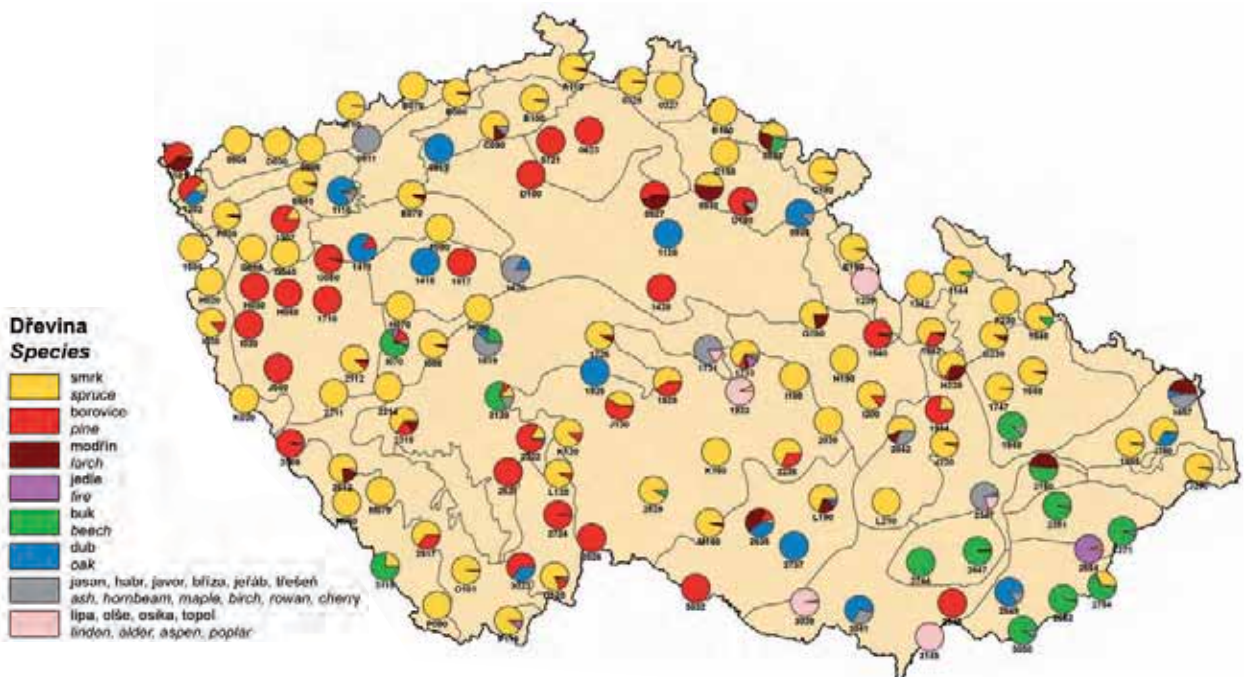


dané stanovištní a porostní podmínky. V nadmořských výškách od 150 m do 1100 m se hodnotilo každým rokem více než 5 tisíc stromů, reprezentujících 28 druhů lesních dřevin v různých věkových třídách (obr. 1.3).

Zdravotní stav stromů je charakterizován především stupněm defoliace, která je definována jako relativní ztráta asimilačního aparátu v koruně stromu v porovnání se zdravým stromem,

Health state of forest trees is characterized mainly by defoliation level, defined as relative loss of assimilation apparatus in the tree crown, compared to healthy trees growing under the same stand and site conditions (Fig. 1.4). It is a loss caused mainly by negative changes in forest ecosystems, as a result of long-term, high air pollution load by harmful agents ( $SO_2$ ,  $NO_x$ , F, Cl,  $O_3$ , heavy metals, dust particles etc.).

Obr. 1.3: Druhová skladba na jednotlivých monitorovacích plochách projektu FutMon /  
Species composition in the monitoring plots of FutMon project



Obr. 1.4: Příklady defoliace koruny smrku (*Picea abies*) /  
Examples of the spruce crown defoliation (*Picea abies*)



rostoucím ve stejných porostních a stanovištních podmínkách (obr. 1.4). Je to ztráta, která je způsobena především vlivem nepříznivých změn prostředí lesních ekosystémů, jako důsledku dlouhodobého a nadměrného znečištění ovzduší různými škodlivinami ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , F, Cl,  $\text{O}_3$ , těžké kovy, prachové částice aj.).

## Výsledky sledování defoliace v roce 2009

Ve vývoji celkové defoliace jehličnanů ve starší věkové kategorii (porosty 60leté a starší) nebyla v roce 2009 v porovnání s minulým rokem zaznamenána žádná výrazná změna. U jednotlivých druhů zastoupených v této kategorii bylo evidováno nepatrné zlepšení u smrku a modřínu (*Picea abies*, *Larix decidua*) poklesem zastoupení defoliace ve třídě 2 a současně zvýšením ve třídě 1. U borovice (*Pinus sylvestris*) byl tento trend opačný a u jedle (*Abies alba*) se neprojevila žádná změna. U mladší věkové kategorie jehličnanů (porosty do 59 let) došlo ke zřetelnému zlepšení celkové defoliace přesunem procentického zastoupení z vyšších tříd defoliace do nižší třídy, zastoupení defoliace ve třídě 0 stoupl z 35,0 % v roce 2008 na 41,3 % v roce 2009 při současném poklesu zastoupení ve třídách 1 a především 2. Tento pokles defoliace se projevil u smrku, modřínu i jedle (*Picea abies*, *Larix decidua*, *Abies alba*) zatímco u mladších porostů borovice (*Pinus sylvestris*) došlo naopak v porovnání s minulým rokem k mírnému nárůstu defoliace zvýšením zastoupení třídy 2 při současném poklesu zastoupení třídy 1. U obou věkových kategorií se projevil u borovice opačný trend mírného nárůstu defoliace v porovnání s ostatními druhy.

Ve vývoji celkové defoliace listnáčů ve starší věkové kategorii (porosty 60-leté a starší) došlo ke zřetelnému vzestupu defoliace, zastoupení ve třídě 2 stoupl z 32,4 % v roce 2008 na 41,0 % v roce 2009. Hlavní podíl na této změně měl dub (*Quercus* sp.), u ostatních sledovaných listnatých druhů byl tento nárůst defoliace nepatrný. U mladších listnáčů (porosty do 59 let) došlo naopak k výraznému zlepšení, zastoupení ve třídě defoliace 2 pokleslo z 30,1 % v roce

## Results of defoliation assessment in 2009

In 2009 no significant change was recorded in development of conifer defoliation (stands 60+). Some negligible improvement of the state was recorded with spruce and larch (*Picea abies*, *Larix decidua*) – decrease of defoliation class 2 in favour of class 1. For pine (*Pinus sylvestris*) this trend was reverse, no change recorded for fir (*Abies alba*). In younger age category of conifers (up to 59 years) significant improvement of the state was recorded. Defoliation had shifted from higher classes to lower, representation in class 0 increased from 35.0 % in 2008 to 41.3 % in 2009, with simultaneous decrease in classes 1 and mainly 2. This trend was observed with spruce, larch and fir (*Picea abies*, *Larix decidua*, *Abies alba*), while younger stands of pine (*Pinus sylvestris*) showed slight worsening of defoliation – increase in class 2 and decrease in class 1. Worsening of the pine state compared to other species, was recorded both in younger and older age category.

In broadleaves of older age category (60+) significant increase of defoliation was recorded, percentage in class 2 increased from 32.4 % in 2008 to 41.0 % in 2009. Worsening was recorded mainly with oak (*Quercus* sp.), increase of defoliation of other tree species was negligible. Younger broadleaves (stands up to 59) had improved significantly; representation in class 2 decreased from 30.1 % in 2008 to 14.6 % in 2009, in favour of class 0 and 1. This positive change was observed in most of the tree species assessed, most significant with oak (*Quercus* sp.), where in class 2 decrease from 47.6 % in 2008 to 12.0 % in 2009 was recorded, together with increase in class 0 (in 7.7 %) and 1 (in 30.0 %), (Tab. 1.1).

2008 na 14,6 % v roce 2009 při současném vzestupu zastoupení v obou nižších třídách 0 a 1. Tato pozitivní změna se projevila u většiny sledovaných listnatých druhů této mladší věkové kategorie, nejvýrazněji však u dubu (*Quercus* sp.), kde zastoupení ve třídě 2 pokleslo z 47,6 % v roce 2008 na 12,0 % v roce 2009 a současně stoupla zastoupení ve třídách 0 (o 7,7 %) a 1 (o 30,0 %), (tab. 1.1).

*The highest defoliation values of all tree species older than 59 years were recorded in Central Bohemian, Pilsen and Pardubice regions. Relatively lowest were the values in the Zlín, Olomouc, and Moravian-Silesian region (Fig. 1.5).*

*At the end of the vegetation season, during November, forest stands in some regions were damaged mechanically by wet snow.*

**Tab. 1.1: Výsledky hodnocení defoliace v roce 2009 / Results of defoliation assessment in 2009**

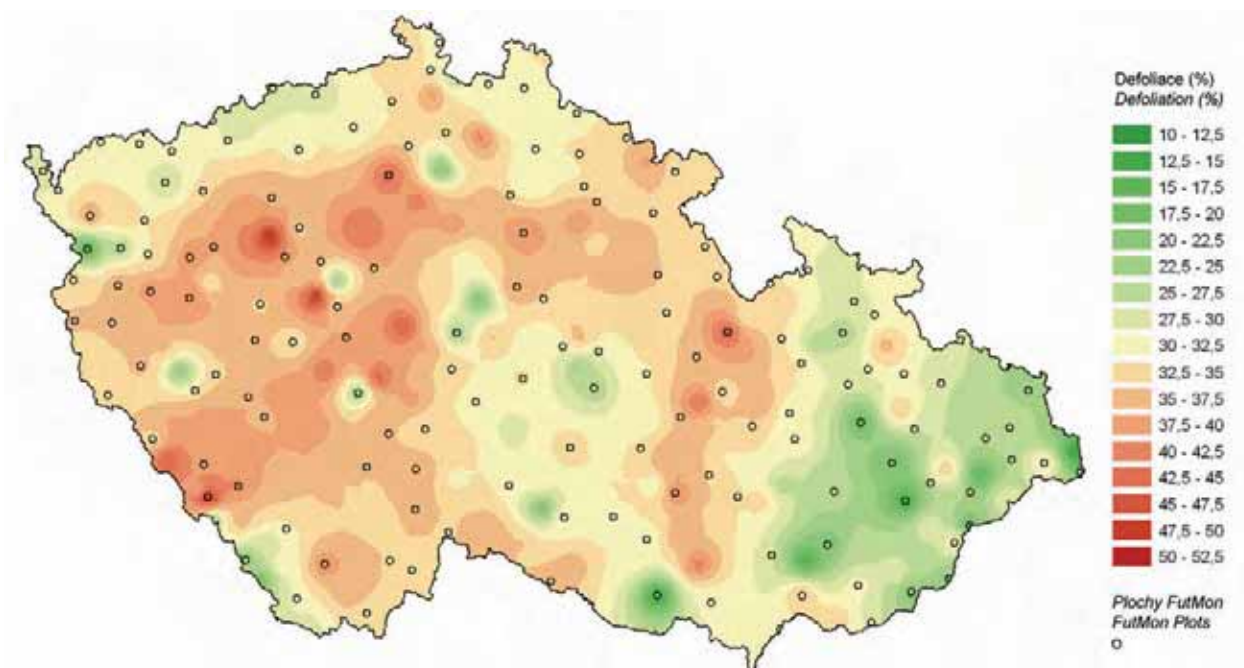
Hodnocení / Classification	Procentické zastoupení defoliace / Percentage of trees defoliated												
	porosty do 59 let / trees up to 59 years old						porosty starší než 59 let / trees 60 years and older						
jehličnany - druh / conifers - species	smrk / spruce	borovice / pine	modřín / larch	jedle / fir	ostatní / others	celkem / total	smrk / spruce	borovice / pine	modřín / larch	jedle / fir	ostatní / others	celkem / total	celkový součet / grand total
počet hodn. stromů / no. of sample trees:	689	223	47	22		981	2021	1014	139	34		3208	4189
defoliace / defoliation 0 - 10%	55,4	1,4	34,0	18,2		41,3	0,8	0,7	0,7	2,9		0,8	10,3
defoliace / defoliation >10 - 25%	34,4	20,6	55,3	81,8		33,3	27,9	15,9	35,3	38,2		24,5	26,6
defoliace / defoliation >25 - 60%	9,1	76,7	8,5	0,0		24,3	68,7	80,1	63,3	55,9		71,9	60,8
defoliace / defoliation >60% - <100%	0,9	0,9	2,1	0,0		0,9	2,5	2,8	0,0	2,9		2,5	2,1
defoliace / defoliation 100%	0,2	0,5	0,0	0,0		0,2	0,2	0,6	0,7	0,0		0,3	0,3
listnáče - druh / broadleaves - species	dub / oak	buk / beech	javor / maple	bříza / birch	ostatní / others	celkem / total	dub / oak	buk / beech	olše / alder	jasan / ash	ostatní / others	celkem / total	celkový součet / grand total
počet hodn. stromů / no. of sample trees:	117	93	47	40	74	371	301	232	78	61	52	724	1095
defoliace / defoliation 0 - 10%	12,8	58,1	6,4	2,5	31,1	25,9	0,3	19,8	30,8	0,0	36,5	12,4	17,0
defoliace / defoliation >10 - 25%	75,2	40,9	70,2	40,0	59,5	59,0	26,3	67,7	57,7	34,4	53,9	45,6	50,1
defoliace / defoliation >25 - 60%	12,0	1,1	21,3	57,5	8,1	14,6	71,8	12,5	11,5	63,9	7,7	41,0	32,1
defoliace / defoliation >60% - <100%	0,0	0,0	2,1	0,0	1,4	0,5	1,3	0,0	0,0	1,6	1,9	0,8	0,7
defoliace / defoliation 100%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1

K nejvyšším hodnotám defoliace, zahrnujícím všechny druhy dřevin věkové kategorie porostů starších než 59 let, patřily hodnoty zjištěné v krajích středočeském, plzeňském a pardubickém. Naopak relativně nejnižší hodnoty defoliace porostů stejné druhové a věkové kategorie byly v tomto roce zjištěny v krajích zlínském, olomouckém a moravskoslezském (obr. 1.5).

*During vegetation season also higher occurrence of bark beetles was recorded in some regions, mainly in the spruce stands. In 2009 the average monthly temperatures were over average (mainly in April), average monthly precipitation amounts were over average, mainly in the first half of the year.*

Na konci vegetačního období, během měsíce listopadu byly některé lesní porosty ve většině lesních oblastech mechanicky poškozeny mokrým sněhem. V průběhu vegetačního období byly také v některých lesních oblastech zaznamenány případy významnějšího výskytu podkorního hmyzu, především ve smrkových porostech. Průměrné měsíční teploty byly v tomto roce v porovnání s dlouhodobým normálem většinou nadprůměrné (především v měsíci dubnu), průměrný měsíční úhrn srážek byl při tomto srovnání nadprůměrný především v první polovině roku.

Obr. 1.5: Průměrná defoliace lesních porostů (všechny dřeviny) starších než 59 let v roce 2009 / Average defoliation of the forest stands (all species) older than 59 years in 2009



## Výsledky sledování defoliace v roce 2010

Ve vývoji celkové defoliace jehličnanů ve starší věkové kategorii (porosty 60leté a starší) byl v roce 2010 v porovnání s minulým rokem zaznamenán velmi mírný pokles, zastoupení defoliace ve třídách 0 a 1 mírně stoupl při poklesu zastoupení ve třídách 2 a 3. Na této nevýrazné změně měl největší podíl smrk (*Picea abies*) a také částečně jedle (*Abies alba*). U smrku zastoupení defoliace ve třídě 2 kleslo z 68,7 % v roce 2009 na 64,0 % v roce 2010 při současném zvýšení zastoupení defoliace ve třídách 0 a 1. U jedle pokleslo zastoupení defoliace ve třídě 1 z 38,2 % na 34,3 % a současně stoupl zastoupení defoliace ve třídě 0 z 2,9 % na 5,7 %. U mladší věkové kategorie jehličnanů (porosty do 59 let) nedošlo ve vývoji celkové defoliace k žádným výrazným změnám. U jednotlivých druhů byla zaznamenána změna u borovice (*Pinus sylvestris*), kde zastoupení defoliace ve třídě 2 stoupl z 76,7 % v roce 2009 na 83,9 % v roce 2010 při současném poklesu zastoupení defoliace ve třídách 0 a 1. U obou věkových kategorií se projevil u borovice opačný trend velmi mírného nárůstu defoliace v porovnání s vývojem u smrku. Tento rozdílný trend se projevil i v minulém roce. Borovice má u obou věkových kategorií zásadní podíl na vyšším procentu defoliace za skupinu jehličnanů.

Ve vývoji celkové defoliace listnáčů ve starší věkové kategorii (porosty 60leté a starší) došlo, podobně jako u stejné věkové kategorie jehličnanů, k velmi mírnému poklesu. Zastoupení defoliace ve třídách 0 a 1 mírně stoupl při poklesu zastoupení ve třídách 2 a 3. Na této nevýrazné změně měly největší podíl oba dva hlavní listnaté druhy buk (*Fagus sylvatica*) a dub (*Quercus* sp.). U buku pokleslo zastoupení defoliace ve třídě 2 z 12,5 % na 8,2 % a současně stoupl zastoupení defoliace ve třídě 0 z 19,8 % na 24,2 %. U dubu stoupl zastoupení defoliace ve třídě 1 z 26,3 % na 30,3 % a současně pokleslo zastoupení defoliace ve třídách 2 a 3. U mladších listnáčů (porosty do 59 let) došlo naopak k mírnému

## Results of defoliation assessment in 2010

In 2010, in total conifer defoliation in older stands (60+) slight decrease was observed, compared to the last year. Defoliation in class 0 and 1 had increased slightly, together with decrease in class 2 and 3. This small change was recorded mainly in the spruce stands (*Picea abies*) and partly in fir (*Abies alba*). For spruce, defoliation class 2 decreased from 68.7 % in 2009 to 64.0 % in 2010, together with increase in classes 0 and 1. In fir, defoliation in class 1 decreased from 38.2 % to 34.3 %; simultaneously it increased in the class 0, from 2.9 % to 5.7 %. In younger age category of conifers (up to 59 years) no significant changes of defoliation was recorded. Slight change was recorded in the pine stands (*Pinus sylvestris*), where percentage in class 2 increased from 76.7 % in 2009 to 83.9 % in 2010, with similar decrease in class 0 and 1. With pine of the two age categories, the trend was reverse to that of spruce. Similar trend was observed also in the last year. Pine of the two age categories plays decisive role in increased percentage of defoliation of conifers.

In older broadleaves (60+), similarly as in conifers of the same age category, slight decrease of defoliation was observed. Percentage in class 0 and 1 increased slightly, with similar decrease in class 2 and 3. This small change was mainly due to the two main species, beech (*Fagus sylvatica*) and oak (*Quercus* sp.). With beech, representation in the class 2 decreased from 12.5 % to 8.2 %, and simultaneously it increased in the class 0, from 19.8 % to 24.2 %. With oak, representation in the class 1 increased from 26.3 % to 30.3 %, with similar decrease in class 2 and 3. In younger broadleaves (up to 59 years) moderate deterioration was recorded contrarily, representation in class 2 increased from 14.6 % in 2009 to 20.0 % in 2010, with similar decrease in class 0. This change was mainly to development of the group other broadleaves, where percentage of the class 2 increased from 8.1 %

zhoršení, zastoupení ve třídě defoliace 2 stouplu z 14,6 % v roce 2009 na 20,0 % v roce 2010 při současném poklesu zastoupení ve třídě 0. Na tuto změnu měla největší vliv skupina ostatní listnáče, kde zastoupení defoliace ve třídě 2 stouplu z 8,1 % na 29,2 % při současném poklesu zastoupení defoliace ve třídě 0 z 31,1 % na 11,5 %. U mladších porostů dubu se naopak projevilo velmi mírné zlepšení poklesem zastoupení defoliace ve třídách 1 a 2 a zvýšením zastoupení ve třídě 0 (tab. 1.2).

to 29.2 %, with similar decrease in class 0, from 31.1 % to 11.5 %. In younger stands of oak slight improvement of the state was observed contrarily, with decrease of defoliation in classes 1 and 2 and increase in class 0 (Tab. 1.2).

Relatively the highest defoliation values were observed in the same regions as in the last year, although of slightly lower intensity. The lowest defoliation values in the stands of the same age category were

**Tab. 1.2: Výsledky hodnocení defoliace v roce 2010 / Results of defoliation assessment in 2010**

Hodnocení / Classification	Procentické zastoupení defoliace / Percentage of trees defoliated												celkový součet / grand total
	porosty do 59 let / trees up to 59 years old						porosty starší než 59 let / trees 60 years and older						
jehličnany - druh / conifers - species	smrk / spruce	borovice / pine	modřín / larch	jedle / fir	ostatní / others	celkem / total	smrk / spruce	borovice / pine	modřín / larch	jedle / fir	ostatní / others	celkem / total	celkový součet / grand total
počet hodn. stromů / no. of sample trees:	769	224	43	22		1058	1962	1000	139	35		3136	4194
defoliace / defoliation 0 - 10%	56,7	0,0	41,9	9,1		43,1	2,1	0,6	0,7	5,7		1,6	12,1
defoliace / defoliation >10 - 25%	33,6	15,6	48,8	90,9		31,6	32,0	14,1	37,4	34,3		26,6	27,8
defoliace / defoliation >25 - 60%	9,4	83,9	9,3	0,0		25,0	64,0	82,1	61,9	57,1		69,6	58,3
defoliace / defoliation >60% - <100%	0,4	0,4	0,0	0,0		0,4	1,5	2,9	0,0	2,9		1,9	1,5
defoliace / defoliation 100%	0,0	0,0	0,0	0,0		0,0	0,4	0,3	0,0	0,0		0,4	0,3
listnáče - druh / broadleaves - species	dub / oak	buk / beech	javor / maple	bříza / birch	ostatní / others	celkem / total	dub / oak	buk / beech	olše / alder	jasan / ash	ostatní / others	celkem / total	celkový součet / grand total
počet hodn. stromů / no. of sample trees:	108	93	54	39	130	424	294	231	77	62	48	712	1136
defoliace / defoliation 0 - 10%	16,7	57,0	3,7	2,6	11,5	21,0	0,3	24,2	29,9	1,6	47,9	14,6	17,0
defoliace / defoliation >10 - 25%	74,1	39,8	77,8	35,9	57,7	58,5	30,3	67,5	58,4	32,3	39,6	46,2	50,8
defoliace / defoliation >25 - 60%	9,3	3,2	18,5	61,5	29,2	20,0	68,7	8,2	11,7	64,5	10,4	38,6	31,7
defoliace / defoliation >60% - <100%	0,0	0,0	0,0	0,0	1,5	0,5	0,7	0,0	0,0	1,6	0,0	0,4	0,4
defoliace / defoliation 100%	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	2,1	0,1	0,1

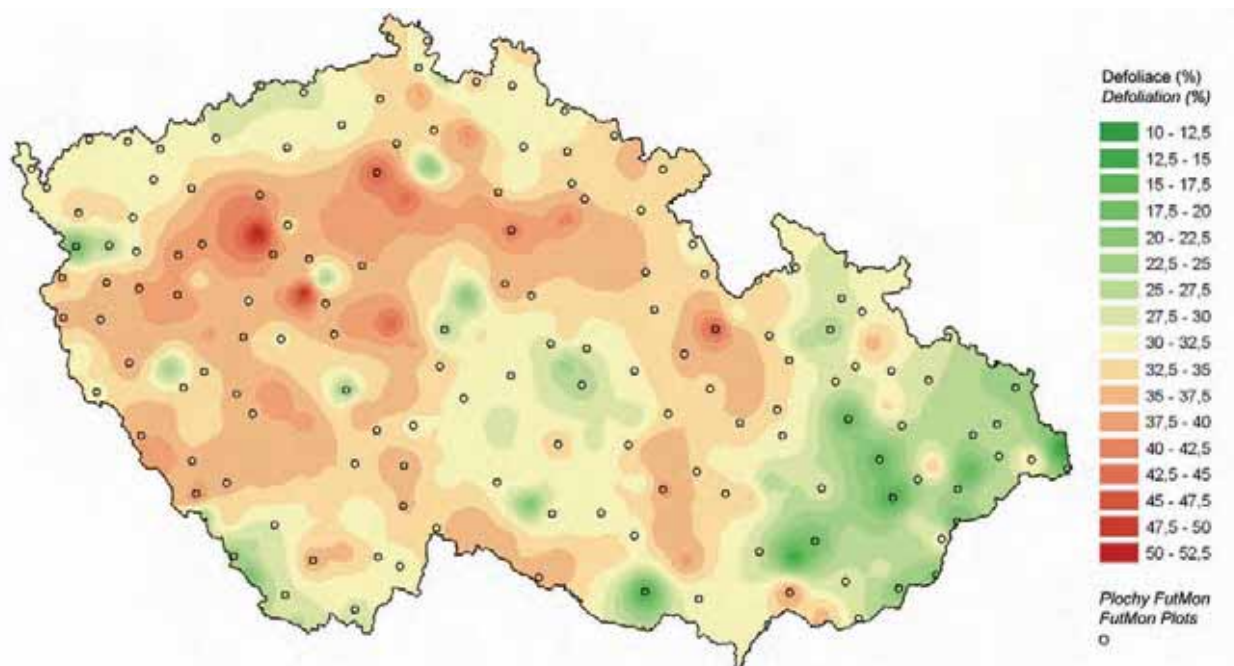
Relativně nejvyšší hodnoty defoliace, zahrnující všechny druhy dřevin věkové kategorie porostů starších než 59 let, se vyskytly v tomto roce ve stejných krajích jako v předcházejícím roce, ale s nepatrně nižší intenzitou. Nejnížší hodnoty defoliace stejné kategorie porostů byly zjištěny ve stejné míře opět v krajích zlínském, olomouckém a moravskoslezském (obr. 1.6).

again recorded in Zlín, Olomouc and Moravian-Silesian regions (Fig. 1.6).

Na začátku vegetačního období, během měsíce května byly některé lesní porosty především v severovýchodních Čechách mechanicky poškozeny bořivým větrem a krupobitím (kroupy velikostí 5 – 8 cm). V porovnání s dlouhodobým normálem byly průměrné měsíční teploty ve vegetačním období většinou nadprůměrné, především v červnu a červenci (v červenci odchylka +3,1°), podprůměrné byly pouze v září na říjnu. Průměrný

At the start of the vegetation period, during May, some stands, mainly NE Bohemia, were damaged by wind and hailstone (5 – 8 cm in diameter). Compared to the long-term averages, monthly temperatures were higher, mainly in June and July (in July +3.1°); only in September and October they were under-average. Average monthly precipitation amount was also over-average, only in June and October it was under-average (June 88 %, October 31 %).

Obr. 1.6: Průměrná defoliace lesních porostů (všechny dřeviny) starších než 59 let v roce 2010 / Average defoliation of the forest stands (all species) older than 59 years in 2010



měsíční úhrn srážek byl při tomto srovnání také většinou nadprůměrný, podprůměrný byl pouze v červnu a říjnu (červen 88 %, říjen 31 %).

## Vyhodnocení vývoje defoliace jehličnanů a listnáčů

Dynamika vývoje defoliace hospodářsky nejvýznamnějších jehličnatých dřevin se u porostů starších než 59 let v průběhu sledování v programu ICP Forests výrazně změnila. Koncem osmdesátých let došlo k prudkému nárůstu defoliace, v následujícím období devadesátých let tato dynamika vývoje defoliace výrazně poklesla a po roce 2000 následovaly jen velmi mírné změny. Průměrná hodnota defoliace smrku a borovice dosáhla výrazného kulminačního bodu v roce 1992. Následovala stagnace, v roce 1996 průměrná defoliace těchto dřevin opět stoupla a dosáhla maximální hodnoty (smrk 33,9 %, borovice 38,3 %). V dalších letech následoval pokles a počínaje rokem 1999 průměrná defoliace velmi mírně stoupá (hodnoty stále nad 30 %). V posledním roce dosavadního sledování 2010 defoliace starších jehličnanů velmi mírně klesla (obr. 1.7).

Dlouhodobý vývoj defoliace u listnáčů stejné věkové kategorie (porosty starší než 59 let) je trochu odlišný. Nejvyšší úroveň dosáhla defoliace listnáčů v roce 1993 (průměrná defoliace dubu 43,0 % a buku 22,5 %), v dalších letech klesala až na nejnižší úroveň v roce 1998 (průměrná defoliace dubu 27,8 % a buku 14,6 %). Následoval zřetelný vzestup defoliace do roku 2000 a v dalším období až do roku 2009 defoliace starších listnáčů s nevýraznými výkyvy velmi mírně stoupala. V roce 2010 tato defoliace, podobně jako u starších jehličnanů, mírně poklesla (obr. 1.9). Mezi jednotlivými listnatými druhy jsou výrazné rozdíly. Dub má z pohledu dlouhodobého vývoje větší rozkolísanost a vyšší úroveň defoliace než buk.

K nejvýraznějšímu relativnímu zlepšení průměrné defoliace (v rozmezí 5 – 10 %) kategorie starších jehličnanů a listnáčů došlo na několika jednotlivých lokalitách v krajích středočeském,

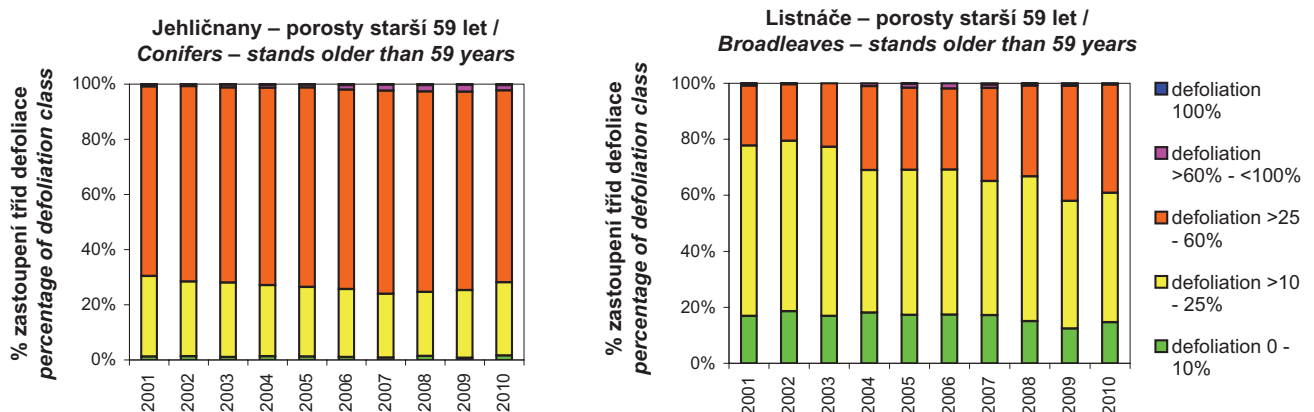
## Evaluation of defoliation development of conifers and broadleaveds

Dynamics of defoliation development of the main commercial conifer species older than 59 years, was changing significantly during the ICP Forests programme. At the end of the eighties, sharp increase of defoliation was recorded, in the nineties defoliation decreased significantly, changes after 2000 were not significant. Average defoliation of spruce had culminated in 1992, followed with stagnation. In 1996 the average defoliation of this species had increased again to the maximum value of 33.9 % for spruce, and 38.3 % for pine. In following years certain decrease was recorded. Starting in 1999, the average defoliation increases moderately again (values still over 30 %). In the last year of assessment, 2010 very slight decrease of defoliation of older conifers was recorded (Fig. 1.7).

Long-term development of conifers of the same age category (over 59 years) is slightly different. The highest defoliation was recorded in 1993 (average defoliation of oak 43.0 % and beech 22.5 %), in following years it decreased to the lowest values in 1998 (average defoliation of oak 27.8 % and beech 14.6 %). Then remarkable increase of defoliation was recorded, to 2000, in following years defoliation of older broadleaves was slightly increasing up to 2009. In 2010 defoliation decreased slightly, same as that of older conifers (Fig. 1.9). Significant differences were recorded among individual broadleaved species. Oak is more oscillating and of higher defoliation than beech.

Most significant relative improvement of the average defoliation (ranging between 5 – 10 %) of older broadleaveds and conifers

Obr. 1.7: Vývoj defoliace jehličnanů a listnáčů (porosty starší než 59 let) podle tříd defoliace v letech 2001 – 2010 / Defoliation development of broadleaves and conifers over 59 years in classes of defoliation, in 2001 – 2010



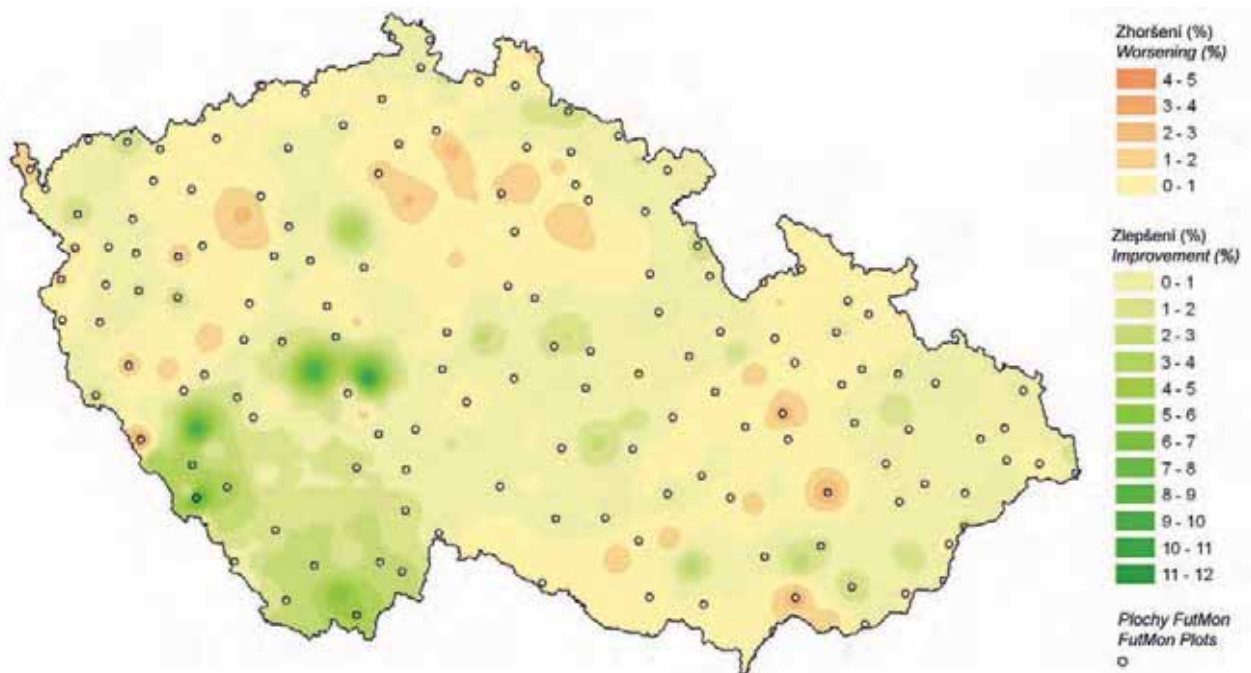
plzeňském a částečně i jihočeském. Naopak k relativně nejvýraznějšímu zhoršení (do 5 %) došlo na několika jednotlivých lokalitách v krajích zlínském a jihomoravském (obr. 1.7).

Mladší porosty (do 59 let) jehličnatých i listnatých dřevin dosahují všeobecně nižších hodnot defoliace než starší porosty. Nejvýraznější je tento rozdíl u smrku a naopak nejméně výrazný je u borovice. Mladší jehličnany vykazují v dlouhodobém trendu nižší defoliaci než porosty mladších listnáčů. U starších porostů (starších než 59 let) je toto srovnání opačné, starší jehlična-

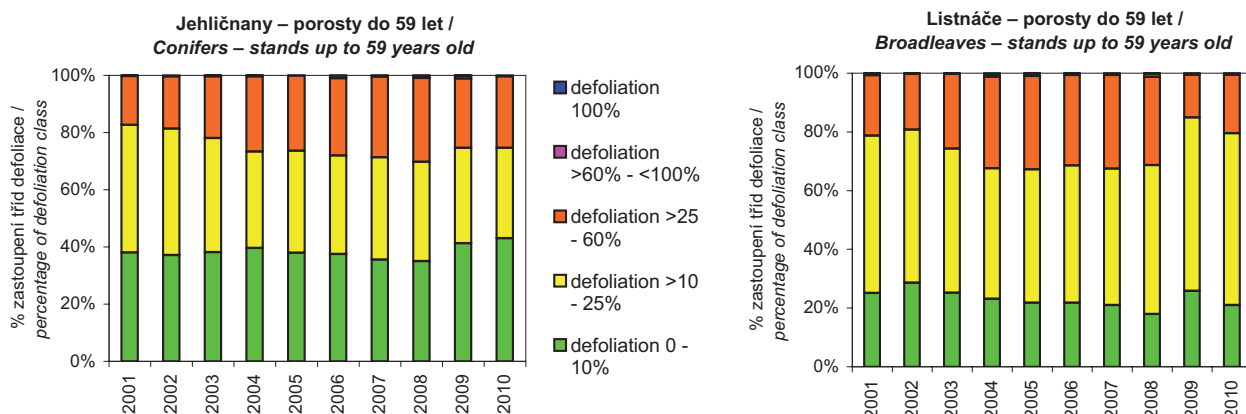
was recorded in several regions in Central Bohemia, Pilsen and Southern Bohemia. Relatively most significant worsening (up to 5%) of the state was recorded in several localities in Zlín and Southern Moravia region (Fig. 1.7).

Younger stands (up to 59 years) of conifers and broadleaves are generally of lower defoliation values than the older stands. This difference is the most significant with spruce, less significant with pine. Younger conifers show lower defoliation than younger broadleaveds in the long-term perspective. With older stands

Obr. 1.8: Změna průměrné defoliace jehličnanů a listnáčů starších než 59 let v letech 2009 – 2010 / Changes in average defoliation of broadleaves and conifers over 59 years in 2009 – 2010



Obr. 1.9: Vývoj defoliace jehličnanů a listnáčů (porosty do 59 let) podle tříd defoliace v letech 2001 – 2010 / Defoliation development of broadleaves and conifers over 59 years in classes of defoliation, in 2001 – 2010



ny mají výrazně vyšší defoliaci než porosty starších listnáčů. Od roku 2001 defoliace (zastoupení třídy 2-4) u mladších jehličnanů mírně stoupala, ale v posledních dvou letech 2009 a 2010 zřetelně poklesla, zastoupení třídy 2-4 pokleslo z 30,4 % v roce 2008 na 25,4 % v roce 2010 (obr. 1.9). U mladší věkové kategorie listnáčů byl ve stejném období dlouhodobý vzestup defoliatione mírný, podobně jako u jehličnanů, ale příznivá změna v roce 2009 v porovnání s rokem předcházejícím byla u mladších listnáčů výraznější než u jehličnanů. Zastoupení třídy 2-4 pokleslo z 31,3 % v roce 2008 na 15,1 % v roce 2009, ale v dalším roce 2010 tato hodnota opět stoupla na 20,5 % (obr. 1.9).

Výrazné snížení imisní zátěže v uplynulých letech mělo nepochybně příznivý vliv na zdravotní stav lesních porostů, u kterých se pozitivní změny prostředí projevují s určitým časovým zpožděním. Lesní porosty však stále vykazují vysokou míru defoliatione, která patří mezi nejvyšší v porovnání s ostatními evropskými zeměmi, a v dlouhodobém sledování vykazuje přes určité výkyvy velmi mírně stoupající trend. Vysoká míra defoliatione je způsobena jednak tím, že imisní zátěž stále negativně působí, i když na nižší úrovni, a jednak skutečností, že stabilita lesních ekosystémů je dlouhodobě narušena v důsledku neúnosného působení imisí v uplynulých desetiletích. Na vysokou míru defoliatione mají samozřejmě vliv i další negativní faktory biotického i abiotického původu, z nichž některé nabývají v posledních letech stále většího významu (klimatické excesy, podkorní hmyz). V porovnání s minulým rokem došlo k velmi mírným pozitivním změnám ve vývoji defoliatione u kategorie starších porostů listnatých i jehličnatých a také u kategorie mladších jehličnanů. Pouze u porostů mladších listnáčů bylo zaznamenáno zřetelné zhoršení. Velmi mírný pokles defoliatione se vyskytl u starších porostů smrku, zatímco u borovice obou věkových kategorií došlo naopak k mírnému nárůstu defoliatione. K mírnému poklesu defoliatione došlo také u starších listnáčů (buk, dub), zatímco u mladších listnáčů došlo naopak ke zřetelnému zvýšení defoliatione. Tato zvýšená defoliatione se ovšem projevila pouze u kategorie mladších ostatních listnáčů.

(59+) the development was opposite – older conifers are of higher defoliation, compared to older broadleaveds. Since 2001 defoliation (class 2-4) of younger conifers has increased slightly, in the last two years, 2009 and 2010 it decreased remarkably, however, class 2-4 from 30.4 % in 2008 to 25.4 % in 2010 (Fig. 1.9). In younger broadleaves defoliation increase was moderate in the long-term perspective, similarly to conifers, however, positive change in 2009, compared to previous year, was more significant in younger broadleaves than in younger conifers. Representation in the class 2-4 decreased from 31.3 % in 2008 to 15.1 % in 2009, in following year of 2010 this value increased again to 20.5 % (Fig. 1.9).

Significant lowering of air pollution load in recent years was, of course, of positive effect on the health state of forest stands, with certain delay. However, level of defoliation of the forest stands is still relatively high, compared to other European states, and it shows, in spite of certain imbalances, slightly increasing trend. High level of defoliation is still a result of the long-term effect of extreme imission load in the past and disturbed stability of the forest ecosystems. High level of defoliation is affected also by other factors of biotic and a-biotic origin, some of them of growing importance in recent years (climatic extremes, bark beetles). Compared to previous year, very moderate positive changes were recorded in defoliation development of older conifers and broadleaves, and of younger conifers. Only in younger broadleaves remarkable worsening of the state was recorded. Moderate decrease of defoliation was recorded in older spruce stands. In the pine stands of the two categories slight increase was recorded. Moderate decrease of defoliation was recorded also in older broadleaves (oak, beech); in younger broadleaveds higher defoliation was recorded, but only in the category of other younger broadleaveds.



## Mezinárodní kalibrační kurz hodnocení stavu koruny

### Milovy, Česká republika 2009

Mezinárodní kalibrační kurzy se pořádají v pravidelných intervalech, s cílem sjednotit výsledky hodnocení stavu koruny v evropském měřítku. Kurs 2009 proběhl ve dnech 7. – 10. července 2009 v České republice, na Českomoravské vrchovině, za účasti 15 zahraničních hostů z devíti zemí. Pro vzájemné porovnání hodnocení stavu koruny bylo vybráno 6 lokalit, které navazovaly na předcházející kurz v roce 2005, organizovaný rovněž na Českomoravské vrchovině. Pro účely kurzu byly vybrány 3 plochy ve smrkových a 3 plochy v bukových porostech. Na dvou plochách (1 smrkové a 1 bukové) byl stav korun hodnocen rovněž z fotografických snímků. Na každé lokalitě bylo hodnoceno 25 stromů, u každého bylo testováno šest způsobů hodnocení defoliace rozdělených do dvou skupin: 1 – z fixované pozice, 2 – bez fixované pozice (obr. 1.10).

## International cross/calibrating course (ICC)

### Milovy, the Czech Republic, 2009

International calibrating courses are organized regularly, aimed with harmonization of the results of crown condition assessment in European scale. ICC 2009 was held in July 7-10, 2009 in the Czech Republic, in Bohemian-Moravian Highlands. It was visited by 15 experts of 9 European countries. To compare assessment of crown condition, 6 localities were selected, same as in previous course in 2005, organized in the same region, 3 spruce and 3 beech plots were selected. In two of the plots (1 spruce and 1 beech) crown condition were assessed also in photographs. In each plot in total 25 trees was assessed, six different methods of defoliation assessment were tested, divided in two groups: 1 – from fixed position, 2 – non fixed position (Fig. 1.10).

Obr. 1.10: Příprava vybraných vzorníků pro interkalibrační kurz včetně fototestu /  
Preparing sample trees for the ICC, including photo test



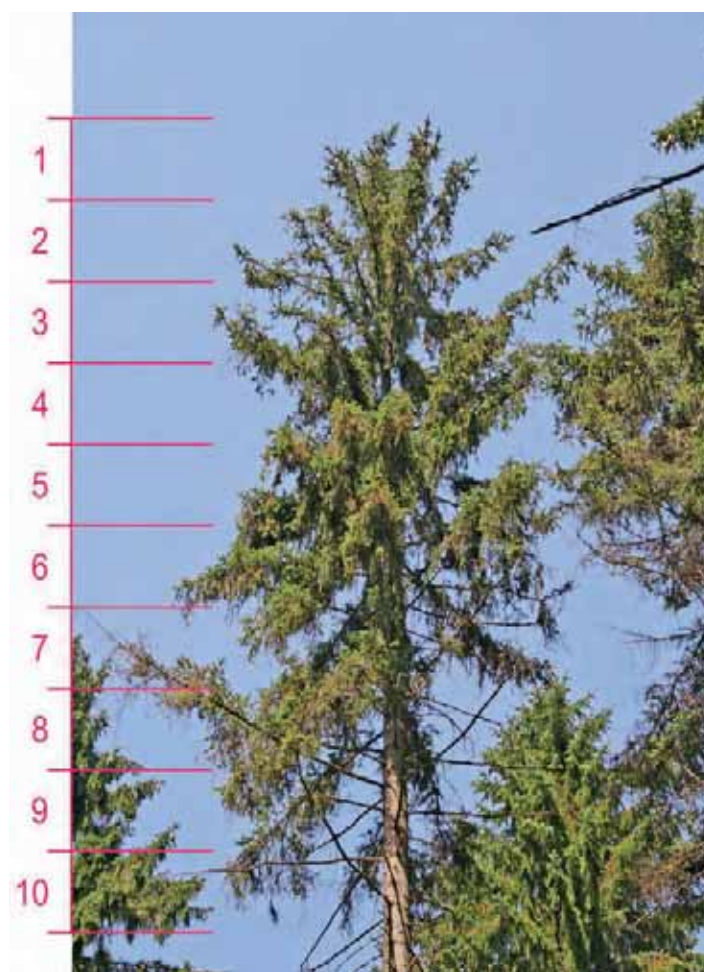
Na každé ploše se hodnotilo celkem 25 stromů jedné dřeviny a pro každý strom bylo vyznačeno fixované stanoviště pro hodnocení defoliace. Každý strom byl hodnocen třemi způsoby (nejširší část koruny, horní třetina a národní metoda), z fixované pozice a mimo tuto pozici (z následujících pozic), dohromady tedy 6 hodnot. Na každé fotografii pro foto-cvičení byla znázorněna výšková stupnice na určené části koruny, která je předmětem hodnocení (obr. 1.11).

Porovnání s výsledky hodnocení v roce 2005 bylo provedeno na 4 plochách u vybraných zástupců z 5 zemí, u kterých byla zaručena kontinuita v hodnocení. Porovnávány byly výsledky hodnocení národní metodou. Na posouzení vývoje defoliace mezi jednotlivými kurzy v letech 2005 a 2009 měla vliv i skutečnost, že hodnocení neproběhlo ve stejném vegetačním období, ale s posunem 2 měsíců (obr. 1.12).

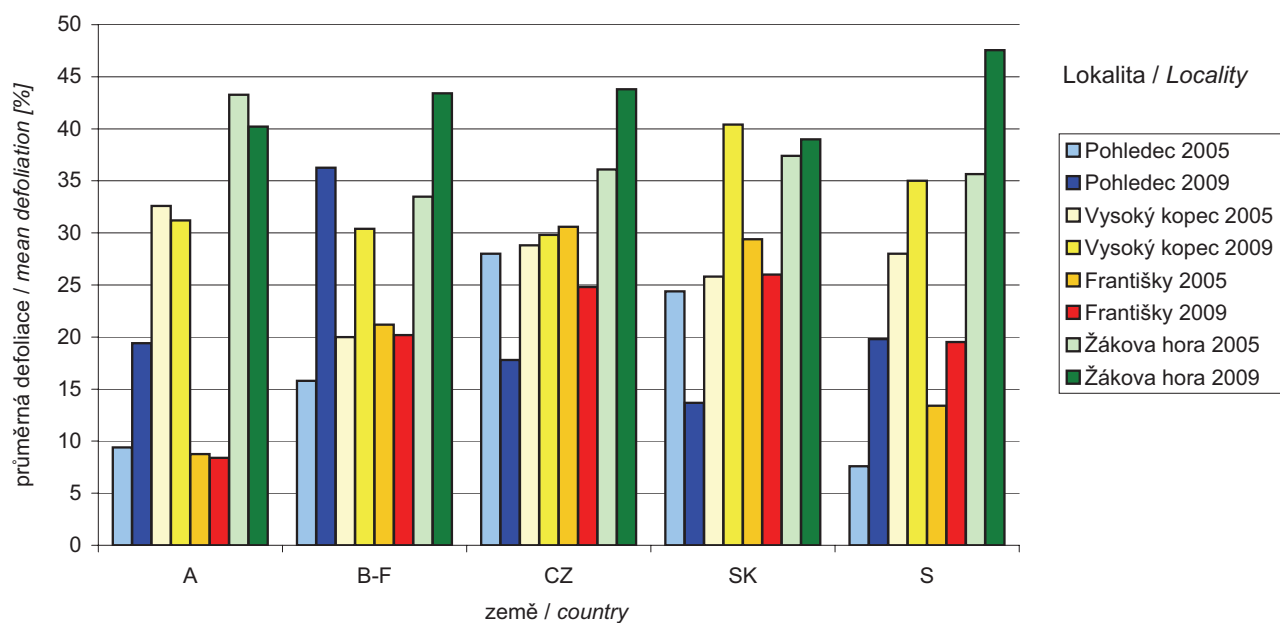
In each plot 25 trees of the same species was assessed, for each a fixed position was marked. Each tree was assessed in three different methods (widest part, upper third of the crown, national method), from fixed and non fixed position, in total 6 different results. All photographs for photo-test had a scale to mark part of the crown assessed (Fig. 1.11).

Comparison to the results of previous course in 2005 was done in 4 plots, for selected experts of 5 countries, repeatedly participating in ICCs, and so ensuring continuity of the results. Results of the national method were compared. Evaluation of defoliation development between the courses in 2005 and 2009 was affected also by the fact that the courses were not held in the same part of vegetation period (2month shift) (Fig. 1.12).

Obr. 1.11: Fotografie hodnocené koruny s vyznačenou stupnicí pro fototest /  
Photo of the crown assessed with the scale for photo-test



Obr. 1.12: Porovnání výsledků hodnocení v letech 2005 a 2009 u vybraných zemí /  
Comparison of the results in 2005 and 2009 for selected countries



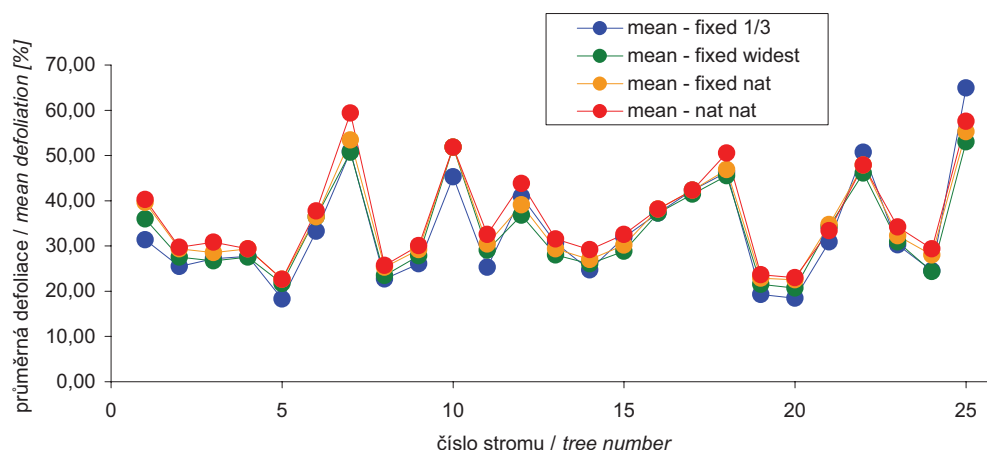
Standardní odchylka ukazuje podobný rozdíl u všech testovaných metod. Rozdíly jsou zřetelnější u smrku než u buku. Relativně nejmenší rozdíly mezi testovanými metodami byly u bukové plochy „Čtyři palice“ (obr. 1.13). Příčina velkých rozdílů v hodnocení u testovaných metod vyplývá:

- z nejednoznačné definice hodnocené části koruny
- z nedostatečné kalibrace hodnotitelů způsobené personálními změnami hodnotitelských týmů
- z nerespektování odlišných standardů defoliace v jednotlivých evropských oblastech - severní, střední a středomořská část Evropy

Standard deviation shows similar differences for all the methods tested. The differences are more significant for spruce than for beech. Relatively the lowest differences among the individual methods tested were in the beech plot „Čtyři palice“ (Fig. 1.13). Causes of high differences of the results for all methods tested are following:

- ambiguous definition of the crown assessed
- insufficient calibrating of the experts, caused by personal changes in the teams
- different standards of defoliation in different regions of Europe – Northern, Central and Mediterranean Europe – are not respected.

Obr. 1.13: Porovnání průměrné defoliace jednotlivých stromů podle rozdílných metod na lokalitě „Čtyři palice“ / Comparing of the average defoliation assessed by different methods in the beech plot „Ctiri palice“



## Mezinárodní foto-test

Významnou snahou zdokumentovat rozdílnou kvalitu v hodnocení podle fotografie byl Mezinárodní foto-test (International Photo ICC), organizovaný společně pro evropské země na podzim 2010. Česká republika se tohoto kurzu aktivně účastnila, dodala i významnou část hodnocených fotografií do databáze pro Střední Evropu. Hlavní cíle Photo ICC jsou:

- Provéřit časovou a prostorovou konzistenci výsledků hodnocení stavu koruny.
- Porovnat hodnocení defoliace na fotografii s hodnocením defoliace stejných stromů v terénu.
- Vytvořit regionální atlasy (photo guides) se základními druhy dřevin pro každý evropský region jako jsou základní předpoklad pro sjednocení výsledků harmonizaci hodnocení.

Výsledky hodnocení podle fotografie mohou ale být, v porovnání s hodnocením v terénu, podhodnocené, protože hodnocení podle fotografie neumožňuje prostorové vnímání, důležité při hodnocení stavu koruny. Hodnocení podle fotografie a následné porovnání s hodnocením stejného stromu v terénu nelze také aplikovat u běžných, plně zapojených porostů hospodářského charakteru a nelze je proto použít na většině stávajících monitorovacích ploch.

## Photo ICC

Photo ICC was an important effort to document different quality of crown condition assessment in photographs. It was organized for all European countries (divided in three regional groups), in autumn 2010. The Czech Republic was actively participating; it also came with important part of the photographs to the database for Central Europe.

Main targets of the Photo ICC are following:

- To prove time and space stability of the results of crown condition assessment.
- To compare results of assessment of the same trees in the field and in photograph.
- To prepare regional "photo guides" of four main tree species for each European region, as a basic condition of harmonization of the result.

The results of assessment in photos can be, however, lower, compared to those of the same trees in the field, as three dimensional view, important in crown condition assessment, is not possible in the photograph. Assessment of photos and following comparison in the field is not possible in the commercial stands of dense canopy, thus it cannot be applied in most of existing monitoring plots.

## 2. INTENZIVNÍ MONITORING LESNÍCH EKOSYSTÉMŮ

Akce IM1 navazuje na systém „Intenzivního monitoringu lesních ekosystémů“ zaváděný od roku 1994 v rámci programu ICP Forests. Založení programu intenzivního monitoringu bylo přirozenou reakcí na to, že plošný monitoring lesů, prováděný v rámci Evropy jednotnou metodikou od roku 1986, poskytoval sice kvalitní informace o zdravotním stavu porostů, neumožňoval však dostatečně analyzovat příčiny, které stav lesa v různých regionech ovlivňují. Prvotním cílem bylo na omezeném počtu ploch poskytnout podrobnější informace o stavu lesních porostů i o přírodních a antropogenních faktorech prostředí. Mezi „povinné parametry“ intenzivního monitoringu bylo od počátku zahrnuto podrobnější šetření stavu korunové vrstvy, půdní analýzy s opakováním v intervalu 10 let, chemické analýzy asimilačních orgánů opakované po dvou letech, fytoocenologické hodnocení přízemní vegetace po pěti letech a hodnocení růstu dřevin po pěti letech. Mezi další základní aktivity patřilo sledování spadu látek – depozic – na volné ploše a v lesních porostech a meteorologická sledování. Poslední dvě uvedené aktivity jsou však značně finančně náročné, proto byly závazné jen na 10% z celkového počtu ploch plošného monitoringu. V průběhu prvních let řešení přibýly ještě některé další činnosti, většinou charakterizované jako nepovinné, či jako závazné jen na 10% ploch. Jedná se o hodnocení chemismu půdního roztoku, hodnocení imisní zátěže, fenologická pozorování či hodnocení opadu. V České republice byl intenzivní monitoring zahájen na osmi lokalitách, postupně bylo doplňováno sledování v dalších oblastech. Poslední rekonstrukce ploch byla provedena v letech 2003 – 2004 v návaznosti na směrnici ES 2152/2003 Forest Focus a na Národní lesnický program, schválený usnesením vlády ČR 53/2003. Od roku 2004 probíhá hodnocení na 16 lokalitách.

## 2. INTENSIVE MONITORING OF THE FOREST ECOSYSTEMS

Action IM1 binds on the system of „Intensive monitoring of the forest ecosystems“ introduced since 1994 within the ICP Forests Programme. The programme of intensive monitoring was a natural reaction on the fact that systematic monitoring of European forests, based on unique method, and introduced since the 1986, gave important information on the forest health state, however, it was not able to analyse causes, affecting forests health state in individual regions. Primary goal was to bring, from limited number of plots, more detailed information on the state of forest stands, and on natural and anthropogenic factors affecting the environment. Since the very beginning, „obligatory parameters“ of intensive monitoring were: detailed assessment of the crown condition, soil analyses repeated in 10-year interval, chemical analyses of assimilation organs, repeated in 2-year interval, phytocenological assessment of ground vegetation and tree growth in 5-year interval. Measuring of deposition in open plot (bulk) and in forest stand (throughfall) and of meteorological parameters was among other basic activities. The last two activities mentioned are highly demanding with respect to financial sources, therefore they were obligatory only at 10% of the total number of the intensive monitoring plots. During the investigation also some other activities were included, mostly characterized as voluntary/ or obligatory only at 10% of the plots – mainly chemistry of soil solution, evaluation of air pollution load, phenological observations and litterfall analyses. In the Czech Republic intensive monitoring was initiated at 8 localities, and it was gradually completed in other regions. Last reconstruction of the intensive monitoring plot network was done in 2003 – 2004, according to the EC Directive 2152/2003 Forest Focus, and to the National Forestry Programme, adopted by

Tab. 2.1: Porovnání parametrů intenzivního monitoringu ICP Forests a ploch IM1 FutMon / Comparison of parameters of intensive monitoring ICP Forests and FutMon

	ICP forests		FutMon	
Hodnocení stavu koruny / crown condition assessment	povinné / mandatory	každoročně / each year	povinné / mandatory	každoročně / each year
Hodnocení stavu půd / soil condition assessment	povinné / mandatory	1x za deset let / 10-year interval	povinné / mandatory	v průběhu projektu */ once within project
Listové analýzy / leaf analyses	povinné / mandatory	po dvou letech / 2-year interval	povinné / mandatory	jednou za projekt / once within project
Hodnocení přízemní vegetace / ground vegetation assessment	povinné / mandatory	po deseti letech / 10-year interval	povinné / mandatory	jednou za projekt / once within project
Hodnocení růstu dřevin / tree growth assessment	povinné / mandatory	po pěti letech / 5-year interval	povinné / mandatory	jednou za projekt / once within project
Meteorologie / meteorology	povinné na 10% ploch / mandatory in 10 % of plots	kontinuálně / continuously	povinné / mandatory	kontinuálně / continuously
Depozice / deposition	povinné na 10% ploch / mandatory in 10 % of plots	kontinuálně / continuously	povinné / mandatory	kontinuálně / continuously
Chemismus půdního roztoku / soil solution chemistry	nepovinné / optional	kontinuálně / continuously	akce D2	kontinuálně / continuously
Znečištění ovzduší / air pollution	nepovinné / optional	kontinuálně / continuously	povinné / mandatory	kontinuálně / continuously
Fenologie / phenology	nepovinné / optional	v hlavních fenofázích / in main phenophases	akce D1	kontinuálně / continuously

\* pokud nejsou k dispozici data BIOSOIL / unless the BIOSOIL data are not known

Cílem aktivity IM1 programu FutMon je na mezinárodní úrovni vybrat a kompletně „dovybavit“ tzv. jádrové plochy intenzivního monitoringu. Jde tedy o výběr ploch, na kterých bude prováděn monitoring všech základních parametrů – tedy i těch, které jsou v rámci programu ICP Forests závazné pouze na určitém procentu ploch. Kromě toho šetření na plochách IM1 poskytuje základní data pro navazující akce D1 – D3. Srovnání parametrů programu ICP Forests a projektu FutMon je uvedeno v tabulce 1.1. Počet ploch IM1 v jednotlivých zemích je odvozen od počtu ploch

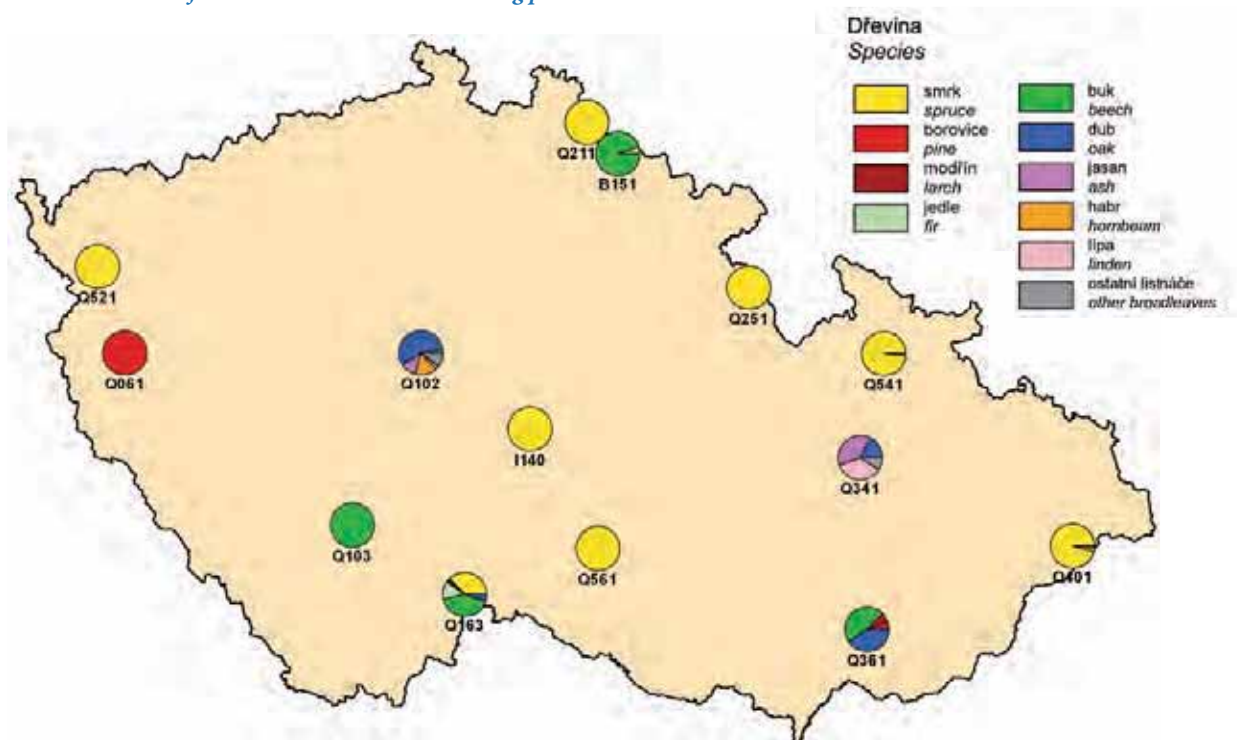
the Government of CR as No. 53/2003. Since 2004 evaluation has been carried out in 16 plots.

Aim of the IM1 activity of the FutMon programme is to select, and to equip completely, so called „core plots“ of intensive monitoring at international level. At these plots monitoring of all parameters – including those obligatory, within ICP Forests Programme, should be done only at some of the plots. Investigation within the IM1 gives also basic data for binding actions D1 – D3. Comparison of the parameters measured under ICP Forests Programme and

Tab. 2.2: Plochy intenzivního monitoringu programu FutMon v České republice / Plots of intensive monitoring in CR

	Plocha / Plot	Název plochy / Name	hlavní dřevina / main species	rok založení / year of establishment	zařazení do akcí FutMon / included in FutMon			
					IM1	D1	D2	D3
1	B151	Dolní Mísečky	BK / beech	1997	/		/	/
2	I140	Želivka	SM / spruce	1995	/	/	/	/
3	Q061	Benešovice	BO / pine	2004	/	/	/	/
4	Q102	Březka	DB / oak	1999	/			
5	Q103	Všeteč	BK / beech	2000	/	/	/	/
6	Q163	Lásenice	SM, BK / spruce, beech	2000	/		/	/
7	Q211	Jizerka	SM / spruce	2004	/			
8	Q251	Luisino údolí	SM / spruce	2003	/		/	/
9	Q341	Litovel	DB, JS / oak, ash	2004	/			
10	Q361	Medlovice	BK, DB / beech, oak	1998	/		/	/
11	Q401	Klepačka	SM / spruce	2004	/		/	/
12	Q521	Horní Lazy	SM / spruce	1994	/	/	/	/
13	Q541	Švýcárna	SM / spruce	1995	/			
14	Q561	Nová Brtnice	SM / spruce	1994	/		/	/

Obr. 2.1: Rozmístění ploch intenzivního monitoringu programu FutMon v České republice / Distribution of the FutMon intensive monitoring plots in CR



plošného monitoringu a tedy druhotně od rozlohy a lesnatosti jednotlivých států. Celkem do projektu vstupovalo 337 ploch v evropských zemích. V České republice je do aktivity IM1 zahrnuto celkem 14 ploch intenzivního monitoringu (tabulka 2.2, obrázek 2.1).

## Hodnocení zdravotního stavu dřevin

Hodnocení zdravotního stavu dřevin na plochách intenzivního monitoringu je zaměřeno na lepší pochopení procesů vitality stromů i lesního ekosystému, na příčiny a důsledky, které jednotlivé faktory působící v lesním ekosystému vyvolávají. Hodnocení v rámci projektu FutMon probíhá identicky s manuaelem programu ICP Forests. Kromě parametrů plošného monitoringu (defoliace, mortalita, specifika poškozených částí, symptomy, rozsah a příčina poškození) jsou posuzovány také diskolorace listových orgánů, produkce šišek a semen, výskyt sekundárních výhonů, viditelnost hodnocených stromů a jejich sociální postavení. Blíže jsou specifikovány jednotlivé symptomy poškození i jejich lokalizace v rámci koruny či kmene stromu.

## Příčiny poškození

Hodnocení příčin poškození obecně zahrnuje tři hlavní součásti: popis příznaků poškození, stanovení jeho příčin a stanovení rozsahu poškození (kvantifikace). Postupuje se podle platného manuálu, přičemž se nejprve popisuje poškozená část stromu, která je dále specifikována (např. poškozená část: kmen, specifikace: kmen mezi korunou a kořenovými náběhy). Dále se u poškozené části popisuje příznak a opět jeho specifikace, (např. příznak: poranění, specifikace: stržení kůry). Poškození je hodnoceno jako staré, nové nebo obojí. Určení příčiny poškození se přiřazuje do větších skupin, případně se ještě dále určí podrobněji. Příčinou může být obratlovec, hmyz, houba, činnost člověka, oheň, abiotický vliv apod., konkrétně např. skupina činitelů: činnost člověka, zařazení: soustředování dříví. Na závěr se určí rozsah poškození na hodnocené části stromu v procentech. Veškeré údaje hodnocení jsou zaznamenávány pomocí číselných kódů.

Pravděpodobně nejčastějším poškozením stromů je odření kůry kořenových náběhů vlivem soustředování dříví. Ve smrkových porostech se též vyskytuje zduření bazální části kmene vlivem vlávlavky *Armillaria sp.* Na listech a jehlicích nebyly v posledních letech, kromě občasných diskolorací, patrně žádné významnější poškození. Výjimkou je plocha I140 Želivka, kde se v posledních dvou letech projevovalo významné poškození hmyzem, konkrétně lýkožroutem smrkovým, jehož vlivem musela být velká část stromů výtěžena.

Grafy popisují výskyt poškození v letech 2009 – 2010 na vybraných smrkových plochách intenzivního monitoringu.

## Stáří poškození

U každého poškození se eviduje jeho stáří. Vrcholové zlomy, mechanická poranění báze kmene při výchovné těžbě nebo barevné změny na listových orgánech jsou nejčastějším případem „nového“ poškození v daném roce. Na druhou stranu např. u hniloby kmene či rakoviny lze stáří poškození pozemním šetřením posuzovat jen velice obtížně. V grafickém přehledu jsou uvedeny ty druhy poškození, které odrážejí současnou vitalitu a zároveň mají nesporný vliv na zdravotní stav porostu v budoucnosti (např. poškození kořenových náběhů při přibližování nebo nevhodně umístěnou skládkou spolu s nedostatečným ošetřením

*FutMon Project is presented at the Table 1.1. Number of IM1 plots in individual countries is derived from the number of plots of the systematic network, i.e. according to the area and forestation in individual states. In total 337 of plots in European states were included in the project. In the Czech Republic, IM1 includes 14 plots of intensive monitoring (Table 2.2, Fig. 2.1).*

## Assessment of crown condition

*Assessment of crown condition is aimed at better understanding of the vitality development, and of the cause/effect relationship of individual factors in the forest ecosystem. Assessment within the FutMon is done according to the ICP Forests Manual. Besides parameters of systematic monitoring (defoliation, mortality, specification of damaged part of the tree, symptoms, extent and cause of damage), and also discoloration of assimilation organs, fruiting, secondary shoots, tree visibility, and social position are recorded. Individual symptoms of damage and their localization in the crown or stem are described in detail.*

## Damage causes

*Assessment of tree damage includes three parts in general: description of the symptom, its cause and extent (quantification).*

*It is done according to the recent version of the Manual ICP Forests. First the damaged part of tree is described, and further specified (e.g. damaged part: stem, specification: stem between crown and root bases). Then the symptom and its specification are described (e.g. symptom: wound: debarked stem). Damage is described as old, recent or both. Cause of damage is enlisted in wider group and/or specified in more detail. Following causes are described: vertebrates, insects, fungi, human activity, fire, abiotic effect etc. In detail it can be e.g. human activity, tree skidding. Extent of damage is given in percentage. To record all the above mentioned factors, special coding is used.*

*Wound of the bark at the stem base is, most probably, the most frequent type of damage, caused during felling/thinning and skidding operations. In the spruce stands also swellings of the stem base due to *Armillaria sp.* are quite frequent. In recent years, no significant damage on the leaves and needles was recorded, with the exclusion of some discoloration. Extraordinary was the plot I140 Želivka, where, in the last two years, significant damage by insect was recorded (*Ips typographus*), due to which great part of the trees had to be felled down.*

*Graphs describe development of damage in 2009 – 2010 in selected plots of intensive monitoring.*

## Age of damage

*Age of damage is also registered. Top breaks, mechanical damage of the stem basis during thinning or felling, or colour changes of the leaf organs are the most frequent symptoms of „new“ damage in given year. On the other hand, age of stem rot or cancer can be hardly considered. In the graphs there are described types of damage which reflect tree vitality and which are of effect on the stand health state in future (e.g. wounds of stem bases in skidding operations, when not treated, can be of effect on possible future development of *Armillaria*). Among recent damage mainly top breaks in the plot Q401 Klepačka, and *Ips typographus* in I140 Želivka should be mentioned.*

čerstvých ran bude mít vliv na rozšíření václavky v příštích letech). Z nejněvšších poškození stojí za pozornost např. vrcholové zlomy na ploše Q401 Klepačka a poškození lýkožroutem smrkovým na ploše I140 Želivka.

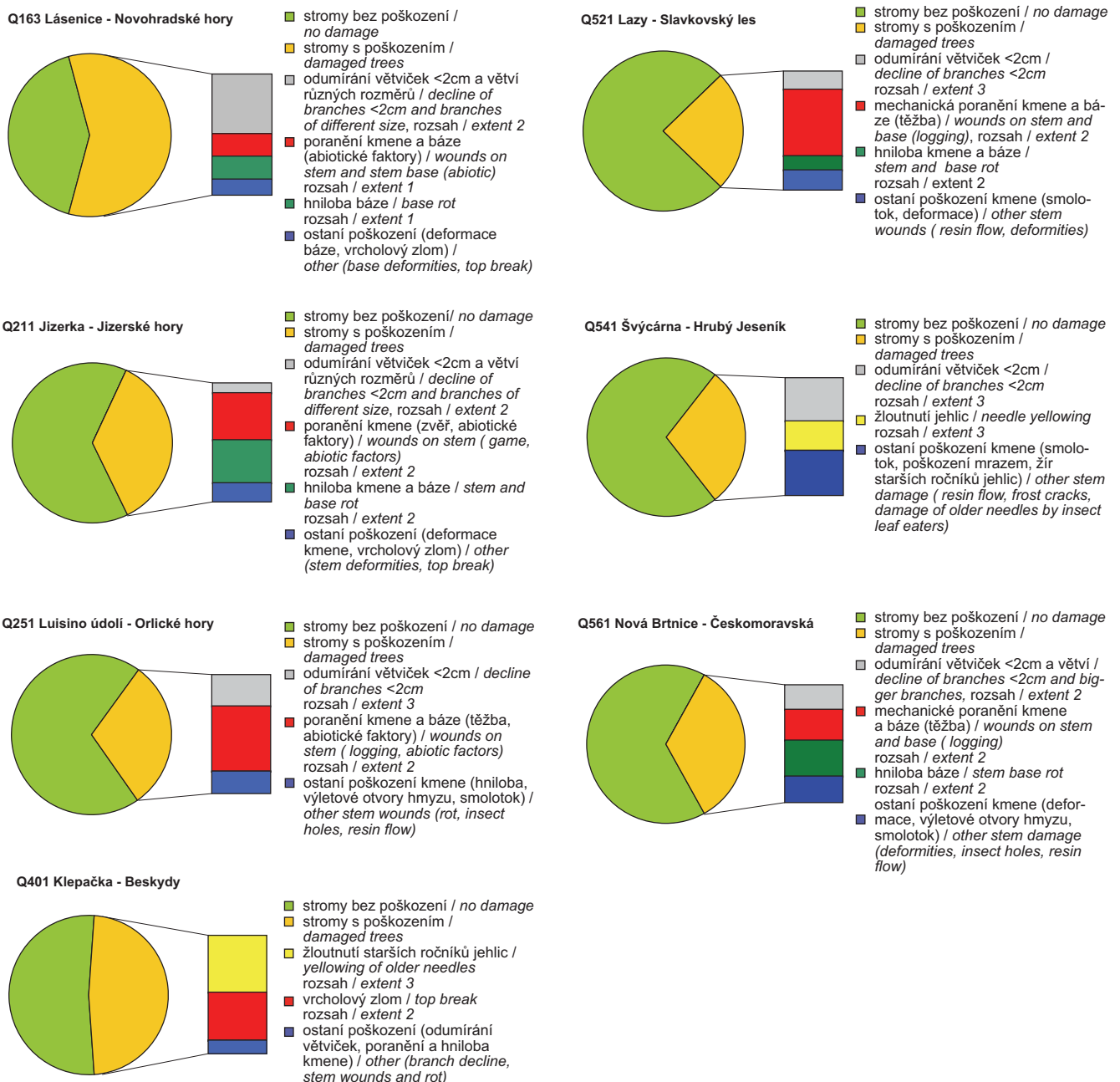
## Rozsah poškození

Ukazatelem závažnosti poškození není pouze příčina a lokalizace v koruně či na kmeni, ale i jeho rozsah. Ten je dle manuálu ICP Forests koncipován do tříd rozsahu poškození. Označení *oec.2*, uvedeno v legendě grafu za poškozením, je zkratkou pro průměrnou třídu rozsahu poškození (extent class). U vrcholového zlomu definuje velikost odlomeného vrcholu, u hniloby báze velikost postižené báze apod.

## Extent of damage

Not only cause and localization in the stem or crown are of importance, but also the extent of damage. According to the ICP Forests Manual, extent is expressed in classes. As shown in the graph, *oec.2* means average extent class. In the top break it defines part of the crown broken, in the stem base rot affected part of the base is estimated etc...

Obr. 2.2: Výsledky hodnocení zdravotního stavu na vybraných plochách FutMon s hlavní dřevinou smrk v letech 2009 – 2010 / Results of health state assessment in selected FutMon plots with spruce in 2009 – 2010



Tab. 2.3: Třídy rozsahu poškození /  
Damage classes

Třída poškození / Class	0	1	2	3	4	5	6	7
Rozsah poškození / Extent	0 %	1 – 10 %	11 – 20 %	21 – 40 %	41 – 60 %	61 – 80 %	81 – 99 %	100 %

Obr. 2.3: Ohňovec statný - *Phellinus robustus*



## Hodnocení stavu půd

Rozsáhlé hodnocení stavu půd na 146 plochách plošného monitoringu bylo provedeno v letech 2005 – 2008 v rámci Evropského programu BioSoil. V rámci projektu FutMon probíhá vyhodnocování těchto dat. Výsledky jsou zpracovávány v celoevropském měřítku (European Forest Soil Condition Report), hodnocení probíhá i na národních úrovních. V České republice ukazují výsledky převahu silně kyselých a středně kyselých půd. Zásoba dusíku v lesních půdách (ekosystémech) je dobrá, ve vztahu k předpokládanému deficitu tohoto prvku v minulosti ji lze považovat za zvýšenou. Nižší poměr C/N v humusové vrstvě může nasvědčovat saturaci ekosystémů dusíkem, obsahy tohoto prvku v minerálních horizontech však nevykazují extrémně vysoké hodnoty. Oproti dusíku je zásoba přístupných bazických kationtů v lesních půdách obecně velmi nízká až kriticky nízká. Nejzávažnější je deficit u vápníku, jehož obsahy jsou na většině ploch pod hranicí kritického nedostatku a jehož celková zásoba (a tedy i možnost doplnění zvětráváním) je velmi nízká. Velmi nízké jsou také obsahy přístupného draslíku a hořčíku. U hořčíku jsou i v současnosti v některých oblastech pozorovány příznaky

## Assessment of soil conditions

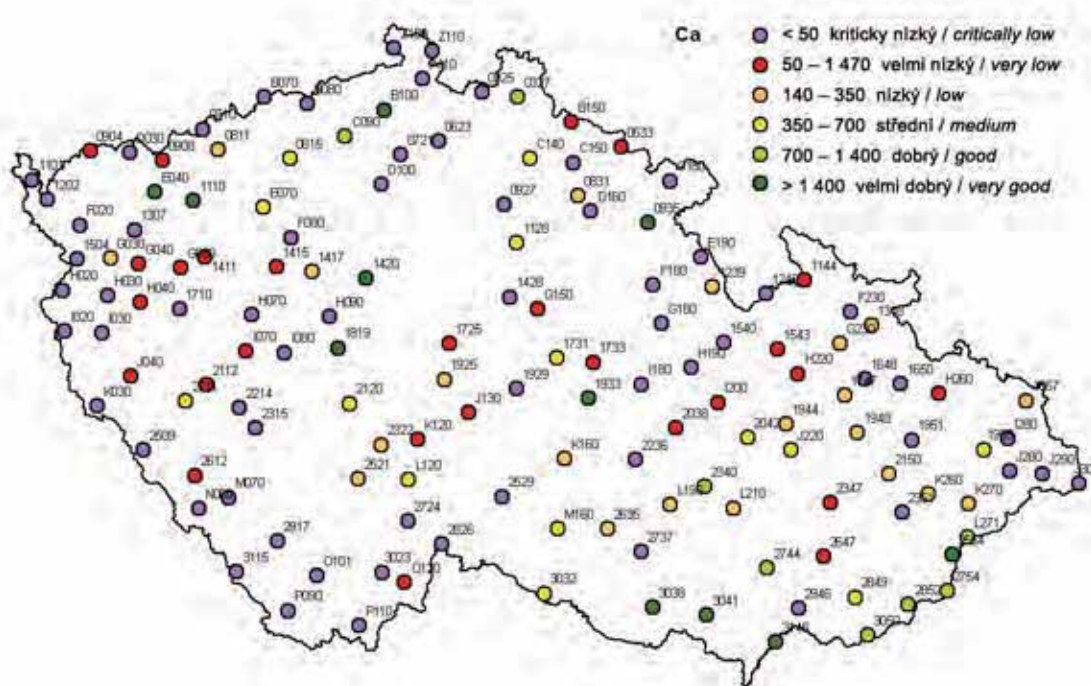
In 2005 – 2008 vast evaluation of soil conditions was done at 146 plots of the systematic network within the European project BioSoil. Under FutMon project the data are evaluated. The results are processed at European scale (European Forest Soil Report); evaluation is done also at national level. In the Czech Republic the results show prevailing strongly and moderately acid soils, few individual samples were extremely acid. Nitrogen supply of the forest soils (ecosystems) is good, considering supposed deficit of this element in the past, it can be evaluated as increased. Lower C/N ratio in the humus layer can confirm saturation of ecosystems by nitrogen in the near future; however, amounts of this element in mineral horizons do not show extremely high values. Compared to nitrogen, supply of cations available in forest soils is generally very low to critical. Calcium deficit is the most critical, its amount in most of the plots is under critical insufficiency threshold, and total supply (including weathering effect) is very low. Also potassium and magnesium available is very low. Today, in some forest regions, strong magnesium deficiency in assimilation organs is observed, connected to tree decline, and measures are adopted to improve



Tab. 2.4: Hodnoty mediánu půdního chemismu pro 146 ploch plošného monitoringu v ČR /  
Median values of the soil chemistry for the 146 plots of systematic monitoring in CR

		FH	0 – 10 cm	10 – 20 cm	20 – 40 cm	40 – 80 cm
pH(H <sub>2</sub> O)	medián	4,27	4,20	4,39	4,56	4,77
	25% kvantil	4,02	4,02	4,26	4,43	4,53
	75% kvantil	4,54	4,45	4,58	4,82	5,14
pH(CaCl <sub>2</sub> )	medián	3,44	3,55	3,78	3,94	4,10
	25% kvantil	3,15	3,37	3,64	3,82	3,93
	75% kvantil	3,85	3,76	3,95	4,15	4,32
N <sub>tot</sub> [%]	medián	1,41	0,18	0,10	0,06	0,04
	25% kvantil	1,23	0,12	0,07	0,04	0,03
	75% kvantil	1,65	0,27	0,14	0,10	0,07
K [mg.kg <sup>-1</sup> ]	medián	349	44	29	28	35
	25% kvantil	270	31	20	18	18
	75% kvantil	490	62	43	49	58
Ca [mg.kg <sup>-1</sup> ]	medián	1995	100	49	50	126
	25% kvantil	1228	46	21	17	19
	75% kvantil	3437	287	173	270	631
Mg [mg.kg <sup>-1</sup> ]	medián	234	24	14	14	29
	25% kvantil	159	15	7	5	5
	75% kvantil	370	48	37	55	136
BS [%]	medián	62	13	9	12	25
	25% kvantil	52	8	6	6	8
	75% kvantil	76	23	20	41	71

Obr. 2.4: Obsah přístupného vápníku ve svrchních vrstvách minerální půdy (0 – 30 cm) na plochách BioSoil v ČR /  
Amount of calcium available in the upper layers of mineral soil (0-30 cm) in the BioSoil plots in CR



deficitu v asimilačních orgánech lesních dřevin s narušením zdravotního stavu porostů a jsou přijímána opatření k nápravě formou chemické meliorace lesních půd. Příznaky deficitu draslíku jsou zatím spíše výjimečné a jeho obsahy v asimilačních orgánech dřevin jsou spíše dobré, přestože řada půd vykazuje nedostatečné obsahy tohoto prvku v přístupné formě. U K i Mg je v lesních půdách většinou dostatečná celková zásoba. Při snížené imisní zátěži a vhodném obhospodařování je tedy možné očekávat doplnění sorpčního komplexu zvětráváním. Nasycení sorpčního komplexu bázemi odpovídá výše uvedeným skutečnostem a na řadě lokalit je velmi nízké. Z uvedených výsledků vyplývá mj. zásadní význam vrstvy povrchového nadložního humusu pro výživu současných i budoucích lesních porostů. Uchování funkční humusové vrstvy by mělo být zohledňováno při hospodaření v lesích i při dalších způsobech využívání lesních ekosystémů.

Kromě ploch plošného monitoringu byly v rámci projektu BioSoil analyzovány i vzorky z vybraných ploch intenzivního monitoringu. V České republice byl v minulosti dodržován interval pěti let pro odběry půd na plochách IM, proto byly v roce 2010 odebrány a analyzovány vzorky půd na 13 plochách intenzivního monitoringu. Odběry a analýzy byly prováděny podle platného manuálu. V blízkosti každé plochy byla obnovena půdní sonda, byl vyhotoven popis půdního profilu, a ze sondy byly odebrány vzorky humusového horizontu a vzorky půdy z minerálních vrstev v hloubce 0 – 10 cm (M01), 10 – 20 cm (M12), 20 – 40 cm (M24) a 40 – 80 cm (M48). Přímou na ploše byly pro stejné půdní vrstvy odebrány tři sady směsných vzorků, každý z osmi odběrových míst. Z pěti čtvercových plošek 25 x 25 cm byla odebrána opadanka (L) a humusová vrstva (FH) pro stanovení objemové hmotnosti. Stanovovány byly základní chemické parametry podle manuálu projektu BioSoil: aktivní a výměnné pH, Ctot, Ntot, Stot obsah přístupných prvků ve výluhu roztokem BaCl<sub>2</sub> (K, Na, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, H), přístupný P, celkové (pseudototální) obsahy ve výluhu lučavkou královskou (K, Na, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, As, Cr, Ni, P). Výsledky analýz umožní hodnocení vývoje půdních vlastností za posledních patnáct let, u některých ploch dokonce za dvacet let. To bude zvláště významné společně s hodnocením zásoby živin v různých částech ekosystému, které je předmětem řešení akce D2.

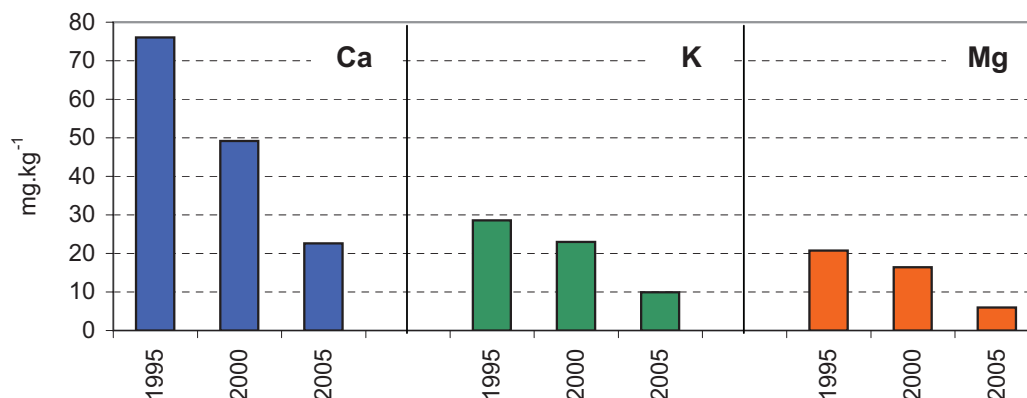
*the health state using chemical amelioration of the forest soil. Symptoms of potassium deficiency are still less frequent, its amount in assimilation organs is more or less good, in spite of the fact that many soil samples show insufficient amounts of this element in available form. Total amount of K and Mg in forest soils is mostly sufficient. In conditions of lower air pollution load and suitable management methods, it can be expected that the sorption complex will be enriched by weathering. Saturation of the sorption complex by basic elements corresponds to above mentioned conditions; in many localities it is very low. The results presented confirm, among others, essential importance of the upper humus layer for the nutrition of today and future forest stands. Preservation of functional humus layer should be stressed in forest management measures and possible other forest functions.*

*Besides the plots of systematic network, also samples of selected plots of intensive monitoring have been analysed within the Biosoil project. In the past the five-year interval of sample taking was applied within the IM plots in the Czech Republic, that is why in 2010 samples were taken and analysed at 13 plots of intensive monitoring. Sampling and analyses were done according to the valid version of the ICP Forest Manual. In the near neighbourhood of each plot the soil pit was re-dug. It was described, and samples of humus horizon and mineral layers of 0-10 cm (M01), 10-20 cm (M12), 20-40 cm (M24) and 40-80 cm (M48) were taken. Directly in the plot, tree sets of mixed samples, each from eight sampling spots, were taken in the same soil horizons. In five square plots of 25 x 25 cm L-layer and humus (FH) layer were taken to state the volume mass. Basic chemical parameters were stated, according to the Biosoil Manual: active and exchangeable pH, Ctot, Ntot, available element amounts in solution of BaCl<sub>2</sub> (K, Na, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, H) and total (pseudo total) amount in solution by aqua regia (K, Na, Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd, As, Cr, Ni, P, S). Results of analyses will make possible to evaluate development of soil conditions in the last fifteen years, in some of the plot even in the last twenty years. This will be of importance, together with evaluation of nutrient supply in different parts of the ecosystem, which is the aim of the D2 action.*

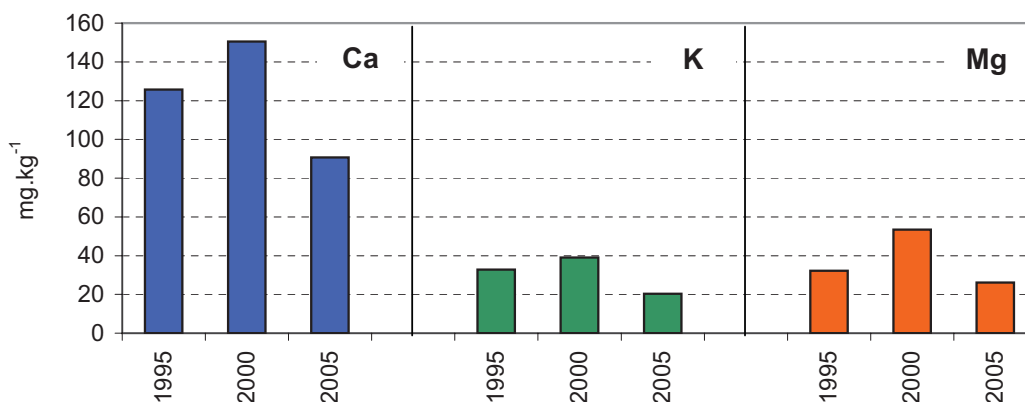
**Obr. 2.8:** Půdní profily na ploše Q521 Horní Lazy, Q103 Všetec a I140 Želivka /  
Soil profiles in the plots Q521 Horní Lazy, Q103 Všetec and I140 Želivka



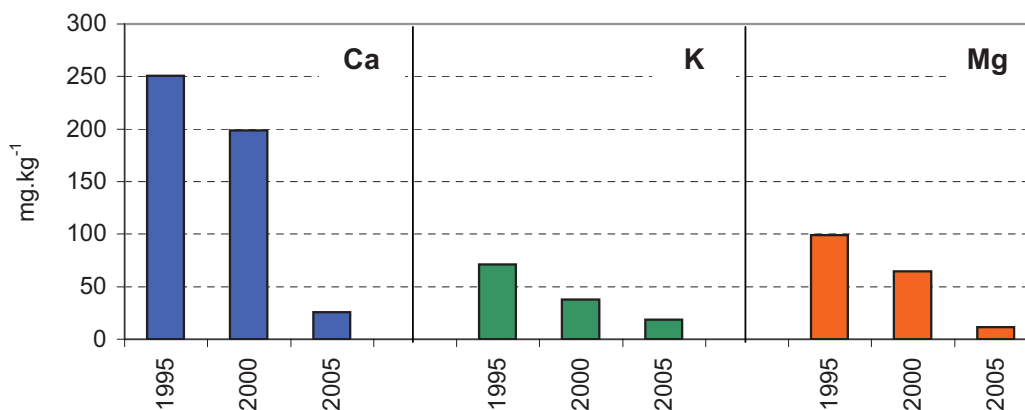
Obr. 2.5: Vývoj obsahů bazických živin ve svrchních vrstvách minerální půdy (0 – 40 cm) na ploše Q521 Lazy (hlavní dřevina SM, 875 m n.m., SLT 6K1, Kryptopodzol modální, mělce umbrický) /  
*Development of basic nutrient amounts in the upper mineral layers (0-40), in the plot Q521 Lazy (spruce is the main tree species, altitude 875 m, forest type 6K1, Crypto-podzolic, modal, shelow umbric)*



Obr. 2.6: Vývoj obsahů bazických živin ve svrchních vrstvách minerální půdy (0 – 40 cm) na ploše Q103 Všetec (hlavní dřevina BK, 615 m n.m., SLT 5K7, Kambizem dystrická) /  
*Development of basic nutrient amounts in the upper mineral layers (0-40), in the plot Q103 Všetec (beech is the main tree species, altitude 615 m, forest type 5K7, Dystric Cambisol)*



Obr. 2.7: Vývoj obsahů bazických živin ve svrchních vrstvách minerální půdy (0-40 cm) na ploše I140 Želivka (hlavní dřevina SM, 440 m n.m., SLT 3K1, Kambizem oglejená) /  
*Development of basic nutrient amounts in the upper mineral layers (0-40), in the plot I 140 Želivka (spruce is the main tree species, altitude 440 m, forest type 3K1, Gleic Cambisol)*



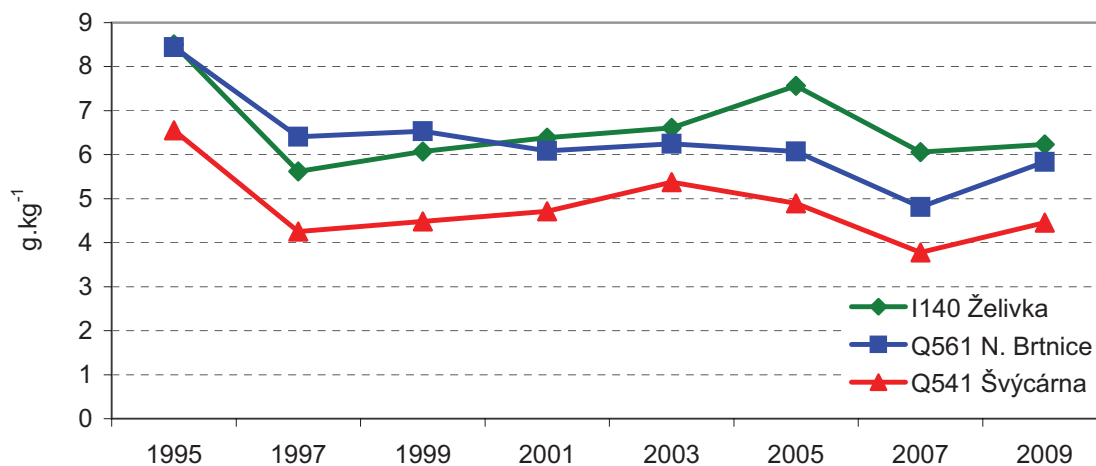
## Listové analýzy

Listové analýzy v rámci projektu FutMon navazují na dlouhodobé sledování ploch intenzivního monitoringu ICP Forests. Informace o časovém vývoji výživy dřevin představuje významný příspěvek k posuzování celkového stavu lesních ekosystémů. Kromě hodnocení výživy slouží výsledky listových analýz také jako doprovodná informace o imisní zátěži na jednotlivých plochách. Vzorování probíhá pravidelně jednou za dva roky. Na každé ploše jsou šetrným způsobem odebrány větve z horní třetiny pěti vzorníkových stromů. Chemické analýzy asimilačních orgánů jsou prováděny pro každý ze stromů zvlášť, u jehličnatých dřevin zvlášť pro první a druhý ročník jehličí. Stanovovány jsou následující parametry: váha 100 listů/1000 jehlic, obsahy N, S, C, P, Ca, K, Mg, Zn, Mn, Fe, Cu, Pb, Cd, B. Rozšíření listových analýz je v rámci projektu FutMon zahrnuto v akci D2.

## Leaf analyses

Leaf analyses within the FutMon project bind on the long-term investigation in the intensive monitoring plots ICP Forests. Information on the time development of tree nutrition is an important part of evaluation of the state of forest ecosystems. Besides nutrition, the results of leaf analyses give supporting information on air pollution load in individual plots. Sampling is done in two-year interval. In each plot leaf samples are taken by non-destructive way, in the upper third of the crown of five sample trees. Chemical analyses of assimilation organs are done for each tree separately, for conifers separately for the first and second needle-year-class. Following parameters are stated: weight of 100 leaves/1000 needles, amounts of N, S, C, P, Ca, K, Mg, Zn, Mn, Fe, Cu, Pb, Cd, B. Within the FutMon leaf analyses are included in D2 action.

Obr. 2.9: Vývoj obsahu draslíku v prvním ročníku jehličí na plochách intenzivního monitoringu I140 Želivka, Q561 Nová Brtnice, Q541 Švýčárna /  
*Development of potassium amount in the first needle year class in the intensive monitoring plots I140 Želivka, Q561 Nová Brtnice, Q541 Švýčárna*



## Hodnocení přízemní vegetace

Vegetace je jednou z hlavních komponentů lesního ekosystému. Její složení, rozmanitost a struktura je důležitým faktorem pro posuzování biodiverzity a je významným bioindikátorem změn prostředí. Vegetace je zdrojem primární produkce ekosystémů, kontroluje výměnu plynů s atmosférou a hraje důležitou roli v biocyklech vody a živin v rámci ekosystému. Silně interaguje s ostatními biotickými složkami. Cílem hodnocení vegetace je zachytit a zdokumentovat jednak aktuální typologickou a fyto-cenologickou charakteristiku vegetace a její odlišnosti na jednotlivých stanovištích, a jednak změny probíhající v čase pod vlivem přírodních a antropogenních faktorů prostředí. Dlouhodobé sledování vegetace na plochách intenzivního monitoringu má poskytovat podklady pro celkové hodnocení změn lesních ekosystémů ve vztahu např. k půdním podmínkám, mikro- i mezoklimatu. Přízemní vegetace pro potřeby programu ICP Forests a projektu FutMon je definována jako soubor cévnatých rostlin (dřeviny do výšky 5 m, byliny včetně semenáčků a nárostů dřevin

## Ground vegetation assessment

Vegetation is one of the main components of the forest ecosystem. Its composition, diversity and structure are important factors in biodiversity assessment. Vegetation is a source of primary production of the ecosystems, it controls gas derange in the atmosphere, and it plays an important role in water and nutrient cycling in the ecosystem. Long-term study of vegetation in the plots of intensive monitoring should be a base of study of the changes in the ecosystems, e.g. in relation to soil conditions, micro and medzo-climate. Ground vegetation within the ICP Forests and FutMon projects is defined as complex of vascular plants (herbs and shrubs), and mosses, with the exclusion of epiphytes and ephilitis. Also some parameters of the tree layer are assessed. Within the monitoring plot and the sub-plots, following parameters are assessed: tree coverage, coverage and height of the shrub layer, coverage and height of the herb layer, mosses layer coverage, percentage of non covered ground and litterfall in the plot, occurrence of individual plant species and their representation. Within the FutMon project repeated assessment was

Obr. 2.10: Odběr biomasy /  
Biomass sampling



do výšky 0,5 m), mechorostů a lišejníků s výjimkou epifytických a epilithických druhů). Hodnoceny jsou také některé parametry stromového patra. Na monitorační ploše a na subplochách jsou hodnoceny následující parametry: pokryvnost korunové vrstvy stromů (zápoj), výška a pokryvnost keřového patra, výška a pokryvnost bylinného patra, pokryvnost mechového patra, procento holé půdy a opadu na ploše, výskyt jednotlivých druhů rostlin a jejich početnost a pokryvnost. V rámci projektu FutMon bylo provedeno opakované hodnocení metodou fytoocenologického snímkování na všech plochách intenzivního monitoringu. Na deseti z nich byla podrobněji studována biomasa přízemní vegetace, jak je blíže popsáno v akci D2.

*done in all the plots of intensive monitoring. In ten of them biomass of the ground vegetation was studied in more detail, as described in D2 action.*

## Hodnocení růstu dřevin

Růst stromů je klíčový ekologický parametr, který je důležitým indikátorem stavu lesních porostů. V růstu stromů se odráží vlastnosti dřeviny, stanovištní podmínky, klimatické vlivy. Růst lze sledovat nedestruktivními i destruktivními metodami. Pro plochy intenzivního monitoringu byla zvolena metoda pravidelného měření výčetních tloušťek, výšek stromů a výše nasazení koruny v periodě 5 let.

V zimním období 2009/2010 proběhla dendrometrická šetření na všech 14 plochách IM. Měřeny byly všechny stojící stromy na ploše včetně souší, jejichž výčetní tloušťka v době měření přesáhla 5 cm. Výčetní tloušťky byly zjišťovány v místě trvale označeného měřiče za použití obvodového metru (k dispozici stupnice pro přímé odečtení průměru kmene) s přesností na 0,1 cm. Výšky stromů a výšky nasazení koruny byly měřeny pomocí přístroje

## Tree growth

*Tree growth is a key ecological parameter, which is important indicator of the forest stand state. Tree growth reflects characteristics of the tree species, site conditions, and climatic effects. Growth can be studied using destructive and non-destructive methods. In the plots of intensive monitoring the method of regular measuring of breast height diameters (BHD), tree heights, and heights to the crown base is used. Measuring is done in five-year interval.*

*In winter period 2009/2010 mensurational measuring was done in all 14 plots of IM. All standing trees with at least 5 cm diameter over bark in the plot were measured, including dead trees. BHD was measured in permanently marked spot, using measuring tape (scale with direct recalculation of the tree diameter) with preciseness of 0.1 cm. Tree heights and heights to the crown base were measured using hypsometer Vertex (combining ultrasonic range finder and*

Vertex (kombinace ultrazvukového dálkoměru s inklinometrem) s přesností na 0,1 m. Při práci v terénu byly zaznamenávány i další údaje se vztahem k následnému vyhodnocení růstových dat: evidence odstraněných stromů, nových souší, u živých stromů poškození korun vrcholovými a korunovými zlomy, zavěšení stromu apod.

Při měření byla velká pozornost věnována zajištění kvality. Měření prováděl proškolený tým pracovníků, byla používána kalibrovaná měřidla, výškoměr Vertex byl opakovaně kalibrován přímo v terénu (citlivost ultrazvukového dálkoměru ke změnám teploty), kontrolní měření bylo provedeno na 10% stromů (každý desátý strom). Novým prvkem v zajištění kvality byla stabilizace stanoviště pro měření výšky stromu (odměřen azimut a vzdálenost pozorovatele od měřeného stromu). Toto opatření by mělo přispět ke snížení měřičských chyb v následujících kolech dendrometrických měření, kdy by měl být každý strom měřen stále ze stejného místa.

Kvalita validace dat byla v průběhu září 2010 testována v rámci mezinárodního kruhového testu, v jehož rámci měly jednotlivé země účastníci se projektu FutMon zpracovat soubor dat ze dvou rakouských ploch IM.

*inclinometer) with preciseness of 0.1 m. In the field also other values were recorded, with relation to further growth data evaluation: registration of removed trees, newly dead trees, at living trees top and crown breaks, leaning trees etc.*

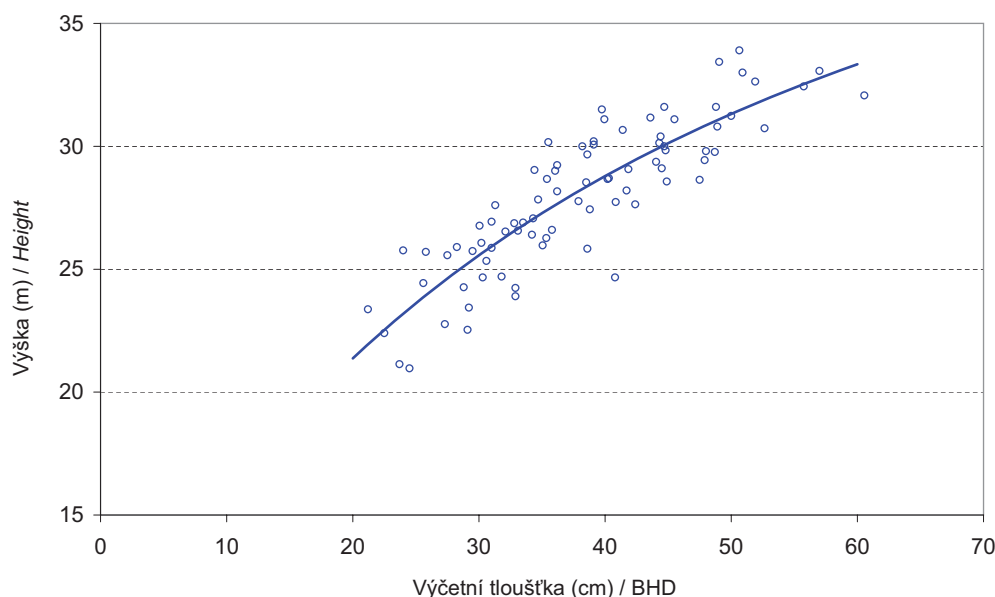
*To ensure quality of measuring was of top importance. Measuring was done by the trained team of people, calibrated equipment was used, hypsometer was repeatedly calibrated directly in the field (sensitivity of the ultrasonic range finder to temperature changes), and control measuring was done at 10% of trees (each tenth tree). Stable site to measure the tree height was a new element in quality assurance – record of position (e.g. distance from the tree and azimuth) from which the measurement was carried out in order to allow future measurements from the same standing position. This should minimize measurement errors.*

*Quality of data validation was tested within the international circle test in September 2010. Within the test, individual countries participating in FutMon project were to work out data set of two Austrian IM plots.*

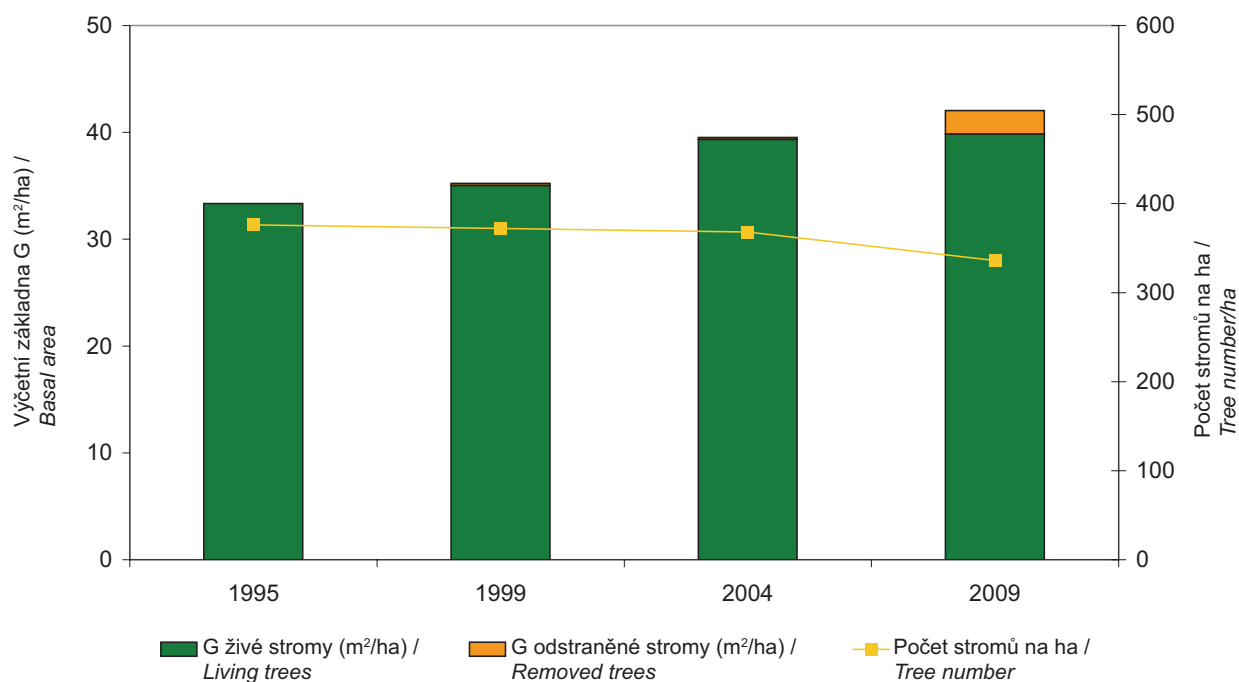
**Tab. 2.5:** Příklad zpracování dendrometrického měření pro plochu Lazy (Q 521) / Example of processed dendrometric measuring in the plot Lazy (Q 521)

Q 521	smrk / spruce
počet stromů na 1 ha / number of trees	336
střední tloušťka (cm) / medium diameter	38,8
střední výška (m) / medium height	28,4
horní výška h100 (m) / upper height	31,2
horní výška h10% (m) / upper height	32,4
výčetní základna (m <sup>2</sup> /ha) / stand basal area	39,83
zásoba hroubí (m <sup>3</sup> /ha) / timber supply	495,602
zásoba kmenová (m <sup>3</sup> /ha) / standing volume	497,095

**Obr. 2.11:** Úplná výšková křivka (2009) / Complete height curve (2009)



Obr. 2.12: Vývoj hodnot výčetní základny porostu a počtu stromů (1995 – 2009) /  
Development of the values of stand basal area and number of trees



## Meteorologie

V oblasti sledování meteorologie dochází v rámci projektu FutMon k významnému posunu. Meteorologická pozorování byla vždy součástí intenzivního monitoringu lesních ekosystémů, ovšem vzhledem k nákladnosti pořízení i provozu měřicího zařízení byla omezena pouze na vybrané lokality. V průběhu let 2009 – 2010 došlo k dovybavení meteorologických měření na všech 14 ploch programu FutMon. Sady měřidel na jednotlivých stanicích byly také doplněny, aby zahrnovaly všechny předepsané měřené parametry: teplotu vzduchu, vlhkost vzduchu, intenzitu globálního slunečního záření, množství srážek, rychlost a směr větru. Měření meteorologických parametrů neprobíhá přímo v lesních porostech, ale na otevřených plochách v jejich blízkosti. V ideálním případě by taková lokalita měla splňovat podmínky Mezinárodní meteorologické organizace WMO – nejbližší překážky (včetně vzrostlých stromů) by měly být od měřidel ve vzdálenosti nejméně dvojnásobku své výšky. Zároveň by meteorologická stanice měla ležet v blízkosti plochy intenzivního monitoringu (<3 km) ve stejné nadmořské výšce a v případě svahu také na svahu se stejné expozicí jako monitorační plocha. Ne vždy je možné tyto podmínky dodržet. Například na lokalitě Mísečky byla stanice původně umístěna na holé seči po větrném polomu, v roce 2009 však musela být kvůli zarůstání přemístěna do oblasti Kotelské louky. Oproti standardním měřením WMO je na stanicích FutMon v ČR čidlo globálního záření umístěno na stožáru ve výšce 10 m, což umožňuje nižší ovlivnění výsledků v zimním období blíže stojícími stromy. Vzhledem k tomu, že jsou stanice napájeny z baterií, nejsou na plochách vyhřívány srážkoměry, což umožňuje spolehlivé měření srážkových úhrnů pouze v letních měsících. Také anemometry s Robinsonovým křížem jsou nevyhřívány, což může v průběhu zimního období způsobovat výpadky měření v souvislosti s tvorbou námrazy. Čtyři stanice, kde je k dispozici přívod elektrické energie, jsou vybaveny vytápěnými srážkoměry a vyhříványi sonickýi anemometry,

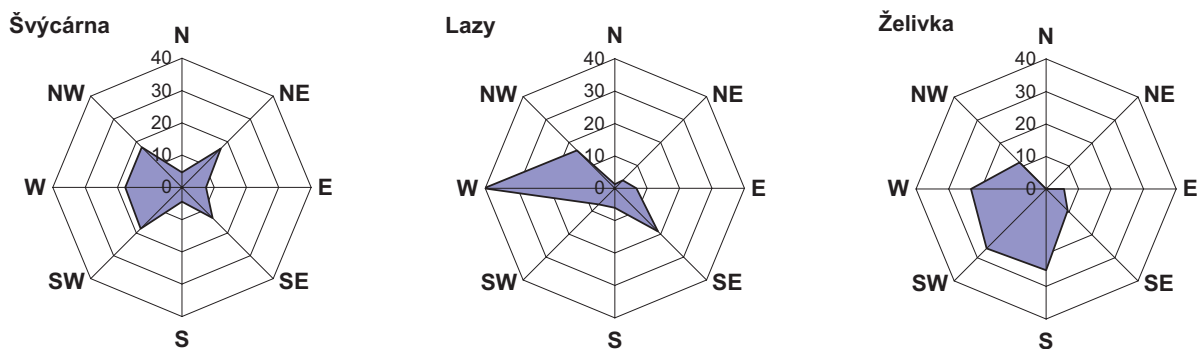
## Meteorology

Under FutMon project meteorological observations have been changed significantly. Meteorological observation were always part of intensive monitoring of the forest ecosystems, however, with respect to expensive installation and running of the measuring equipment it is limited to some localities only. During 2009 – 2010 meteorological measuring was completed in all 14 plots of the FutMon project. Measuring equipment of individual stations was completed, to include all obligatory parameters: air temperature, humidity, intensity of global sun radiation, precipitation amount, wind velocity and direction. Measuring of meteo-parameters is not done directly in the forest stand, but in open plots in the near neighbourhood. Ideally, such locality should correspond to the conditions as given in the international meteorological organization WMO – the closest obstacles (including big trees) should be in a distance twice their height. The meteo-station should be situated near the intensive monitoring plot (<3km), at the same altitude, and at the same exposition when it is on the slope. However, such condition can be hardly completed in some cases. E.g. in the locality Mísečky the station was originally installed in the clear-cut after wind calamity, in 2009 it had to be shifted, due to growing trees, to the locality of Kotelská louka (Kotel meadow). Compared to the standard WMO measuring, within the FutMon station in CR, the sensor of global sun radiation is situated on the mast of 10 m high, which means that the results are less influenced by near trees in winter period. Having in mind that the stations are pattery powered, heated precipitation meters are not installed in the plots, which means that precipitation amounts can be precisely measured only in summer. Also anemometers with „Robinson cross“ are not heated, which can mean gaps in winter measuring in connection to frost rime. Four stations with electric supply are equipped with heated precipitation meters and sonic anemometers, which ensure reliable measuring also in winter period. The stations measure in one-minute intervals; ten-minute value averages are stored. Data

kteří zajišťují spolehlivá měření i v zimních měsících. Stanice měří v minutových intervalech, ukládány jsou desetiminutové průměry hodnot. Data jsou čtyřikrát denně předávána na centrální server, kde jsou zpřístupněna v grafických náhledech i pro širší veřejnost. Souhrnná data jsou k nahlédnutí na webových stránkách VÚLHM a kromě projektu FutMon a programu ICP Forests mohou být poskytnuta i k dalším účelům.

*are transported four-time per day to the central server, where they are available in the graphs also to wider public. Summarized data are at disposal at the FGMRI website, besides FutMon and ICP Forests projects they can be used also for other purposes.*

**Obr. 2.13:** Větrné růžice pro rok 2009 ze stanic Švýcárna (1 300 m n.m.), Lazy (875 m n.m.) a Želivka (440 m n.m.) / *Wind rose for 2009 for the stations Švýcárna (1,300 m above sea level), Lazy ( 875 m), Želivka (440 m)*



**Obr. 2.14:** Nová meteorologická stanice / *New meteostation*





## Depozice

Sledování spadu látek do lesních ekosystémů bylo prováděno od počátku programu monitoringu zdravotního stavu lesů. Projekt ICP Forests byl v roce 1985 založen v návaznosti na Úmluvu o dálkovém přenosu látek znečišťujících ovzduší přes hranice států (CLRTAP). Pro hodnocení výsledku plošného monitoringu jsou využívána modelovaná data o znečištění ovzduší (např. z programu EMEP), přímé měření depozic bylo zahájeno od roku 1997 na vybraných plochách intenzivního monitoringu.

Depozice acidifikujících a eutrofizujících látek, bazických kationtů, fluoridu a chloridu do lesních porostů a lesní půdy byly monitorovány na volné ploše v blízkosti monitorační plochy (*bulk*) a pod porostem (*throughfall*). Ve třech bukových porostech (Všeteč, Medlovice, Mísečky) je navíc sledován tok po kmeni (*stem-flow*), který významně přispívá k depozici látek do porostu. Stanovení množství depozice se provádí měřením koncentrací látek v dešťových a sněhových srážkách. Celková depozice se vypočítá jako součin koncentrace látek ve srážkové vodě a celkového množství srážek v daném období. Jako měřicí zařízení pro sledování depozic pod porostem se používají v letním období tři polyetylenová koryta o šířce 0,2 m a délce 2 m, v zimním období čtyři sněhoměry o průměru 23,3 cm. V bukových porostech je instalováno zařízení pro sběr vody stékající po kmenech vybraných stromů. Na volné ploše jsou v letním období umístěny dvě zachytivé nádoby na srážky (průměr 23,3 cm) a v zimním období dva sněhoměry (průměr 23,3 cm). V letním období je srážková voda z odběrových nádob odváděna do nádob zásobních, které jsou umístěny pod úroveň terénu ve vykopané zemní sondě, což má zajistit stabilní teplotu a zabránit růstu řas vlivem slunečního záření. Ve vykopané zemní sondě je umístěno dřevěné bednění, které chrání zásobní nádoby od možné kontaminace okolní půdou. Vzorky srážkové vody se odebírají v desetidenním intervalu (tři odběry za měsíc). Odebrané vzorky se zmrazují a jsou průběžně svázeny do zkušebních laboratoří Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti, kde jsou před vlastními analýzami poměrově dle naměřeného množství slévány na měsíční vzorky a upravovány k analýze dle metodiky ICP Forests. Stanovují se tyto parametry: pH, alkalita, vodivost při 25°C, S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Cl, F, Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Zn, TN a DOC.

V rámci projektu FutMon probíhala speciální akce C1-Dep-22(SI) Harmonizace odběrových nádob na depozice, kterou řídí Slovenian Forestry Institute. Jejím cílem bylo zlepšení metod monitoringu depozic a sjednocení měřicího zařízení. Tato akce

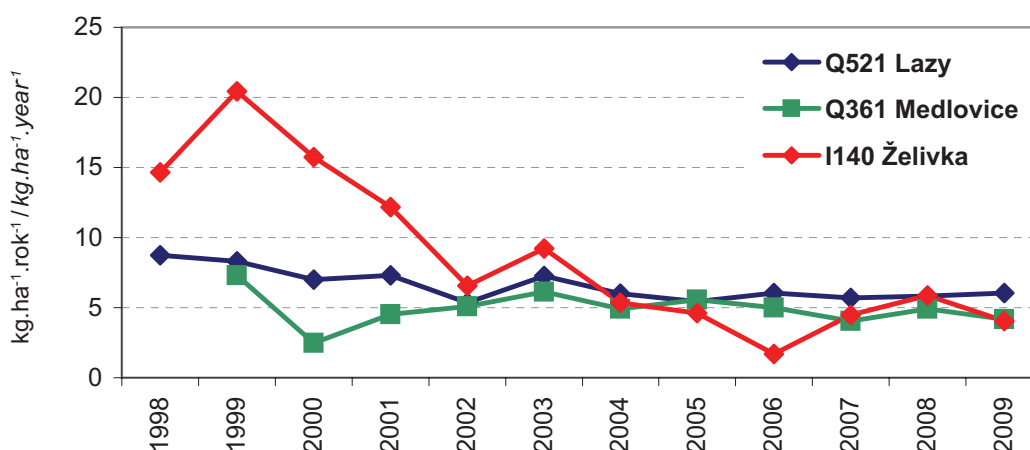
## Deposition

Atmospheric deposition in the forest stands has been investigated within the monitoring of the forest health state since the very beginning of the project. ICP Forests Programme was established in 1985 under the Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP). To evaluate the data on systematic monitoring, model data on air pollution are used (e.g. of EMEP Programme). Direct measuring of deposition was initiated in 1994, in selected plots of intensive monitoring.

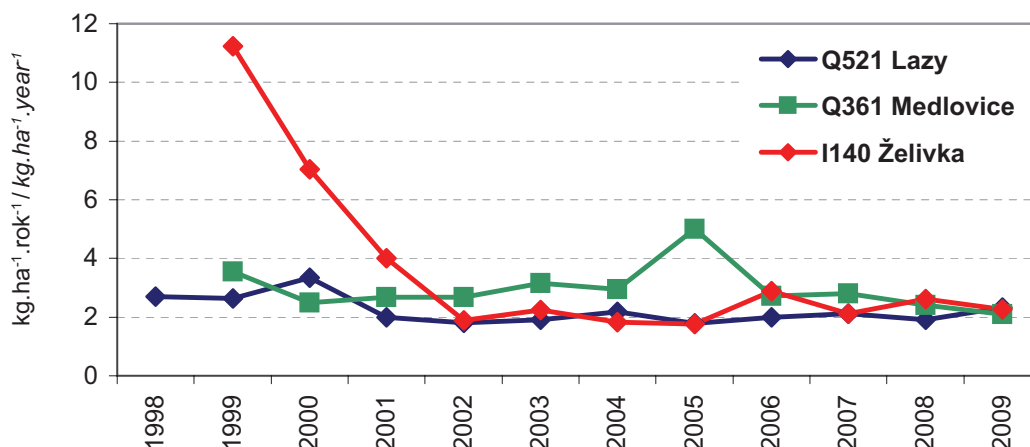
Deposition of acidifying and eutrophic substances, basic cations, fluoride and chlorine in forests and forests soil was monitored in open area close to the forests stand (*bulk*), and under the canopy (*throughfall*). In three beech stands (Všeteč, Medlovice, Mísečky) also stem flow is measured, which affects significantly deposition in forest stand. Deposition amount is stated by measuring the concentration of substances in precipitation and snow. Total deposition is calculated as a product of concentration of substances in precipitation water and of total precipitation amount in given month. In summer period three polyethylene gutters 0.2 m wide and 2 m long are used to measure, in winter period they are replaced by four snow samplers, 23.3 cm in diameter. In the beech stands spiral-type stem flow collectors are used. In open field, in summer period, two funnels with a diameter of 23.3 cm are placed, for snow sampling two collectors of the same surface area (diameter 23.3 cm) are used. In summer, precipitation water from the gutter goes to storage containers, placed under ground surface, in the soil pit, to ensure stable temperature and to prevent algae growth due to sun radiation. The soil pit is wood panelled, to prevent water contamination by surrounding soil. Samples are collected in ten-day interval (three samplings per month). Samples taken are frozen and transported continuously to the FGMRI labs. Before analyzing the monthly samples are mixed in proportion to their volume and pre-treated according to the method given in ICP Forests Manual. Following parameters are stated: pH, alkalinity, conductivity in 25°C, S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>, Cl, F, Al, Ca, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Na, P-PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>, Zn, TN and DOC.

Within the FutMon project there was a special action, C1-Dep-22(SI), Harmonization of sampling collectors for deposition, conducted by the Slovenian Forestry Institute. It was aimed with improvement of deposition monitoring and harmonization of measuring equipment. This action includes also further development of the ICP Forests Manual capture dealing with atmospheric deposition.

Obr. 2.15: Depozice síry v porostu / Sulphur deposition in throughfall



Obr. 2.16: Depozice síry na volné ploše /  
Bulk sulphur deposition



Obr. 2.17: Odběr prvního sněhu na ploše Míšečky /  
Sampling of the first snow in the plot Míšečky



v sobě zahrnuje také další vývoj kapitoly zabývající se měřením depozic v Manuálu ICP Forests.

Na setkání Expertního panelu Depozic v Hamburku v lednu 2009 byly dohodnuty detailní činnosti spojené s testováním standardizovaných odběrových nádob pro odběr podkorunových srážek.

Testování standardizovaných odběrových nádob probíhalo v každé zemi na jedné ploše po dobu dvanácti měsíců. Počet standardizovaných nádob se dohodl na základě pramenů z literatury citované v manuálu (30 kusů na plochu). Z důvodu

*In the Expert panel on Deposition, Hamburg, January 2009, detailed activity, connected to testing of harmonized samplers for throughfall deposition was agreed.*

*Testing of harmonized samplers was done in one plot, in each country, for 12 months. Number of standardized samplers was agreed on the base of literature cited in the Manual (30 samplers/plot). As it is difficult to measure snow precipitation, the test was focused on water precipitation only. Testing was done in the stand and also in open field (3 collectors), where the results of the test are not affected by the stand structure.*

obtížnosti měření sněhových srážek bylo testování zaměřeno pouze na dešťové srážky. Testování probíhalo kromě porostu také na volné ploše (3 nádoby), kde výsledky testování nejsou ovlivněny strukturou porostu.

Vlastní odběrové nádoby zajistilo Slovinsko – země odpovědná za implementaci této aktivity. Náklady na pořízení nádob a za analýzy si hradila každá zúčastněná země individuálně. V České republice byla jako vhodná lokalita vybrána smrková plocha Nová Brtnice. Měření standardizovanými nádobami zde probíhalo od června 2009 do srpna 2010. Nádoby do porostu byly instalovány v kombinaci systematicko a náhodného rozmístění. Metodika odběru, čištění, transportu a uchování vzorků korespondovala s národní metodikou. Ze všech odběrových zařízení se sléval jeden směsný vzorek z porostu (*throughfall*) a jeden směsný vzorek z volné plochy (*bulk*).

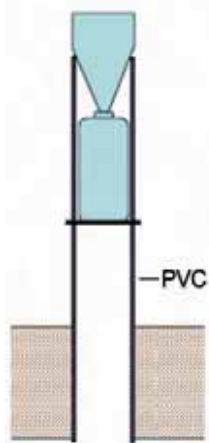
Zachycené množství srážek se určovalo pro každou odběrovou nádobu individuálně. Dle naměřeného množství se poměrově sléval

*The sampling collectors were distributed by the Slovenian part, responsible for their implementation. Collector and installing costs were paid by each country participating. In the Czech Republic, the spruce plot in Nová Brtnice was selected as suitable. Measuring by standardized collectors was done from June 2009 till August 2010. The collectors were distributed partly systematically and partly randomly. The method of sampling, cleaning, transport and storage of samples was corresponding to the national method. One mixed throughfall sample was prepared from all samplers, and one bulk sample.*

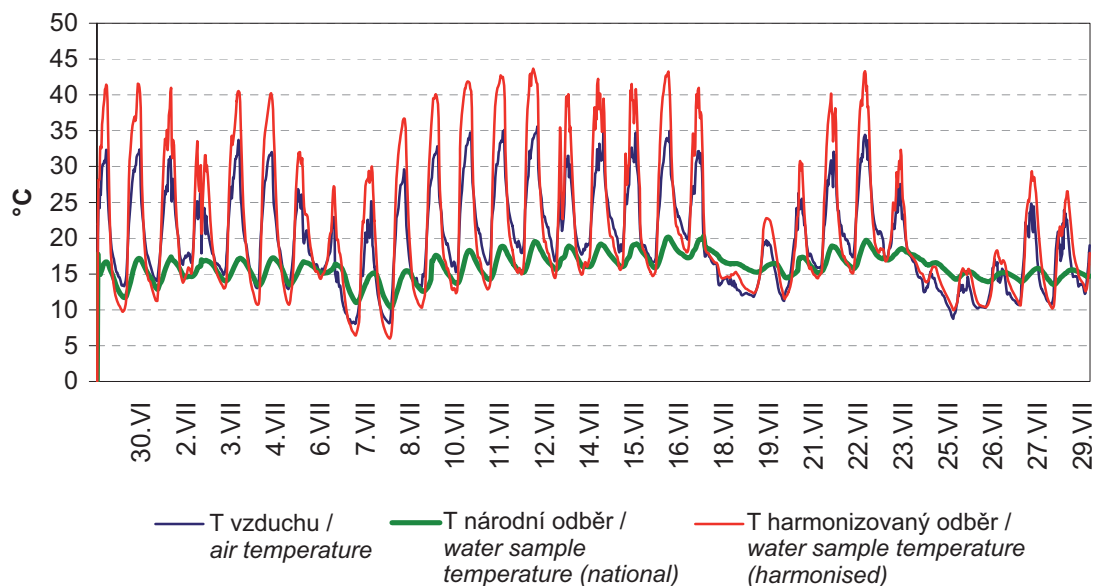
*Precipitation amount collected was stated individually for each collector. One monthly sample was mixed in proportion to the volume measured, to be analyzed in the FGMRI laboratories.*

*The values measured were sent to Slovenia to be processed statistically. Expected results should be a contribution to pan-European harmonization of measuring equipment, and they should result in recommendations to the method and installation.*

**Obr. 2.18:** Způsob instalace standardizovaných odběrových nádob v porostu a na volné ploše na Nové Brtnici / *Harmonized throughfall and bulk sampler set-up in the plot Nova Brtnice*



**Obr. 2.19:** Teplota vzduchu, vzorku vody ve standardizované zásobní nádobě a v národní zásobní nádobě instalované na volné ploše / *Air temperature, water sample temperature in harmonized container and temperature national container installed in open plot*



Obr. 2.20: Odběry vzorků na ploše Nová Brtnice /  
*Sampling in the plot Nová Brtnice*



Obr. 2.21: Čidlo na měření teploty a vlhkosti Minikin TH EMS Brno /  
*Sensor of temperature and moisture measuring Minikin TH EMS Brno*



Obr. 2.22: Rozmístění národních a standardizovaných odběrových nádob na volné ploše /  
*Distribution of the national and standardized international containers in open plot*



měsíční vzorek pro provedení chemických analýz v laboratořích Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti.

Naměřené hodnoty byly odeslány do Slovinska ke statistickému zpracování. Očekávané výsledky by měly přispět k podpoře celoevropské harmonizace měřicího zařízení a přinést doporučení k měřícím metodám a instalaci.

Česká republika si zvolila ze čtyř navržených způsobů instalace odběrových nádob, viz obr. 18. Výhodou tohoto způsobu je poměrně snadné umístění v terénu. Nevýhodou je možnost přehřívání vzorku v zásobní nádobě. V červenci 2010 byla pro porovnání kontinuálně měřena teplota vzorku ve standardizované nádobě, v zásobní nádobě umístěné pod povrchem terénu podle národního manuálu a teplota vzduchu na volné ploše. Výsledky měření teplot jsou uvedeny v grafu na obr. 4. Zde je patrné, že nejstabilnější teplota je ve vzorku uchovávaném pod povrchem terénu, tedy v národní zásobní nádobě. Teplota vzorku ve standardizované nádobě dosahovala extrémních hodnot přesahujících 40°C. Po zpracování výsledků chemických analýz bude možné zhodnotit, jaký vliv má teplota na výsledky jednotlivých parametrů.

## Znečištění ovzduší

Měření znečištění ovzduší na plochách FutMon jednak umožňuje hodnocení případného přímého působení škodlivin na dřeviny a přízemní vegetaci, jednak pomáhá zpřesňovat modelové údaje o suché depozici do lesních ekosystémů. Hlavními sledovanými

*The Czech Republic selected one of the ways of installation, as described in Fig 18. Relatively simple installation in the field is an advantage of this method. Over-heating of the sample in the collector can be possible disadvantage. In July 2010, the temperature in harmonized collector, in storing collector under the soil surface according to the national method, and air temperature in open field was measured continuously, to compare the conditions. Resulting temperatures are presented in Fig. 4. The most stable temperature was that of the sample stored under the soil surface, according to the national method. Temperature of the sample in harmonized collector reached extreme values, over 40°C. Processed results of chemical analyses may prove, whether individual parameters can be affected by temperature.*

## Air pollution

*Measuring of air pollution in the plots of FutMon makes possible to evaluate direct impact of harmful substances on tree species and ground vegetation, and it also helps to precise the model data on dry deposition in forest ecosystems. Ozone, nitrogen oxides, ammonium*

škodlivinami v rámci projektu jsou ozon, oxidy dusíku, amoniak a oxid siřičitý. Hlavní pozornost je v České republice věnována ozonu, jehož koncentrace i kumulované hodnoty během vegetačního období (index AOT40) na většině území ČR překračují imisní limity pro ochranu vegetace. Vyšší hodnoty jsou přitom zjišťovány v horských oblastech – na Šumavě, v Krušných a Jizerských horách, Krkonoších, v Hrubém Jeseníku, vyšších partiích Českomoravské vrchoviny a v Karpatech. Měření probíhá na devíti plochách intenzivního monitoringu, kde jsou ve čtrnáctidenních intervalech exponovány pasivní dozimetry GRADKO. Pro zajištění kvality měření byly v rámci programu FutMon v akci C1-O3-24 (ES) testovány různé typy pasivních dozimetrů, které jsou v jednotlivých zemích používány. Výsledky jsou k dispozici na stránkách <http://www.futmon.org/GeneralResults.htm>. Exponovány jsou vždy tři dozimetry společně, v každém měřícím intervalu je také na jedné ze stanic vyvěšován tzv. „polní vzorek“ v uzavřené patroně, aby bylo možné ověřit slepou hodnotu měření (blank). Po expozici jsou filtry analyzovány v laboratořích výrobce ve Velké Británii. Na třech plochách jsou zajištěna kontinuální měření ozonu automatickými analyzátory, která poskytují informace o hodinových koncentracích ozonu a umožňují tak přesnější výpočet imisní zátěže. Na plochách s měřením ozonu jsou také každoročně hodnoceny příznaky přímého poškození ozonem, a to jak na dřevinách, tak na přízemní vegetaci, která je obvykle citlivější. Snímkování probíhá na volných plochách LESS (light exposed sampling sites) v blízkosti monitoračních ploch, kde je vegetace přímo vystavena slunečnímu záření – v takových podmínkách se vizuální symptomy působení ozonu projevují zřetelněji než přímo v lesním porostu. Řešení tak přispívá k reálnému hodnocení negativního vlivu O<sub>3</sub> na lesní porosty.

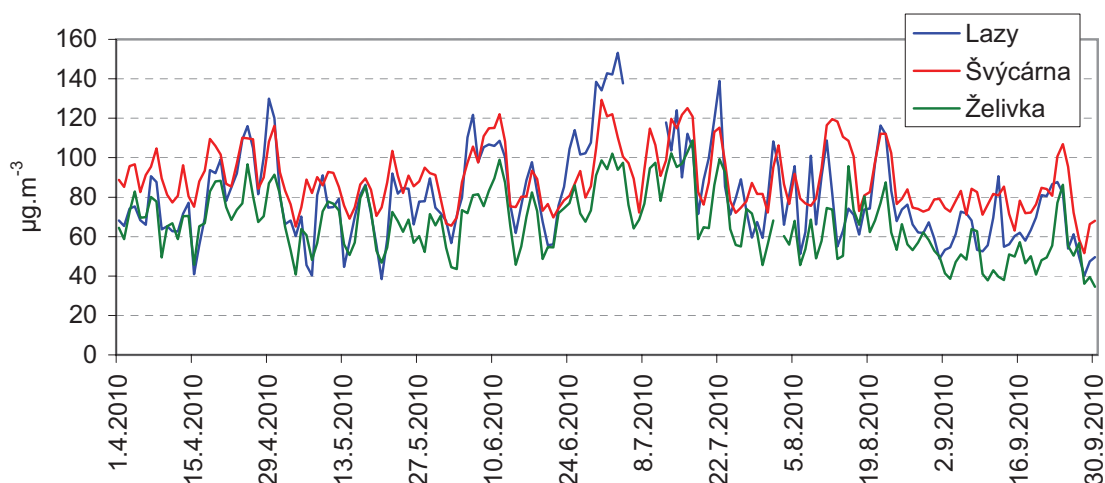
Limitní koncentrace oxidů dusíku pro ochranu vegetace (roční průměr > 30 µg.m<sup>-3</sup>) jsou v současné době v České republice překračovány pouze na malé části území, a to především v průmyslových aglomeracích a v blízkosti liniových zdrojů s emisemi z dopravy. Pro měření oxidů dusíku a amoniaku byly v rámci programu FutMon vybrány pouze tři lokality – plocha Q061 – Benešovice, která se nachází v těsné blízkosti (cca 600 m) dálnice D5 Plzeň – Rozvadov, plocha Q251 Luisino údolí v Orlických horách, kde je zvýšená zátěž depozicemi dusíku a plocha I140 Želivka jako kontrolní lokalita. Pasivní dozimetry jsou instalovány ve stejném počtu a stejným způsobem, jako je tomu u ozonu, interval expozice je čtyři týdny.

and sulphur oxides are the main harmful pollutants studied in the Czech Republic. Main attention is dedicated to ozone, concentrations and cumulated values (index AOT40) of which exceed in vegetation period the imission limits for vegetation in most of the region of CR. Higher values are measured in mountain regions – in Šumava, Ore Mts., Jizerske Mts, Giant Mts, Hruby Jeseník, higher altitudes of Českomoravská vrchovina, and Carpatian region. Measuring is done in nine plots of intensive monitoring; passive dosimeters GRADKO are exposed in two-week intervals. To ensure quality of measuring, different types of passive dosimeters, used in individual countries, were tested within FutMon project, action C1-O3-24 (ES). The results are presented in <http://www.futmon.org/GeneralResults.htm>. Three dosimeters are always exposed together, in one of the stations so called „field sample“, in closed tube, is exposed in each measuring interval, to verify blank value. After exposition the filters are analysed in the labs of the producer, in Great Britain. In three of the plots continuous measuring of ozone by automatic analyzers is done, which gives information on one-hour ozone concentrations, and makes possible more precise calculation of imission load. Within the plots with ozone measuring also direct ozone injury of tree species, and usually more sensitive ground vegetation is assessed every year. Assessment is done in open LESS (light exposed sampling sites); near the monitoring plots, where vegetation is directly exposed to sun radiation – in such conditions visible symptoms of ozone effect are clearer than in the forest stand. This assessment contributes to real evaluation of negative O<sub>3</sub> impact on forest stands.

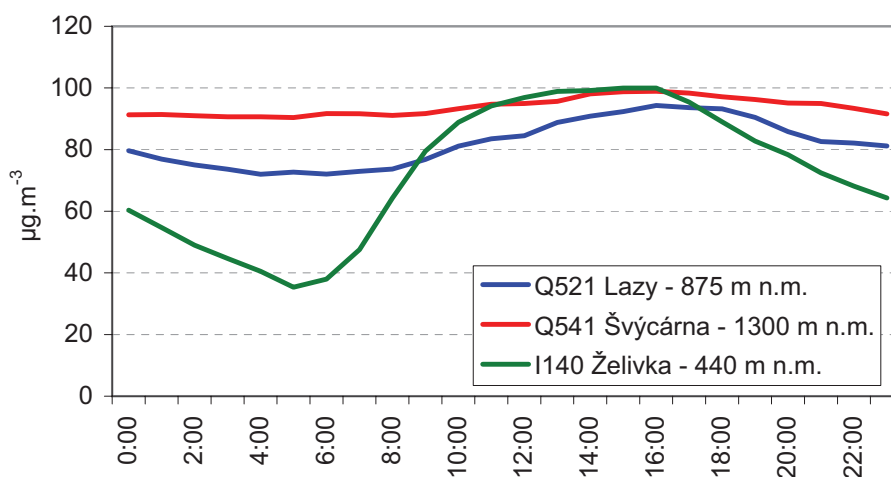
Limit concentrations of nitrogen oxide for vegetation protection (year average > 30 µg.m<sup>-3</sup>) are recently exceeded only in a small part of CR, mainly in industrial agglomerations and nearby simultaneous sources of emission from the transport. Within the FutMon project, three localities were selected to measure nitrogen oxides and ammonium – plot Q061 – Benešovice, close to the high way (about 600 m) D5 Plzeň – Rozvadov, plot Q251 Luisino údolí in Orlicke Mts., of increased nitrogen deposition load, and plot I140 Želivka, as a control locality. Passive dosimeters are installed in the same number and same way as for ozone, exposition interval is four weeks.

Concentrations of sulphur oxide are in the last decade, in most of the area of CR, under the imission limit (average in winter period > 20 µg.m<sup>-3</sup>). In the past SO<sub>2</sub> concentrations were measured in part of the intensive monitoring plots, by manual (West-gaeck), and

**Obr. 2.23:** Průměrné denní koncentrace ozonu ve vegetačním období 2010 na plochách IM1 s automatickým měřením / Average daily ozone concentrations in vegetation period 2010 within the IM1 plots with automatic measuring



Obr. 2.24: Průměrný denní chod O<sub>3</sub> v dubnu 2010 na plochách IM1 s automatickým měřením / Average daily O<sub>3</sub> development in April 2010 within the IM1 plots with automatic measuring



Obr. 2.25: Viditelné poškození vegetace ozonem / Visible ozone injury



Koncentrace oxidu siřičitého jsou v posledním desetiletí na naprosté většině území ČR pod imisním limitem (průměr za zimní období  $> 20 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). Na části ploch intenzivního monitoringu byly v minulosti koncentrace  $\text{SO}_2$  měřeny, a to jak manuálními (West-Gaecke), tak automatickými kontinuálními metodami. Poté, co byla naprostá většina měření pod hranici citlivosti manuálních metod ( $< 5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ), byla měření postupně ukončena. Z tohoto důvodu nebyla obnovena ani v rámci projektu FutMon.

*automatic, continuous method. Measuring was gradually finished, after the concentrations measured were under the detection limit of the manual stations ( $< 5 \mu\text{g}\cdot\text{m}^{-3}$ ). For this reason measuring was not restored under the FutMon project.*

### 3. VITALITA A ADAPTACE STROMŮ

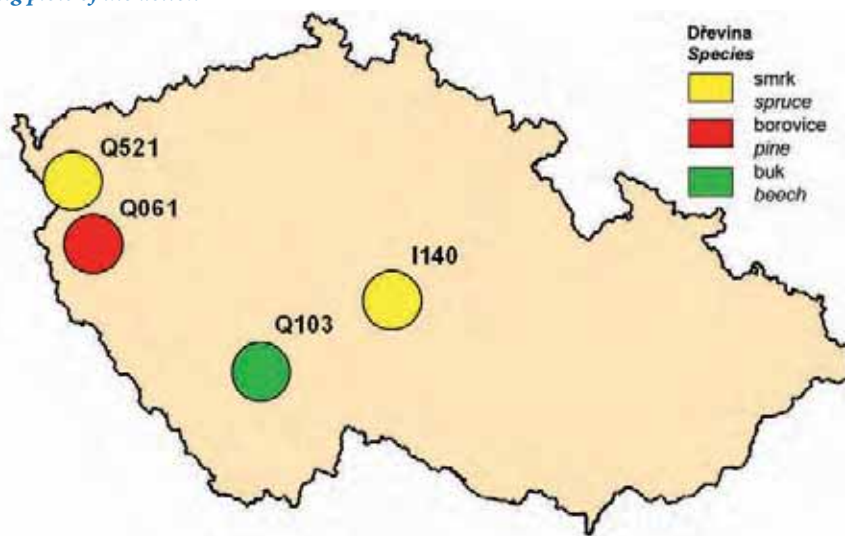
Cílem akce D1 je stanovit klíčové indikátory vitality stromů a poskytnout vhodné nástroje pro monitoring vitality v přírodních podmínkách evropských lesů. Snahou je dosáhnout spolehlivého a efektivního integrovaného monitoringu vitality na intenzivně sledovaných plochách a poskytnout základ pro vývoj indikátorů, které bude možné aplikovat v síti plošného monitoringu.

V programu FutMon je uplatňován integrovaný koncept hodnocení vitality. Kromě tradičních parametrů defoliace a diskolorace zahrnuje indikátory pro hodnocení přežívání (přežívající stromy, míra mortality), fungování (např. růst a regenerace, alokace uhlíku) a odolnosti vůči stresu (např. citlivost ke změnám, adaptabilita, schopnost konkurovat sousedním stromům).

Sledování v rámci akce D1 probíhá na vybraných plochách intenzivního monitoringu, v České republice se jedná o 4 plochy:

- I 140 Želivka (oblast Středočeská pahorkatina)
- Q 061 Benešovice (oblast Západočeská pahorkatina)
- Q 103 Všetec (oblast Středočeská pahorkatina)
- Q 521 Lazy (oblast Karlovarská vrchovina)

Obr. 3.1: Plochy monitoringu akce D1 /  
Monitoring plots of the action D1



#### Vizuální hodnocení stavu korun

Metodika hodnocení stavu korun na D1 plochách projektu FutMon, vychází ze schváleného manuálu ICP Forests a je rozšířena o tzv. FutMon Field Protocol (Vitality V1 150509). Ten si klade za cíl podchytit nové, nebo podrobněji popsat stávající parametry hodnocení, ve snaze o sjednocení metodiky na mezinárodní úrovni se zřetelem k mnohdy rozdílným přírodním podmínkám.

V souladu s FutMon Field Protocol jsou na D1 plochách nově povinně sledovány tyto parametry:

- **Přesný věk jednotlivých stromů na ploše.** V našich podmínkách stejnověkých a stejnorodých porostů na plochách D1 stačí určení věku z LHP, věková třída nad 120 let bude nahrazena novými třídami 121 – 140, 141 – 160 a nad 160 let.

### 3. TREE VITALITY AND ADAPTATION

The main objective of the D1 action is to develop key indicators of tree vitality and to find suitable tools for monitoring of vitality in natural conditions of European forests. To create effective and reliable integrated monitoring of vitality within intensive monitoring plots, and database for development of indicators, applicable within the systematic monitoring network is the main goal.

Under FutMon, integrated concept of vitality assessment is applied. Besides defoliation and discoloration also surviving trees and level of mortality are assessed, functioning (e.g. growth and regeneration, carbon allocation), and resistance against stress (e.g. sensitivity to changes, adaptability, ability to compete with neighbouring trees).

Investigation within D1 goes on in selected plots of intensive monitoring, in the Czech Republic it is in 4 plots:

- I 140 Želivka (Středočeská pahorkatina region)
- Q 061 Benešovice (Západočeská pahorkatina)
- Q 103 Všetec (Středočeská pahorkatina)
- Q 521 Lazy (Karlovarská vrchovina)

#### Visual assessment of crown condition

Method of crown condition assessment within D1 plots of the FutMon project is based on the adopted version of ICP Forests Manual, completed with so called FutMon Field Protocol (Vitality V1 150509), aimed to present the new parameters and to describe in more detail the existing parameters, to unify the methods at international level with respect to often different natural conditions.

According to the FutMon Field Protocol, assessment of following parameters is newly obligatory within D1 plots:

- **Precise age of individual trees in the plot.** In our conditions of monocultures of the same species and age within the D1, age can be stated according to the forest management plan, age



- **Tvorba plodů u buku, smrku a borovice hodnoceno formou pozemního šetření.** Hodnoceny jsou pouze letošní čerstvé plody, u borovice zelené šišky. Z hlediska metodiky ICP Forests se mění pouze kódování ve smyslu rozšíření o skupinu vzácného množství plodů sledovatelnou pouze dalekohledem.
- **Tvorba plodů u buku a dubu hodnoceno dle opadu.** Týká se pouze bukové plochy Všeteč v Píseckých horách. Zde bude zjišťována hmotnost plodů a jejich částí na hektar za rok. Data budou přejata z pravidelného sledování opadu na ploše.
- **Relativní vzdálenost sousedních stromů v porostu.** Tento nový parametr vychází z předchozího hodnocení „zastínění korun“ (ICP Forests). Odhadneme průměr koruny hodnoceného stromu a ve čtyřech vertikálních směrech určíme relativní vzdálenost sousedících korun (zjišťujeme do jaké míry vyplňuje naše koruna volný prostor mezi okolními stromy). Kalkulaci provedeme součtem příslušných kódů a jejich zprůměrováním.
- **Sledování architektury vrcholových větvíček koruny buku.** Vychází z předpokladu, že ze vzdálenosti terminálních a postaných větvíček horní části koruny lze určit několik typických růstových modelů charakterizujících vývoj a stav zdravotního stavu stromu. Metodika rozlišuje 7 růstových fází.
- **Přesné druhové zařazení u dubu** se netýká žádné z D1 ploch.
- **Sledování a vykazování odstraněných stromů a úmrtnosti** vytvořen nový koncept, který zjednodušuje stávající systém sledování těchto parametrů a předkládá nové kódování.

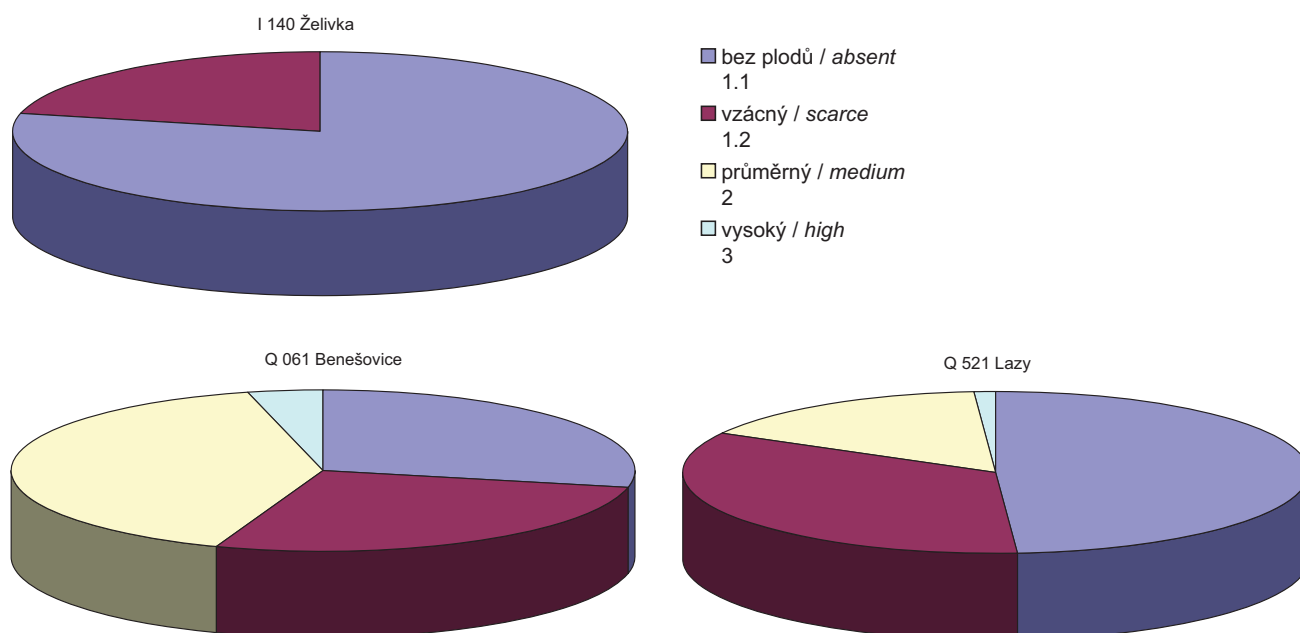
Kvalita hodnocení stavu korun na plochách D1 je zajištěna pravidelnou účastí hodnotitelského týmu na Mezinárodním interkalibračním kurzu hodnocení stavu korun (International Cross-Calibration Course on Crown condition Central Europe). V roce 2009 se kurz konal v České republice. Kromě hodnocení tradičních parametrů defoliace a diskolorace se kurz zaměřil též na nové parametry definované ve FutMon Field Protocol (Vitality V1 150509).

class over 120 will be replaced by the new age classes 121 – 140, 141 – 160 and 160+.

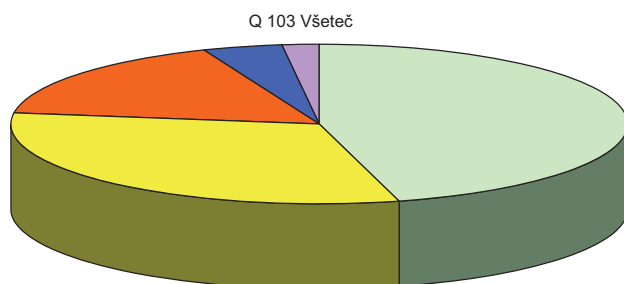
- **Fruiting of *Fagus sp.*, *Picea abies* and *Pinus sp.* is assessed visually.** Only fresh, recent year fruits are recorded, for pine only green cones. With respect to the ICP Forests method, only coding is further developed, to record very rare fruits, visible only with binoculars)
- **Fruiting of *Fagus sp.* and *Quercus sp.* assessed in litterfall.** It is done only in the plot Všeteč in Písecké hory. Weight of fruits and their parts per hectare per year will be evaluated. Data of regular litterfall measuring within the plot will be used.
- **Relative distance of neighbouring trees in the stand.** This new parameter is based on previous „crown shading“(ICP Forests). Crown diameter is estimated, and relative distance of neighbouring crowns is stated in four vertical directions (to find how the crown assessed fills the open space within surrounding trees). Calculation is done as a sum of respective codes and their averages.
- **Architecture of top branches of the beech crown.** It is based on the assumption, that the distance of terminals and side branches in the upper crown reflects some typical growth models, characterizing development and health state of the tree. The method describes 7 growth phases.
- **Precise determination of *Quercus sp.*** is not the case at any of the D1 plots.
- **Assessment and recording of removed trees and mortality** – new concept, more simple than existing way of assessment of these parameters, and new coding.

Quality of crown condition assessment in the D1 plots is ensured by regular participating of the team member in the International Cross-Calibration Course on Crown condition Central Europe. In 2009 the course was held in the Czech Republic. Besides traditional parameters, defoliation and discoloration, the course was focused also on the new parameters, defined in FutMon Field Protocol (Vitality V1 150509).

Obr. 3.7a,b,c: Výskyt plodů na plochách D1 v roce 2010 / Fruiting in the plots of D1 action in 2010



Obr. 3.8: Typy větvení buku na ploše Q 103 Všeteč /  
Apical shoot architecture of beech in the plot Q 103 Všeteč



- Přírůst plošný i délkový / Exploratory phase 1
- Kombinace 1/3 / Intermediary from 1/3 2
- Fáze degenerace, pouze apikální růst / Degeneration phase 3
- Kombinace 3/5 / Intermediary from 3/5 4
- Dlouhé drápkovité větve / Stagnation phase 5
- Kombinace 5/7 / Intermediary from 5/7 6
- Fáze odevzdanosti / Resignation phase 7

## Růst stromů

Kromě pravidelného dendrometrického měření všech stromů na ploše v periodě 5 let je růst stromů na plochách D1 navíc kontinuálně monitorován pomocí přírůstoměrů (dendrometrů) instalovaných na vybrané vzorníky. Kontinuální měření radiálních tloušťkových přírůstků se provádí dvěma metodami: (1) elektronickými dendrometry (pásovými nebo bodovými) a (2) pásovými přírůstoměry s manuálním odečtem. Obě metody umožňují stanovit nejen hodnoty ročního tloušťkového přírůstu, ale také distribuci přírůstků a intenzitu rozpínání a smršťování dřeva a kůry v průběhu roku. Takto je možné identifikovat růstovou i fyziologickou reakci stromů na sezónní klimatické podmínky, zejména dostupnost vody.

## Tree growth

Besides periodic measurement of all trees in the plot in 5-year interval, within the D1 plots growth is measured continuously with dendrometers, installed in selected sample trees. Continuous measuring of radial increments is done using two methods: (1) electronic dendrometers (band or point) and (2) girth bands of manual reading. The two methods make possible to state not only the value of annual diameter growth, but also distribution of increments and intensity of swelling and shrinkage of wood and bark during the year. In this way growth and physiological reaction of trees to seasonal climatic conditions, mainly water availability, can be identified.

Obr. 3.9: Elektronický dendrometr DR 26 a pásový přírůstoměr s manuálním odečtem (plocha I140 Želivka) /  
Electronical dendrometer DR26 and permanent girth band (plot I140 Želivka)



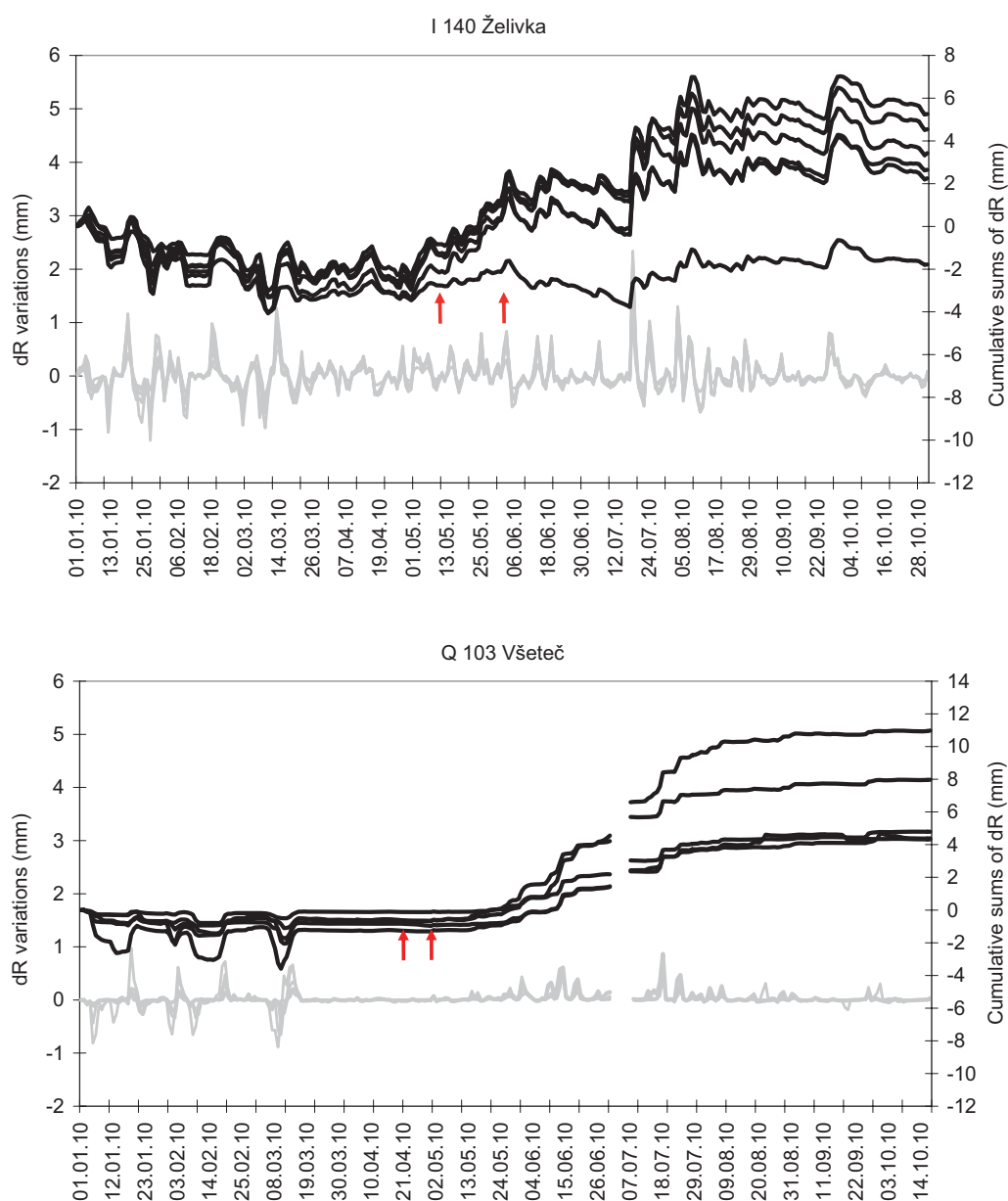
Kontinuální měření přírůstů je realizováno podle metodiky rozpracované ve FutMon Field Protocolu Growth V2 270509 z roku 2009.

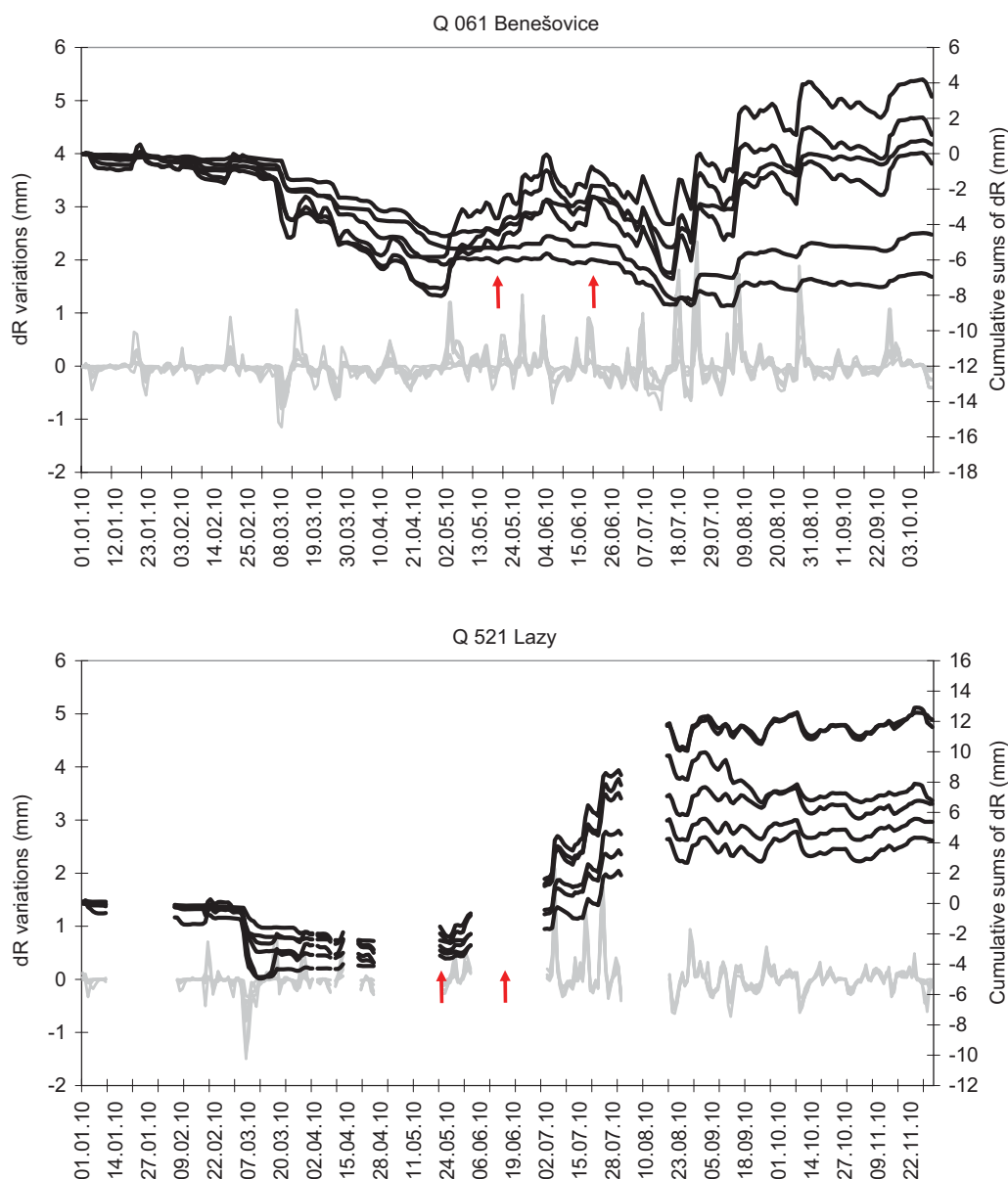
V České republice jsou na všech plochách D1 instalovány jak elektronické tak manuální dendrometry. Pro instalaci elektronických kontinuálních dendrometrů byla v ochranné zóně plochy vybrána skupina 6 stromů s parametry středního kmene, reprezentující hlavní dřeviny na ploše. Instalovány byly pásové elektronické dendrometry DR26, které jsou napojeny na datalogger, data jsou zaznamenávána jednou za hodinu, jednou za šest hodin jsou odesílána přes GSM modem do databáze VÚLHM. Všechny stromy s kontinuálními dendrometry jsou z kontrolních důvodů a z důvodu zachování kontinuity řady měření při výpadku elektronického dendrometru opatřeny i přírůstoměry manuálními.

*Continuous increment measurement is done according to the method further developed in the FutMon Field Protocol, Growth V2 270509, 2009.*

*In the Czech Republic, in all D1 plots, both electronic dendrometers and permanent girth bands with manual reading are installed. To install electronic continuous dendrometers, group of 6 trees was selected in the buffer zone, of mean stem parameters, of the main tree species in the plot. Electronic band dendrometers DR26, connected to data logger, were installed. Data are recorded in one-hour interval, once in six hours they are sent to FGMRI database, via GSM modem. All trees with electronic dendrometers are equipped also with permanent girth bands, to control the results and to preserve continuity of measuring in case of failure of the electronic device.*

**Obr. 3.10a-d: Denní změny poloměru kmene (dR) a kumulativní sumy dR na plochách D1 v roce 2010. Červené šipky označují počátek a konec rašení. /**  
*Daily stem radius variation (dR) and cumulative sums of dR in the plots of D1 action in 2010. The red arrows represent the beginning and the end of flushing period.*





Pro instalaci přírůstoměrů s manuálním odečtem bylo vybráno v ochranné zóně plochy vždy 15 stromů hlavní dřeviny a to tak, aby reprezentovaly všechny tloušťkové třídy přítomné v porostu. Přírůstoměry skládající se z ocelového pásku, pružiny a noniového měřítka jsou umístěny na kmeni stromu ve výši 1,3 m, poloha přírůstoměrů je vyznačena barvou (při poškození dendrometru je nový možno umístit na stejné místo). Hodnoty přírůstků jsou odečítány z noniové stupnice s přesností na 0,1 mm. Odečet provádí pozorovatel vždy na konci každého měsíce a zapisuje je do formuláře na fenologická pozorování. Každý odečet je identifikován datem a časem odečtu a číslem stromu.

## Opad

V rámci programu FutMon je hodnocení opadu na plochách D1 povinné. Metodika ICP Forests pro sledování opadu byla pro účely FutMon upravena ve FutMon Field Protocolu Litter V1 140509.

*To install permanent girth bands, 15 trees of the main species were selected in buffer zone, representing all diameter classes of the given stand. Girth bands, consisting of steel band, spring and nonius scale, are placed at the stem, 1.3 m high, position of dendrometer is marked by paint (to place the new one at the same position when broken). The values are read at the nonius scale, with 0.1 mm preciseness. Reading is done by the observer at the end of the month, and recorded in the form of Phenological observation. Each reading is identified with date and time and tree number.*

## Litterfall

*Under the FutMon project, litterfall assessment is obligatory within the D1 plots. The method of ICP Forests was further developed in the FutMon Field Protocol Litter V1 140509.*

Sledování opadu jeho množství a složení se na plochách provádí v průběhu celého roku. Na každé ploše je umístěno 6 opadoměrů, a to vždy podél dvou stran monitorační plochy v ochranné zóně. Opadoměry jsou vyrobeny z polyetylénu a mají tvar obráceného komolého čtyřbokého jehlanu, v jehož vrcholu je umístěn síťový sáček pro zachytávání opadu; záchytná plocha opadoměru je 0,25 m<sup>2</sup>. Vzorky opadu se odebírají z každého opadoměru zvlášť jednou měsíčně, v listnatých porostech v době intenzivního opadu listů na podzim častěji, alespoň třikrát měsíčně, současně s odběry vzorků srážkové a půdní vody. V laboratoři se vzorky nejprve zváží a pak se vysuší při pokojové teplotě a roztřídí na jednotlivé frakce (listy a jehličí podle druhů dřevin, větvičky, kůra, semena, šišky, květy, pupeny, živočišné zbytky, ostatní). Stanoví se hmotnost jednotlivých frakcí a hmotnost 1000 jehlic nebo hmotnost 100 listů. Chemické analýzy provádí akreditovaná

*Litterfall collecting, assessment of its amount and composition, is done during the whole year. In each plot 6 litterfall collectors are placed, along the two sides of the plot, in buffer zone. Polyethylene collectors are shaped in reverse truncated pyramid, with a bag in the lower part, taking plot of 0, 25 m<sup>2</sup>. Samples are collected separately in each collector, in one-month interval, in autumn, time of intensive leaf fall, more frequently – three times per month minimally, together with precipitation water and soil water collecting. In the lab the samples are dried in room temperature and individual fractions selected (leaves and needles, according to the tree species, branches, bark, seeds, cones, flowers, buds, animal traces, other). Mass of individual fractions is stated, and weight of 1000 needles or 100 leaves. Chemical analyses are done in the FGMRI labs, mixed year samples of individual fractions are analysed. In the samples amount of Ca, Mg, K, Na, P, Al, Fe, Mn, Zn, Ntot, Stot, Cl, dry mass*

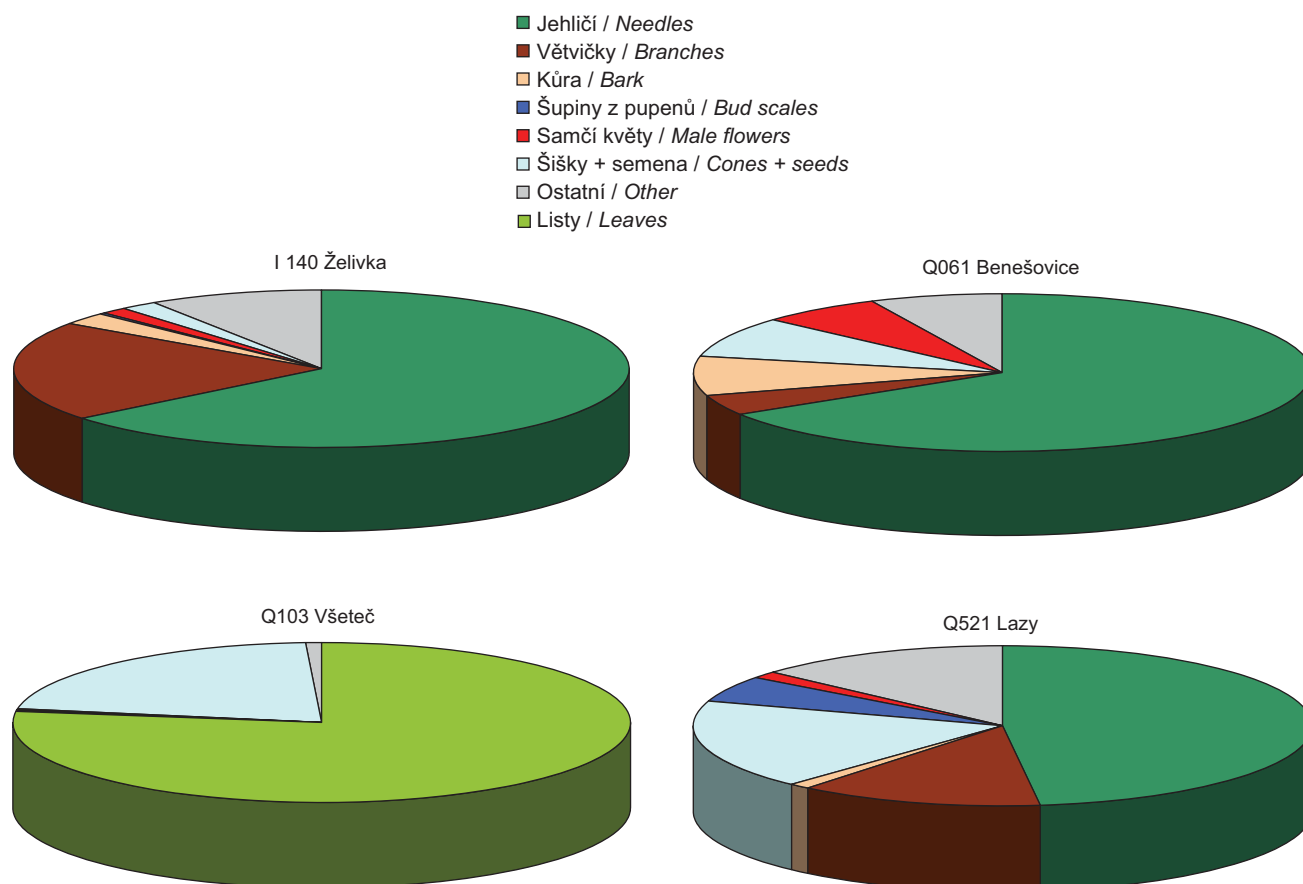
**Obr. 3.11:** Opadoměry na ploše Q 103 Všetec /  
*Litterfall traps at the plot Q 103 Všetec*



zkušební laboratoř VÚLHM a analyzují se roční směsné vzorky jednotlivých frakcí. Ve vzorcích se stanoví obsah Ca, Mg, K, Na, P, Al, Fe, Mn, Zn, Ntot, Stot, Cl, sušina při 105°C. Laboratoř se pravidelně účastní národních i mezinárodních kruhových testů analýz rostlinného materiálu.

*in 105°C are stated. The laboratory participates regularly in the national and international ring tests of plant material analyses.*

Obr. 3.12a-d: Zastoupení frakcí v opadu na plochách D1 v roce 2009 /  
Litterfall fractions in the plots of D1 action in 2009



## Fenologie

Fenologická pozorování se na plochách D1 programu FutMon řídí Manuaelem ICP Forests, kap. 9 Phenological Observations a FutMon Field Protocolem Pheno V1.1 19May09. Pozorování může probíhat dvěma způsoby: vizuálně (na úrovni plochy nebo na úrovni jednotlivých stromů) nebo za použití digitálních kamer.

Na plochách Benešovice, Lazy a Všetec probíhá sledování fenologických fází na úrovni plochy, na ploše Želivka se provádí také intenzivní pozorování na úrovni jednotlivých stromů.

Hodnocení se provádí nejméně jednou měsíčně v průběhu celého roku, v „klíčových obdobích“ roku, tj. v době rašení, kvetení a v listnatých porostech v době podzimního zbarvování listů častěji, alespoň třikrát měsíčně současně s odběry vzorků srážek a půdní vody. Pozorovatel zaznamenává do protokolu výskyt dané fenofáze podle stupnice po 33 % a zaznamenává se rašení, kvetení, vývoj podzimního zbarvování a opad listů, dále výskyt sekundárního rašení a mimořádné jevy, které se během roku vyskytnou na ploše (mechanické poškození koruny nebo kmene, mimořádný opad jehličí nebo listů, výskyt listožravého a podkorního hmyzu, těžba na ploše a pod). Hodnocení jednotlivých

## Phenology

Phenological observation is done within the D1 plots of FutMon project according to the ICP Forests Manual, Ch. 9 Phenological Observations, and FutMon Field Protocol Pheno V1.1 19May09. Observing can be done in two ways: visually (in plot level or tree level) or using digital cameras.

In the plots Benešovice, Lazy and Všetec pheno-phases are recorded at the plot level, in the plot Želivka also intensive observation of individual trees is recorded.

Assessment is done at least once a month during the whole year, in „key periods“ during flushing, flowering, and, in broadleaved stands, in autumn fall, more frequently, at least three time per month, together with collecting of precipitation and soil water. Observer records given pheno-phase, in the scale of 33% records flushing, flowering, autumn colouring and fall, secondary flushing, and any extraordinary observations (mechanical damage of the crown or stem, extraordinary leaf or needle fall, occurrence of leaf eaters and bark eaters, felling in the plot etc). Evaluation of individual trees is done at ten trees, of the same land position. Each observer has digital camera, thus visual assessment is documented.

stromů se provádí u deseti stromů ze země vždy ze stejného místa. Každý pozorovatel má k dispozici digitální fotoaparát a vizuální hodnocení průběžně doplňuje fotodokumentací.

Na konci roku 2009 byl na plochách D1 instalován systém automatického sledování korunové vrstvy porostů. Na plochách není k dispozici přívod elektrické energie, proto bylo nutné využít zařízení, které je možné udržet v chodu napájením z akumulátoru dobíjeného solárními panely. Systém je založen na digitálním fotoaparátu umožňujícím vytvářet panoramatické snímky (360°), který je umístěn na sklopném stožáru ve výšce cca 10 m a snímkuje koruny stromů zdola. Snímkování probíhá automaticky 4x denně, snímky se ukládají na paměťovou kartu. Celý systém je dosud ve vývoji – probíhá ověřovací fáze, po které by měl proběhnout vývoj automatického zpracování fotografií.

V květnu 2009 se konal ve Slovinsku mezinárodní interkalibrační kurz pro hodnocení fenologických fází a prezentace několika možností kontinuálního pozorování fenofází pomocí kamer, způsobů vyhodnocování snímků a také některé metody pro hodnocení indexu listové plochy (LAI).

*At the end of 2009, in the D1 plots the system of automatic observation of the crown level was installed. As in the plots there is no electric supply, accumulators with solar panels were used. The system is based on digital photo-camera making panoramic pictures (360°), placed at removable mast, about 10 m high, snapping the tree crown from down. Snaps are taken automatically, 4 xs per day, and stored in the card. The system is still under development – testing phase, after which the method of automatic processing of photos should be done.*

*In May 2009, international calibrating course on pheno-phases assessment was held in Slovenia, different ways of continuous pheno-phase observations with camera were presented. Ways of snap evaluation and some methods of the leaf plot index evaluation were also presented (LAI).*

**Obr. 3.13:** Instalace stožáru s digitálním fotoaparátem na ploše Q 103 Všeteč /  
Installation of the mast with digital camera at the plot Q 103 Všeteč



Obr. 3.14: Rašení borovice na ploše Q 061 Benešovice 31. 5. 2010 /  
*Flushing of pine in the plot Q 061 Benešovice May 31, 2010*



Obr. 3.15: Rašení buku na ploše Q 103 Všetec v roce 2010 /  
*Flushing of beech in the plot Q 103 Všetec in 2010*





Obr. 3.16: Detail fotoaparátu pro snímání korunové vrstvy /  
*Digital camera in detailed view*



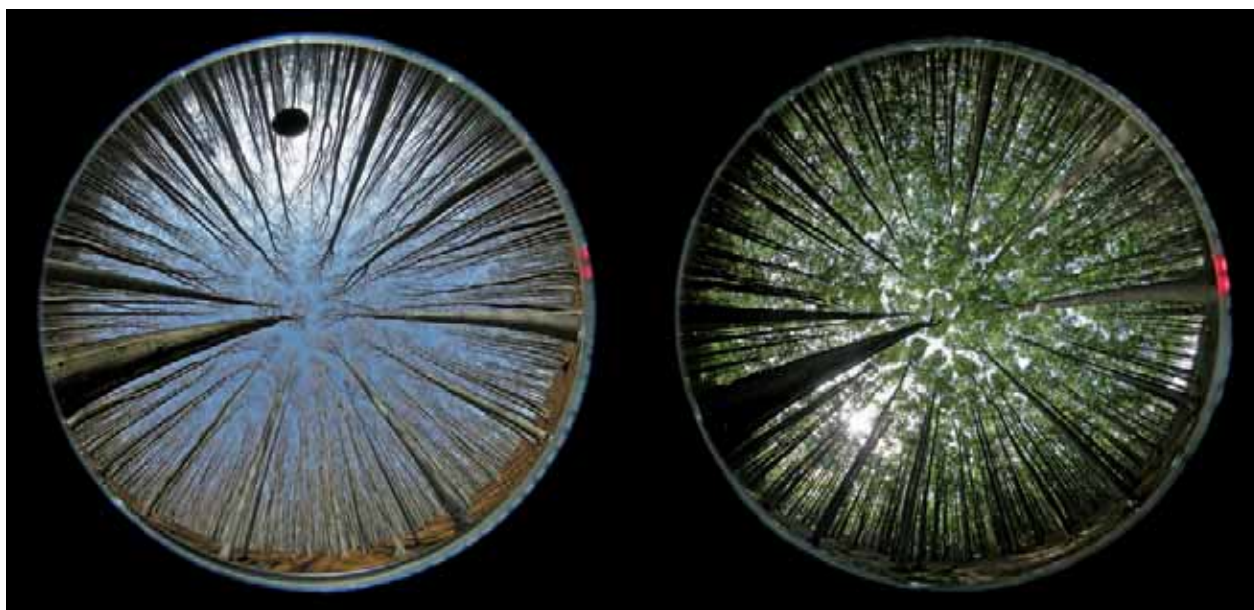
### Měření indexu listové plochy (LAI)

Pro hodnocení indexu listové plochy (LAI) bylo na všech lokalitách D1 provedeno opakované snímání korunové vrstvy hemisférickou fotografií. Na každé ploše bylo zaměřena a stabilizována síť 16 bodů ve čtverci 40 x 40 m. Snímání proběhlo opakovaně ve vegetačním období a na podzim – v porostech buku je tak možné vyhodnotit celkovou velikost listové plochy v rámci korunové vrstvy. Hodnocení snímků proběhlo pomocí softwaru WinScanopy.

### Measuring of leaf area index (LAI)

To evaluate leaf area index (LAI), repeated hemispheric photos of the crown level were recorded in all D1 plots. Measured network of 16 points was stabilized in each plot, in 40 x 40 m square. Snapping was done repeatedly, in vegetation period, and in autumn – in the beech stands is thus possible to evaluate total leaf area index of the crown level. Evaluation was done using WinScanopy software.

Obr. 3.17: Hemisferické fotografie korunové vrstvy na ploše Všeteč 23. 7. 2009 a 24. 3. 2010 /  
*Hemisphere photo of the crown level in the plot Všeteč, July 23, 2009 and March 24, 2010*



## 4. CYKLY ŽIVIN A KRITICKÉ ZÁTĚŽE

Koloběh živin je jedním z klíčových faktorů existence a fungování lesních ekosystémů. V současném období je část evropských lesních ekosystémů ovlivňována vysokými vstupy dusíku, v nejzatíženějších oblastech již lesy nejsou schopny vstupující dusík plně využívat a lesní ekosystémy začínají být saturovány tímto prvkem. Přebytný dusík je vyplavován, převážně v nitrátové podobě, do podzemních vod a dostává se do vodotečí. Toto obohacování (eutrofizace) lesních půd a vod o dusík se začíná odrážet ve snížení rostlinné biodiverzity.

Míra resilience lesního ekosystému vůči vlivu kyselých a nutričních depozic je ovlivňována nejenom jejich množstvím a složením, ale také půdním typem, stanovištěm, resp. druhovou skladbou a vitalitou lesa. Současně s těmito faktory začíná ovlivňovat stabilitu lesních ekosystémů jejich schopnost poutat a využívat živiny a neutralizovat kyselou depozici, také nastupující klimatické změny.

Koncepce stanovení kritických zátěží umožňuje, na různých typech lesních stanovišť Evropy, identifikovat lokality, kde acidifikace a eutrofizace může v budoucnu výrazně ovlivnit vitalitu lesních ekosystémů snížením biodiverzity, zhoršením půdních vlastností a kvality vody ap. Tyto informace, společně s analýzou budoucího vlivu imisní zátěže, založené na dynamickém modelování a scénářích změn klimatu, umožní formulovat prognózy vývoje lesních ekosystémů a vyznačit problémové oblasti v rámci Evropy.

Cílem akce D2 je rozpracovat metody monitoringu koloběhu živin a hodnocení kritických zátěží v lesních ekosystémech zahrnující vstup látek formou depozic, jejich příjem dřevinami a dalšími rostlinami, výstup formou opadu a vymýváním z půdního prostředí.

Celkem bylo v projektu D2 hodnoceno 195 ploch intenzivního monitoringu v 19 participujících zemích. Jde o plochy s úplným sledováním parametrů (IM1), které je doplněno o některé další aktivity. Jde o sledování množství a chemických vlastností opadu, intenzivnější vzorkování asimilačních orgánů (analýza 4 ročníků jehličí) u jehličnatých dřevin, hodnocení množství biomasy a zásoby živin v přízemní vegetaci. V období 2009 – 2010 bylo do projektu D2 – „Cykly živin a kritické zátěže“ v České republice zahrnuto 10 ploch intenzivního monitoringu: Lásenice, Všeteč, Želivka, Nová Brtnice, Medlovice, Klepačka, Luisino údolí, Mísečky, Benešovice a Lazy.

Pro intenzivnější vzorkování asimilačních orgánů u jehličnatých dřevin a hodnocení zásoby živin v přízemní vegetaci byl vytvořen v roce 2009 Field Protocol „Sampling procedure for evaluation of nutrient budget in vegetation in FutMon intensive monitoring plots and more intensive foliage surveys (D2)“ (fiels\_prot\_biomass\_foliage\_V1\_150509). Pro sledování množství a chemických vlastností opadu byl v téže roce dokončen Field Protocol „Litterfall sampling and analysis“ (field\_prot\_litter\_V1\_140509) [www.futmon.org/Fieldprot.htm](http://www.futmon.org/Fieldprot.htm).

Vzorkování a analýza depozic, sběr a analýza půdní vody se prováděly v souladu s metodami uvedenými v ICP Forests Manuálu v Kapitole XIV, resp. Kapitole IIIb. Plné znění obou kapitol lze najít na webových stránkách [www.icp-forests.org/Manual.htm](http://www.icp-forests.org/Manual.htm).

Výsledky šetření projektu D2 získané na 10 plochách byly odeslány pro celkové vyhodnocení do koordinačního pracoviště v Hamburku. V tomto příspěvku jsou prezentovány výsledky získané ze dvou smrkových, věkově srovnatelných ploch, Luisino

## 4. NUTRIENT CYCLING AND CRITICAL LOAD

*Nutrient cycling is one of the key factors of the existence and function of the forest ecosystems. Today, part of European forest ecosystems is endangered by high inputs of nitrogen. In the most loaded regions the forests are not fully able to use the input nitrogen, and forest stands start to be saturated by this element. Exceeding nitrogen is eluted, mostly in the form of nitrates, into ground water and to water flows. This eutrophication of the forest soil and waters by nitrogen is reflected in decrease of plant biodiversity.*

*Level of forest stand resiliency against acid and nutrient deposition is affected not only by their amount and composition, but also by the soil type, site conditions, species composition and forest vitality. Climatic change is another factor which starts, together with these factors, to affect stability of the forests ecosystems, their ability to use the nutrients and to neutralize acid deposition.*

*Conception of stating of the critical loads makes possible, at different type of forest sites within Europe, to identify localities, where, in the future, soil acidification and eutrophication can significantly affect vitality of the forest ecosystems due to lowering of biodiversity, worsening of soil characteristics and quality of water etc. This information, together with analysis of future effect of air pollution load, based on dynamic modelling of the climate change development, makes possible to formulate prognoses of the development of forest ecosystems and to point the problem regions in Europe.*

*Aim of D2 action is to work out the monitoring methods of nutrient cycling and evaluation of critical load in forest ecosystems, including substance input in the form of deposition, their input by tree species and other plants, output in litterfall and elution of the soil environment.*

*Within the D2 project, in total 195 plots of intensive monitoring of 19 participating countries was included. They were plots with complete set of parameters investigated (IM1), completed with some other activities. It is investigation of volume and chemical composition of litterfall, more intensive sampling of the assimilation organs (analysis of 4 needle year classes of conifers), evaluation of overground biomass and nutrient supply. In the period of 2009-2010, in the Czech Republic, in total 10 plots of intensive monitoring were included in the project D2 – „Nutrient cycling and critical loads“: Lásenice, Všeteč, Želivka, Nová Brtnice, Medlovice, Klepačka, Luisino údolí, Mísečky, Benešovice and Lazy.*

*In 2009 the Field Protocol „Sampling procedure for evaluation of nutrient budget in vegetation in FutMon intensive monitoring plots, and more intensive foliage surveys (D2)“ (fiels\_prot\_biomass\_foliage\_V1\_150509) was worked out. In the same year also Field Protocol „Litterfall sampling and analysis“ (field\_prot\_litter\_V1\_140509) was worked out (see [www.futmon.org/Fieldprot.htm](http://www.futmon.org/Fieldprot.htm)).*

*Sampling and analysis of deposition and analysis of soil solution were done according to the method as presented in ICP Forests Manual, chapter XIV and IIIb respective – [www.icp-forests.org/Manual.htm](http://www.icp-forests.org/Manual.htm).*

*Results of investigation within D2 of the 10 plots of intensive monitoring were sent to the Coordinating Centre in Hamburg. In this contribution, results of the two spruce plots of similar age are presented - Luisino údolí (Orlické Mts.) and Želivka (Středočeská pahorkatina), which differ in historical and recent deposition load, and which are example of mountain forest and foothills.*

*The results presented show only inputs and outputs of nitrogen and sulphur, i.e. of the elements which play an important role*

údolí (Orlické hory) a Želivka (Středočeská pahorkatina), které se liší svojí historickou i současnou depoziční zátěží a jsou příkladem lesů horské oblasti a podhůří.

Prezentované výsledky se zaměřily na vstupy a výstupy dusíku a síry, tedy na prvky, které v minulosti, ale i v současnosti hrají důležitou roli v procesu acidifikace a eutrofizace lesního prostředí a ovlivňují vitalitu a stabilitu lesních porostů.

## Depozice

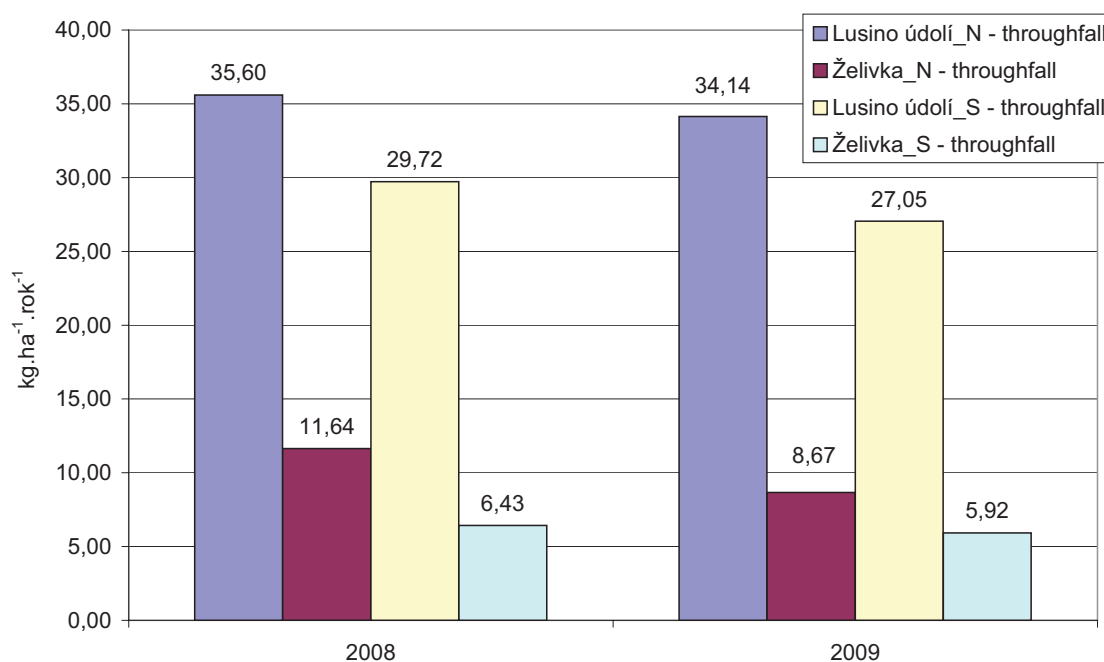
Pro porovnání obou smrkových ploch byly použity výsledky hodnocení podkorunové depozice za období 2008 a 2009. Plocha intenzivního monitoringu Želivka patří dlouhodobě ke středně zatíženým plochám jak depozicí síry, která pod porostem lehce překračuje hranici  $5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ , tak depozicí dusíku, jež v hodnocených dvou letech osciluje kolem  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$  a má tendenci k snižování (viz obr. 4.1).

*in the process of acidification and ethropicazation of the forest environment, and which affect vitality and stability of the forest ecosystem, both in the past and today.*

## Deposition

*To compare the two spruce plots, results of throughfall deposition were used, of 2008 and 2009. The plot of intensive monitoring, Želivka, is, in the long-term perspective, among moderately loaded plots both by sulphur deposition in throughfall slightly over  $5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ , and nitrogen deposition, oscillating, in the two years of evaluation, around  $10 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$  with a tendency to decrease (see Fig. 4.1).*

**Obr. 4.1:** Porovnání podkorunových depozic dusíku a síry na plochách Želivka a Luisino údolí v letech 2008 a 2009 / Comparing of throughfall deposition of nitrogen and sulphur in the plots Želivka and Luisino údolí in 2008 and 2009



Naopak plocha intenzivního monitoringu Luisino údolí patří od svého založení (2003) k nejvíce zatíženým plochám depozicemi dusíku. V roce 2009 byly naměřeny pod korunami stromů hodnoty těsně pod  $35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Rovněž depozice síry byly v roce 2009 pod korunou nižší, stále však překračující  $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{rok}^{-1}$ . Obě hodnoty patří k nejvyšším v rámci deseti sledovaných ploch.

*On the contrary, the plot of intensive monitoring, Luisino údolí, has been among the most loaded by nitrogen deposition, since its installing in 2003. In December 2009 the throughfall values measured were less than  $35 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$ . Also sulphur throughfall deposition was lower, but still over  $25 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{year}^{-1}$  in 2009. The two values are among the highest within the ten plots investigated.*

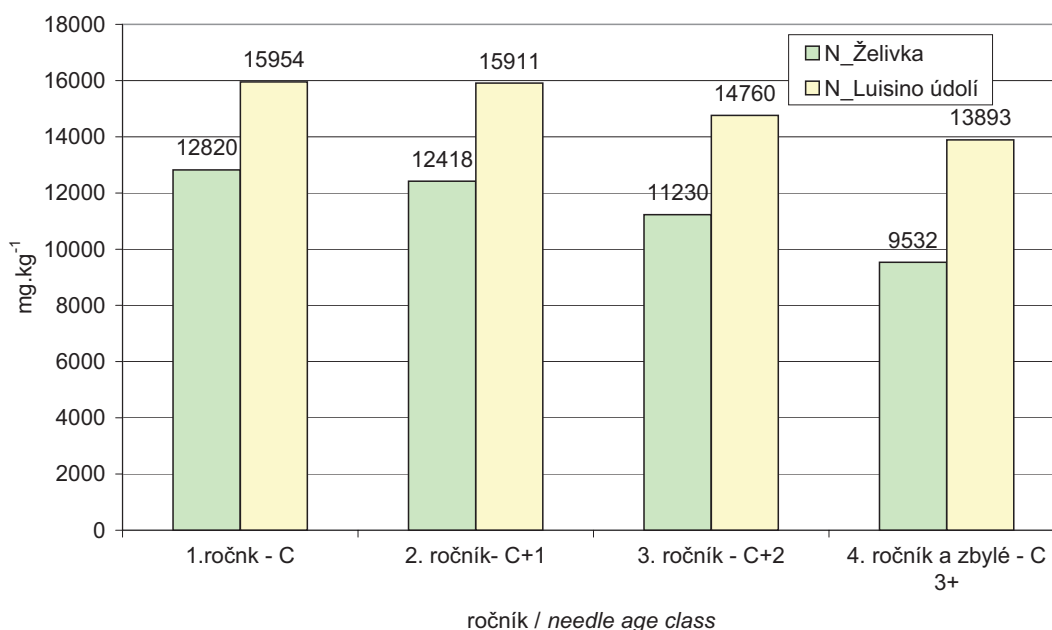
## Listová analýza a přízemní vegetace

Odběr vzorků pro listovou analýzu byl proveden v roce 2009. Koncentrace dusíku a síry byly zjišťovány ve třech nejmladších ročních jehličích (C, C+1, C+2) a jako čtvrtý vzorek byl analyzován směsný vzorek čtvrtého ročníku (C+3) a starších ročníků. Výsledky jsou uvedeny na obr. 4.2a, 2b.

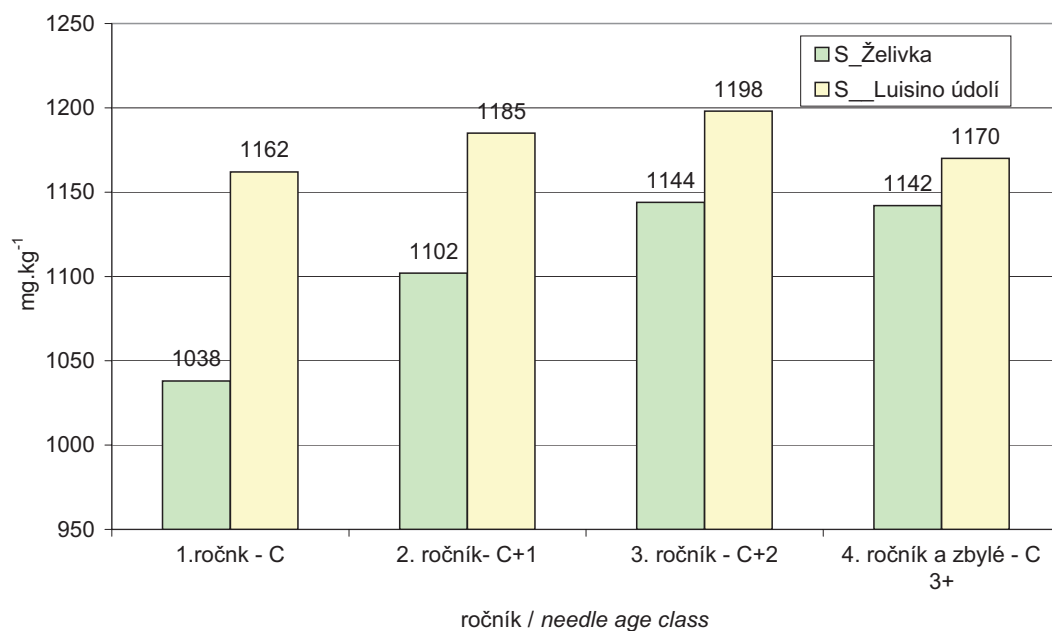
## Leaf analysis and ground vegetation

*Sample taking for the leaf analysis was done in 2009. Concentrations of nitrogen and sulphur were measured in the three youngest needle year classes (C, C+1, C+2), mixed sample of the fourth class and older was analysed as a fourth sample (C+3). Results are presented in Figs. 4.2a, 2b.*

Obr. 4.2a: Koncentrace dusíku v jehličí smrku na plochách Želivka a Luisino údolí /  
Nitrogen concentrations in spruce needles in the plots Želivka and Luisino údolí



Obr. 4.2b: Koncentrace síry v jehličí smrku na plochách Želivka a Luisino údolí /  
Sulphur concentrations in spruce needles in the plots Želivka and Luisino údolí



Z porovnání koncentrací dusíku a síry ve čtyřech ročnících jehličí, odebraných na v minulosti odlišně imisně zatížených plochách intenzivního monitoringu Luisino údolí a Želivka, vyplynulo, že obsahy dusíku na obou porovnávaných plochách s věkem jehlice klesají, ale výrazně se odlišují v absolutních hodnotách. Na ploše Želivka jsou u všech čtyř ročníků jehličí dosahovány průměrné obsahy dusíku, které leží pod hranici dostatečné výživy (13 000 mg.kg<sup>-1</sup>). Naopak vysoké obsahy dusíku i ve starších ročnících jehličí (nad 15 000 mg.kg<sup>-1</sup>) byly stanoveny na ploše Luisino údolí a potvrzují dlouhodobou vysokou zátěž této lokality depozicemi dusíku.

Comparing of nitrogen and sulphur concentrations in needle samples of the two plots of intensive monitoring, Luisino údolí and Želivka, loaded differently by air pollution in the past, it proved that nitrogen concentrations decrease in these two plots with age, but the absolute values vary significantly. In the plot Želivka all four needle year classes have the nitrogen amount under the sufficiency level (13,000 mg.kg<sup>-1</sup>). On the contrary, high nitrogen amounts also in older needle year classes (over 15,000 mg.kg<sup>-1</sup>) were stated in the plot Luisino údolí. They confirm high long-term load by nitrogen deposition in this locality.

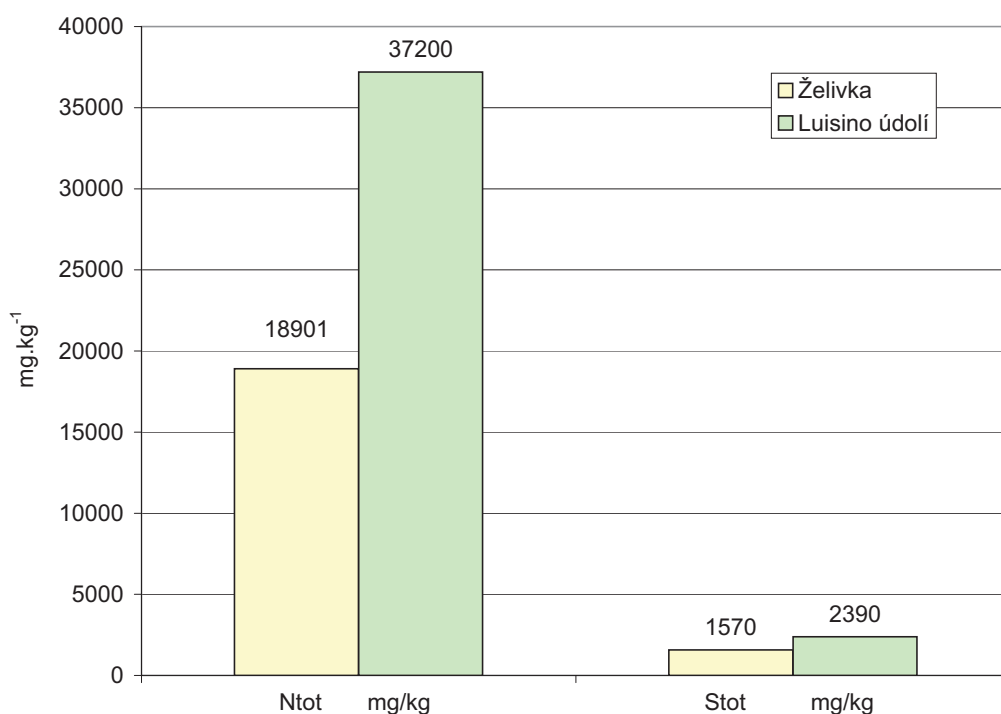
Oba regiony, kde se nacházejí sledované plochy, se v minulosti odlišovaly mírou zátěže imisemi síry. Na dřívě silněji zatížené ploše v Luisině údolí, stejně jako na dřívě slabě zatížené ploše Želivka, stoupají koncentrace síry s věkem jehličí. Vyšší, ale stále normální hodnoty koncentrace síry, byly zjištěny v jehličí na ploše Luisino údolí.

V roce 2009 bylo provedeno na obou plochách hodnocení stavu nadzemní vegetace. Z porovnání výsledků hodnocení nadzemní vegetace na obou srovnávaných plochách vyplynulo, že vyšší podíl nadzemní vegetace vyjádřený celkovou sušinou je na ploše intenzivního monitoringu Luisino údolí, kde byla zjištěna na zkusné ploše hmotnost nadzemní biomasy 128,06 g (640,3 kg.ha<sup>-1</sup>) a největší podíl tvořily dřevo opadavých dřevin a trávy. Na ploše Želivka byla stanovena sušina biomasy na zkusné ploše ve výši 86,95 g (434,8 kg.ha<sup>-1</sup>) a její největší podíl tvořily mech a trávy. Podíl trav byl na obou plochách prakticky srovnatelný 32,34 g na Želivce a 38,75 g v Luisině údolí. Chemická analýza trav z obou lokalit (viz obr. 4.3) potvrdila vyšší zátěž Orlických hor deponice dusíku a síry jak v minulosti, tak v současné době.

*The two regions, where the monitored localities are situated, were of different load by sulphur imission in the past. In the plot Luisině údolí, of higher load, same as in the plot Želivka, of low load, the sulphur concentrations are higher with higher age of needles. Increased, but still normal, sulphur concentrations were measured in needles of the plot Luisino údolí.*

*In 2009, in the two plots, evaluation of the overground biomass was done. Comparing of the results within the two plots shows, that higher amount of overground biomass, expressed in total dry mass, was in the plot Luisino údolí, where the weight of overground biomass was 128.06 g (640.3 kg.ha<sup>-1</sup>), with the highest proportion of wood of broadleaved species and grasses. In the plot Želivka dry biomass in the sample plot was 86.95 g (434.8 kg.ha<sup>-1</sup>) and the highest proportion were mosses and grass. Proportion of grasses was approximately the same in the two plots, 32.34 g in Želivka and 38.75 g in Luisino údolí. Chemical analysis of grasses in the two localities (Fig. 4.3) confirmed higher load of sulphur and nitrogen deposition, within the plot in Orlicke Mts., both today and in the past.*

**Obr. 4.3:** Porovnání koncentrace dusíku a síry v sušině odebraných trav na ploše Luisino údolí a Želivka / Comparison of nitrogen and sulphur concentration in dry matter of the grass samples taken in the plots Luisino údolí and Želivka



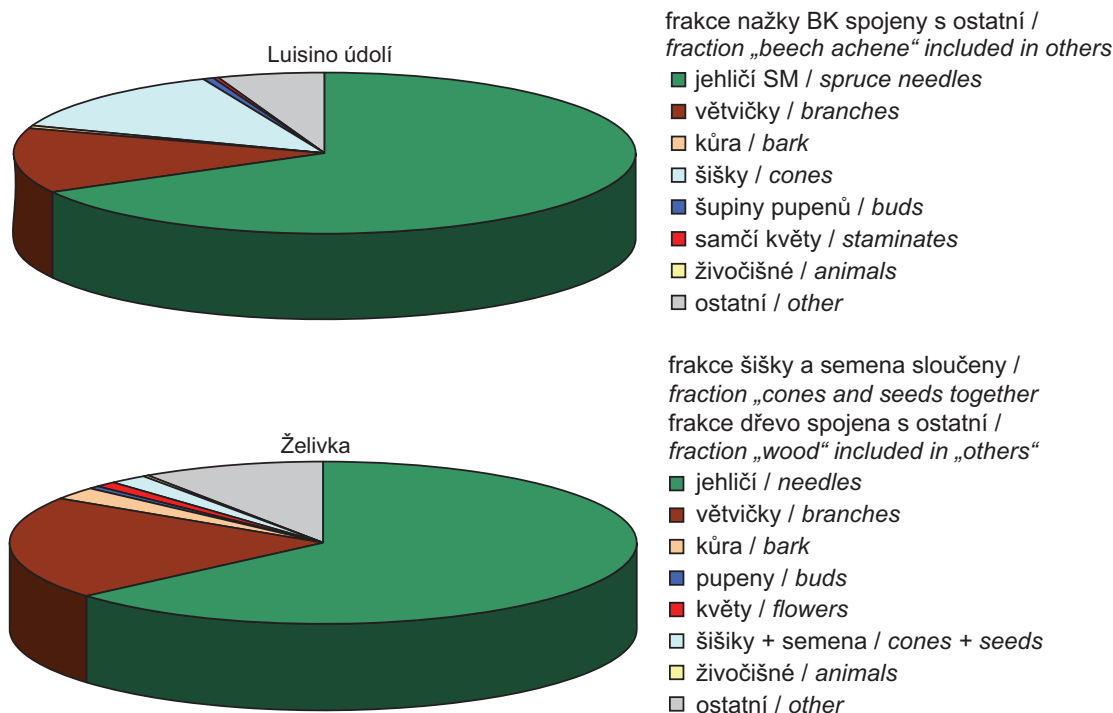
Z obrázku je zřejmé, že obsahy dusíku v trávě byly více než dvojnásobně vyšší na ploše v Luisině údolí (37 200 mg.kg<sup>-1</sup>) oproti Želivce (18 901 mg.kg<sup>-1</sup>). Z přepočtu na hmotnost vyplývá, že v travním pokryvu je na ploše v Luisině údolí vázáno přibližně 7.2 kg N.ha<sup>-1</sup> oproti 3,1 kg N.ha<sup>-1</sup> na Želivce. Vyšší koncentrace síry (2 390 mg.kg<sup>-1</sup>) byly stanoveny v trávě odebrané na ploše v Luisině údolí oproti Želivce (1 570 mg.kg<sup>-1</sup>). Stanovení v obou případech byla v souladu s výsledky získanými při analýze jehličí.

*The figure shows that nitrogen amounts in grass were more than twice higher in the plot Luisino údolí (37,200 mg.kg<sup>-1</sup>), compared to Želivka (18,901 mg.kg<sup>-1</sup>). Re-calculated for the total mass, it means that in the grass in Luisino údolí there is about 7.2 kg N. ha<sup>-1</sup>, compared to 3.1 kg N.ha<sup>-1</sup> in Želivka. Not that significantly, but still higher sulphur concentrations (2,390 mg.kg<sup>-1</sup>) were stated in grass taken in the plot Luisino údolí, compared to Želivka (1,570 mg.kg<sup>-1</sup>). The amounts stated corresponded also to the results of needle analysis.*

## Opad

Sledování opadu jeho množství a složení se na monitoračních plochách provádí v průběhu celého roku. Pro porovnání obou ploch byly použity výsledky zjištěné v roce 2009. Množství stanoveného opadu je uvedeno na obr. 4.4.

Obr. 4.4: Množství stanoveného opadu na plochách Luisino údolí a Želivka v roce 2009 / Litterfall amount in the plots Luisino údolí and Želivka in 2009



Z uvedených obrázků vyplývá, že na ploše Luisino údolí bylo v roce 2009 v opadu sebráno 287,73 g jehličí, které tvořilo 67 % z celkového množství opadu, ostatní složky představovaly hmotnost 141,78 g. Na ploše Želivka tvořil opad jehličí 63,7 % z celkového množství (350,49 g), zbývající frakce dosáhly hmotnosti 199,18g.

Z analýz opadu (jehličí a ostatních složek) vyplynulo (obr. 4.5), že koncentrace dusíku v jehličí opadu je vyšší v Orlických horách na ploše Luisino údolí ( $10\,794\text{ mg.kg}^{-1}$ ), ve srovnání se Želivkou ( $8\,156\text{ mg.kg}^{-1}$ ). Naopak v ostatních frakcích byly vyšší koncentrace dusíku zjištěny na ploše Želivka.

I když jsou patrné rozdíly v koncentraci dusíku v opadu jehličí a ostatních frakcí, při přepočtu na množství opadu zjistíme, že v opadu jehličí je vázáno přibližně stejné množství dusíku, a to  $20,7\text{ kg.ha}^{-1}$  na ploše Luisino údolí a  $19,1\text{ kg.ha}^{-1}$  na ploše Želivka. Výraznější, ale opačný rozdíl je pak u ostatních frakcí – na ploše Želivka je vázáno přibližně  $20,3\text{ kg N.ha}^{-1}$  na ploše Luisino údolí  $13,5\text{ kg}$ . Minimální rozdíly jsou v koncentraci síry v opadu jehličí a v ostatních frakcích na porovnávaných plochách. Ty jsou i při přepočtu na celkovou sušinu, kdy se množství vázané síry v roce 2009 pohybuje lehce pod  $2\text{ kg.ha}^{-1}$  na ploše Želivka a do  $1,5\text{ kg.ha}^{-1}$  na ploše Luisino údolí.

## Litterfall

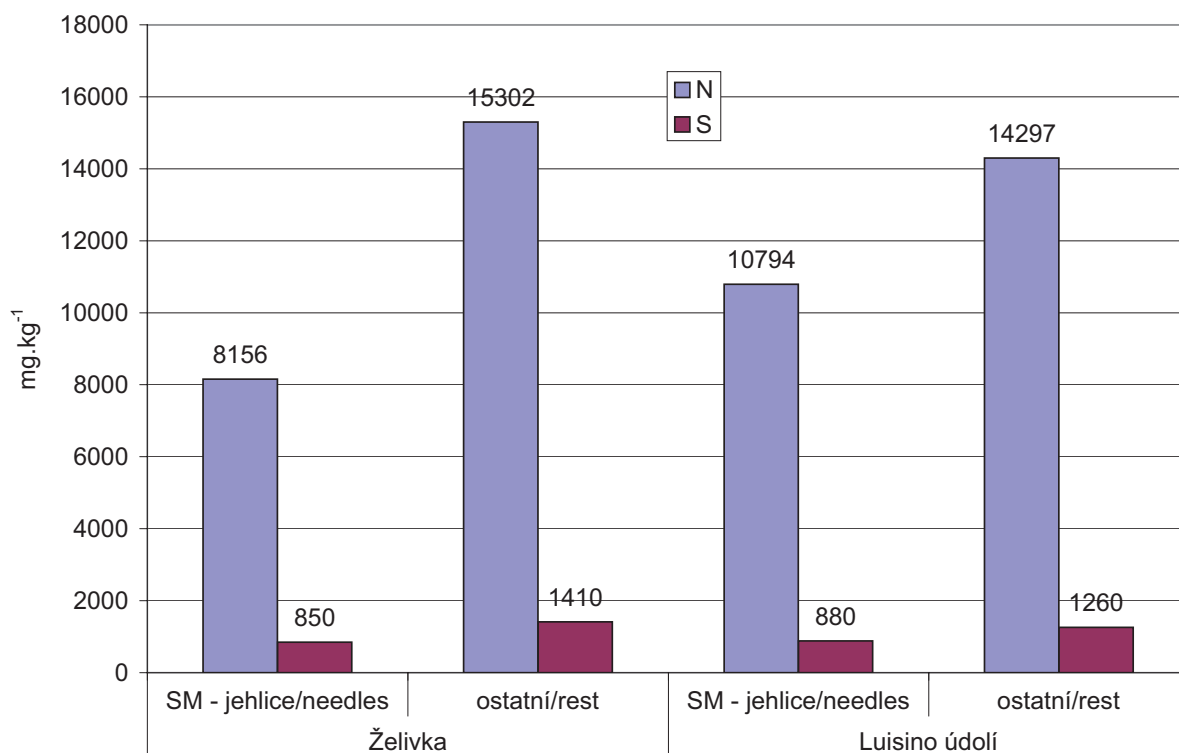
Study of litterfall, its amount and composition, is done during the whole year in the monitoring plots. To compare the two above mentioned localities, the results of the 2009 were used. Amount of litterfall collected is presented in Fig. 4.4.

The graphs show, that in the plot Luisino údolí in total 287.73 g of needles was collected in 2009. It was 67% of the total amount of litterfall, other components have represented 141.78 g. In the plot Želivka needles were 63.7% of the total amount (350.49 g), weight of other fractions was 199.18 g.

Litterfall analyses (needles and other components) show (Fig. 4.5), that nitrogen concentrations in litterfall-needles were higher in Orlicke Mts., Luisino údolí ( $10\,794\text{ mg.kg}^{-1}$ ), compared to Želivka ( $8\,156\text{ mg.kg}^{-1}$ ). On the contrary, higher nitrogen concentrations were in other fractions, in the plot Želivka.

In spite of visible differences in nitrogen concentration in litterfall, both in needles and other fractions, recalculated to total litterfall, nitrogen amount was similar in the plot Luisino údolí –  $20.7\text{ kg.ha}^{-1}$ , and in Želivka –  $19.1\text{ kg.ha}^{-1}$ . More significant, but opposite, is the difference between other fractions – in Želivka about  $20.3\text{ kg N.ha}^{-1}$ , in Luisino údolí  $13.5\text{ kg}$ . Differences of sulphur concentrations in needles and in other fractions are minimal between the two plots compared. Recalculated for total dry mass, sulphur amount was slightly lower than  $2\text{ kg.ha}^{-1}$  in Želivka, and up to  $1.5\text{ kg.ha}^{-1}$  in Luisino údolí, in 2009.

Obr. 4.5: Koncentrace dusíku a síry v opadu na plochách Luisino údolí a Želivka v roce 2009 / Concentrations of nitrogen and sulphur in litterfall in the plots Luisino údolí and Želivka in 2009



## Půdní roztok

Na obrázku 4.6 jsou uvedeny výsledky sledování z let 2008 a 2009, porovnávající koncentrace  $N_{tot}$  a  $S_{tot}$  v půdní vodě pod humusovým horizontem a v hloubce 30 cm minerální půdy na plochách intenzivního monitoringu Luisino údolí a Želivka.

Koncentrace  $N_{tot}$  byly pod humusovou vrstvou v obou letech mírně vyšší na ploše Želivka (až 5,02 mg/l) a naopak v hloubce 30 cm byly koncentrace  $N_{tot}$  výrazně vyšší (2,23 mg.l<sup>-1</sup>) na ploše Luisino údolí. Obě plochy se také odlišují v koncentracích síry (S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), zatímco v půdní vodě pod humusovým horizontem jsou průměrné koncentrace síranů vyšší na ploše Luisino údolí, v půdní vodě v minerální půdě je tomu naopak.

Při přepočtu koncentrací celkového dusíku v půdní vodě vyplynulo, že v roce 2009 se v půdním roztoku pod humusovou vrstvou nachází srovnatelné množství dusíku 10,6 a 9,8 kg.ha<sup>-1</sup>. Dlouhodobá zátěž lokality Luisino údolí depozicemi dusíku se projevuje výrazně vyššími hodnotami  $N_{tot}$  ve 30 cm (25 kg.ha<sup>-1</sup>) oproti slabě zatížené Želivce (1,7 kg.ha<sup>-1</sup>).

Odlišná historická, ale i současná zátěž imisemi síry se výrazně projevuje na hodnocených plochách. V roce 2009 bylo na ploše Luisino údolí pod humusovým horizontem stanoveno 16,32 kg síry na ha oproti 6,82 kg na ploše Želivka. Stará a dlouhodobá zátěž imisemi síry se projevuje i v půdním roztoku ve 30 cm minerální půdy, a to 34,78 kg síry na ploše Luisino údolí ve srovnání s 14,62 kg na ploše Želivka.

Provedená hodnocení jednoznačně ukazují, že se obě plochy nacházejí pod rozdílným depozičním vlivem. Pokračující vyšší vstup dusíku, než je jeho výstup (vyplavování) půdní vodou, vede ke kumulaci dusíku a k postupnému nasycování lesního ekosystému na ploše Luisino údolí v Orlických horách. To dokazují

## Soil solution

In Fig. 4.6 the results of investigation of 2008 and 2009 are shown, comparing the concentrations of  $N_{tot}$  and  $S_{tot}$  in soil water under the humus horizon, and in 30 cm of mineral soil, within the intensive monitoring plots Luisino údolí and Želivka.

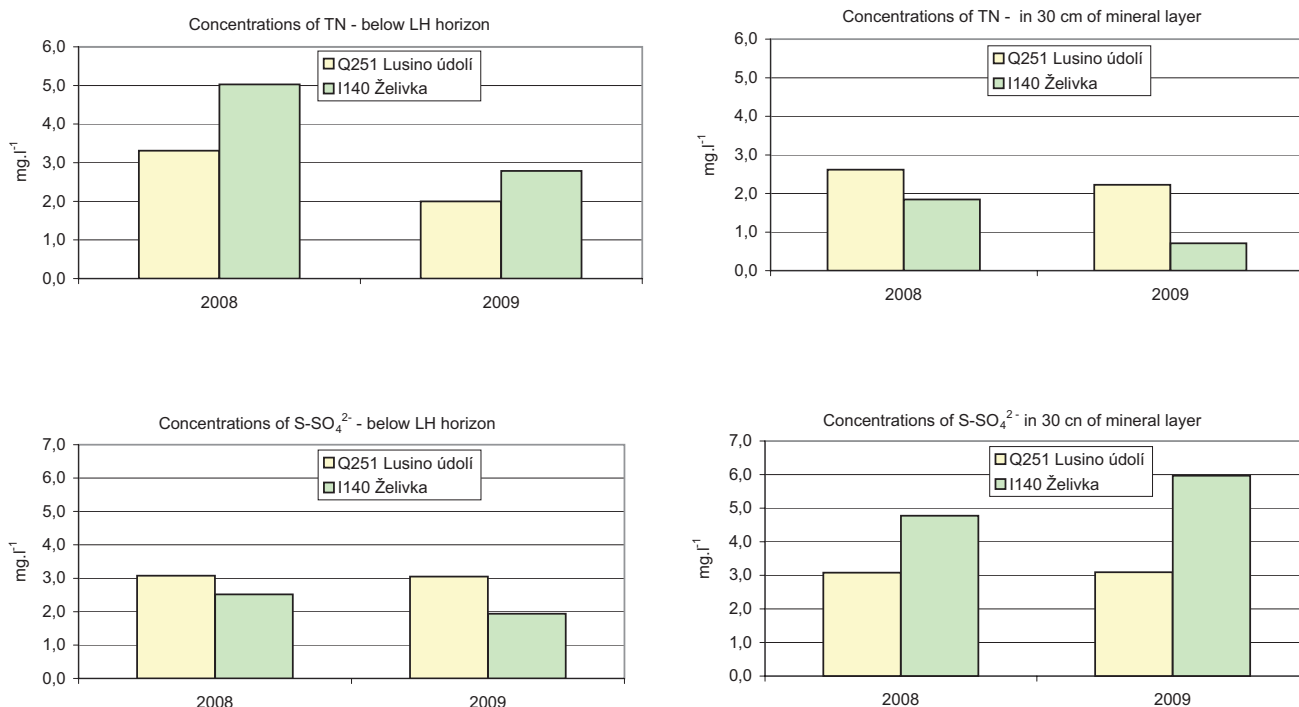
Concentrations of  $N_{tot}$  under humus horizon were slightly higher in the plot Želivka (up to 5.02 mg/l) in the two years measured. On the contrary, in 30 cm of mineral soil, concentrations of  $N_{tot}$  were significantly higher (2.23 mg.l<sup>-1</sup>) in the plot Luisino údolí. The two plots vary also in sulphur amount (S-SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>). In soil solution under humus horizon the average concentrations of sulphur compounds are higher in the plot Luisino údolí, contrarily; concentrations in mineral soil are higher in the plot Želivka.

Recalculated these concentrations to total nitrogen amount in soil solution, in 2009, in soil solution under humus horizon, nitrogen amount was similar in the two plots 10.6 and 9.8 kg.ha<sup>-1</sup>, respective. Long-term load of the plot Luisino údolí by nitrogen deposition results in significantly higher  $N_{tot}$  values in 30 cm (25 kg.ha<sup>-1</sup>), compared to moderately loaded Želivka (1.7 kg.ha<sup>-1</sup>).

Different historical and recent load by sulphur imission is of importance in the two plots compared. In 2009, in Luisino údolí, under the humus horizon, the amount of sulphur stated was 16.32 kg.ha, compared to 6.82 kg in Želivka. Old and long-term sulphur emission load is visible also in soil solution in 30 cm of mineral soil – 34.78 kg of sulphur in the plot Luisino údolí, compared to 14.62 kg in Želivka.

Evaluation shows that deposition impact is different in the two plot compared. Ongoing higher nitrogen input, over-exceeding the output (leaking) in soil water, results in cumulating of nitrogen and slow saturation of the forest ecosystem within the plot Luisino

Obr. 4.6: Koncentrace  $N_{tot}$  a  $S_{tot}$  v půdní vodě pod humusovým horizontem a v hloubce 30 cm minerální půdy na plochách Luisino údolí a Želivka /  
 Concentration of  $N_{tot}$  and  $S_{tot}$  in soil solution under the humus horizon and in the depth of 30 cm in mineral soil in the plots Luisino údolí and Želivka



vysoké koncentrace dusíku v jehličí a nadzemní vegetaci a rovněž vysoké koncentrace dusíku v půdním roztoku. Naopak pod nižším depozičním tlakem se nachází monitorační plocha Želivka. Množství dusíku vstupujícího do ekosystému je srovnatelné s jeho vyplavováním půdní vodou, hodnotené složky ekosystému jsou ve stavu, který svědčí spíše o potřebnosti dusíku (asimilační orgány, nadzemní vegetace).

Vstupy síry jsou na obou plochách nižší než jejich výstupy. Množství síry v půdní vodě je výrazně vyšší na ploše Luisino údolí. Přestože se na obou plochách jedná o rozdílné množství lze jej charakterizovat jak důsledek staré imisní zátěže ze 70 a 80 let minulého století.

údolí in Orlické Mts. This is proved by high nitrogen concentrations in needles and aboveground vegetation, and also high nitrogen concentrations in soil solution. The monitoring plot Želivka is under much lower nitrogen pressure. Amount of nitrogen input into the ecosystem is comparable to its output in soil solution, the state of individual parts of the ecosystem evaluated (assimilation organs, overground biomass) confirms rather lack of nitrogen.

Sulphur inputs are lower than the outputs within the two plots. Sulphur amount in soil water is much higher in Luisino údolí. In spite of different amount of sulphur within the two plots, in both cases it is a result of high sulphur load in the 1970s and 1980s.



## 5. VODNÍ BILANCE LESNÍCH POROSTŮ

Akce je zaměřena na hydrické funkce lesů a v České republice probíhá na deseti plochách intenzivního monitoringu, v evropských zemích na 146 plochách. Cílem je poskytnout podklady pro vývoj modelů vodní bilance lesních ekosystémů s využitím dat z ploch IM. Tato část programu je narozdíl o předchozích akcí zaměřena pouze na zahájení měření vybraných doplňkových parametrů a sběr dat, neboť krátké období řešení projektu FutMon neumožňuje komplexní hodnocení výsledků. To proběhne až v rámci navazujících aktivit.

Dostupnost půdní vláhy výrazným způsobem ovlivňuje vitalitu dřevin a celkový stav lesních porostů. Stanovení vodní bilance ekosystémů je také základním krokem pro pochopení řady fyziologických procesů, jako je příjem živin, růst či reakce dřevin na stresové faktory biotického i abiotického charakteru. Dosavadní program intenzivního monitoringu v rámci programu ICP Forests zahrnoval podstatnou část vstupních veličin potřebných pro modelování vodní bilance, stejně jako odezvu ve zdravotním stavu porostů. Cílem akce D3 bylo sjednotit a doplnit potřebná měření, aby byla využitelná pro testování a následné využívání modelů vodní bilance v celém spektru lesních ekosystémů Evropy. Vstupní údaje modelů zahrnují zejména meteorologická data, hodnocení vody v půdě, fenologická pozorování, hodnocení růstu dřevin, biotická poškození i hodnocení zdravotního stavu dřevin. Z tohoto přehledu je patrné, že plochy aktivity D3 vycházejí z plně vybavených ploch IM1, některé činnosti jsou úzce provázány i s aktivitami D1 (tloušťkový přírůst dřevin, fenologie, LAI) i D2 (chemismus půdního roztoku) a jsou dále doplněny o vyhodnocení a měření speciálních parametrů: měření teploty půdy, objemové vlhkosti půdy a půdního vodního potenciálu, stanovení retenčních křivek lesních půd, hodnocení podporostních srážek.

### Měření půdních parametrů

V roce 2009 bylo připraveno a zahájeno nové měření půdních parametrů na všech plochách D3. Měřidla byla rozmístěna ve třech hloubkách minerální půdy, v 10 cm, 30 cm a 50 cm, které charakterizují zónu hlavního prokořenění pro jehličnany i pro porosty listnatých dřevin. V každé z těchto vrstev bylo nainstalováno jedno čidlo měření půdní teploty (Pt100), dva sádrové bločky pro měření půdního vodního potenciálu a tři reflexní čidla objemové vlhkosti půdy Campbell CS616. Půdní teploměry i sádrové bločky byly instalovány pomocí jehlové sondy, čidla vlhkosti půdy byla umístěna do tří vykopaných sond. Při výkopu a následném zahrnutí byla věnována pozornost zachování původního sledu půdních vrstev, aby bylo měření minimálně ovlivněno narušením půdního prostředí. Přístroje měří kontinuálně, data jsou zaznamenávána v hodinových intervalech a několikrát denně předávána pomocí modemů do ústředny. Průběžný vývoj jednotlivých charakteristik je dostupný i na webových stránkách Výzkumného ústavu lesního hospodářství a myslivosti ([www.vulhm.cz/xxx](http://www.vulhm.cz/xxx)).

Měření teploty půdy a objemové vlhkosti půdy při použití výše popsáných čidel lze považovat za exaktní, sádrové bločky slouží pouze pro stanovení orientační hodnoty půdního vodního potenciálu (SWP). Jejich přesnost je při nižších hodnotách SWP omezená, měření však dobře slouží pro identifikaci období vodního stresu, kdy SWP rychle překračují hodnoty  $-1$  MPa. Přesnější hodnoty SWP pro využití v modelech vodní bilance lesních porostů lze pak stanovit výpočtem z objemové vlhkosti půdy a retenčních křivek.

## 5. WATER BUDGETS OF THE FOREST STANDS

*The action is focused on hydric functions of forests, in the Czech Republic it is carried on in 10 plots of intensive monitoring, in European countries in 146 plots. It is aimed to collect data for water budget modelling of the forest ecosystems, with the use of the data of IM plots. This part of the programme only includes initiation of measuring and data collecting of selected parameters, as a complex evaluation is not possible within the short period of the FutMon project. This will be done within following activities.*

*Availability of soil moisture affects significantly tree vitality and state of the forests stands in general. Stating of the water budget in the ecosystems is also a basic step in understanding of many physiological processes, as nutrient uptake, growth, tree reaction to stress factors of biotic and abiotic origin. Up to date programme of intensive monitoring under ICP Forests included decisive part of input data for water budget modelling, same as for the response of the forest stands reflected in health state. Aim of D3 action was to unify and complete measuring, to be used in testing and modelling of water budget within the whole spectrum of European forest ecosystems. Input data of the models are mainly meteorological data, evaluation of water in soil, phenological observation, growth, biotic damage, and health state of forest tree species. It means that the D3 plots are based on the fully equipped IM1 plots, some activities are closely bind also to D1 (diameter growth, phenology, LAI) and D2 activities (soil solution chemistry), and they are completed with measuring and evaluation of some special parameters: soil temperature, soil moisture volume and soil water potential, retention curves of forest soils, evaluation of throughfall precipitations.*

### Measuring of soil parameters

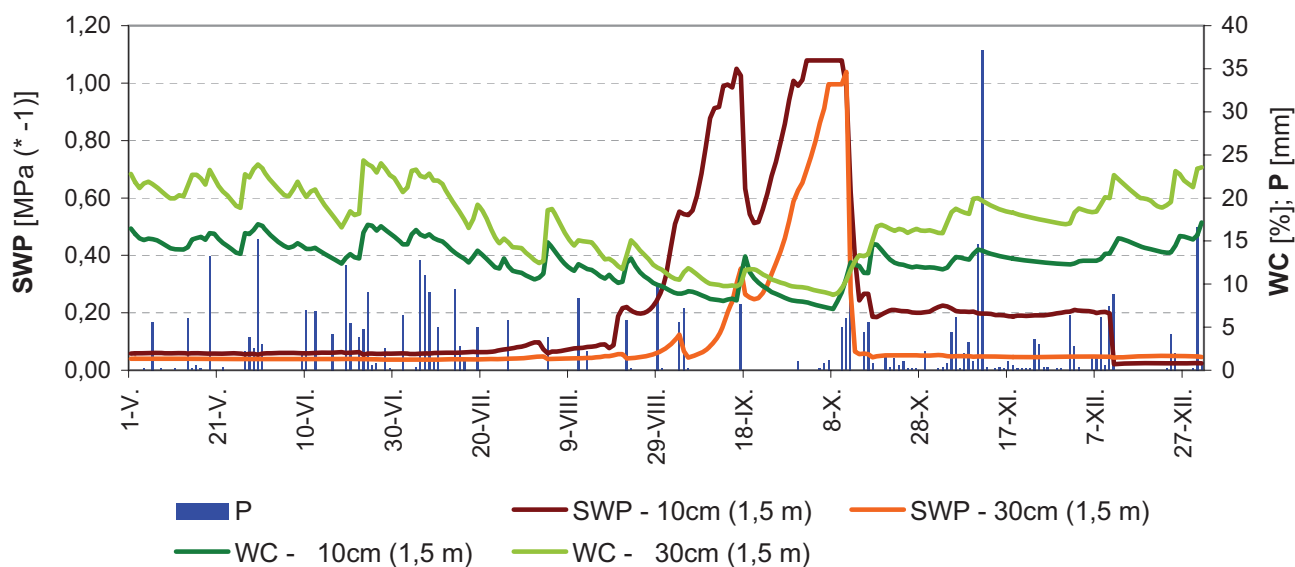
*In 2009 new measuring of the soil parameters was installed and initiated in all the D3 plots. Measuring equipment was placed in three depths of mineral soil, in 10 cm, 30 cm and 50 cm, characterizing the main rooting zone of conifers and broadleaves. In each level one sensor for temperature measuring (Pt100) was installed, two gypsum blocks to measure soil water potential, and three reflex sensors Campbell CS616 to measure soil moisture volume. Soil thermometers and gypsum blocks were installed using spine probe, soil moisture sensors were placed in three soil pits. When digging and recovering the probe, original layering of the soil was preserved, as far as possible, to minimize disturbing of the soil environment. The meters work continuously; data are recorded in one-hour intervals and sent to the centre via modem several times per day. Development of individual parameters is available also in websites ([www.vulhm.cz/xxx](http://www.vulhm.cz/xxx)).*

*Measuring of soil temperature and water content with the use of mentioned equipment (probes) is exact, gypsum blocks give only approximate values of SWP. In lower values preciseness is limited, however, measuring can be used to identify period of water stress, where the SWP values soon overcome the value of  $-1$  MPa. More precise SWP used in modelling of water budget of the forest stands can be calculated of the soil water content and retention curves.*

Obr. 5.1: Instalace čidel objemové vlhkosti půdy na ploše Lásenice /  
Installing of the sensors of soil moisture



Obr. 5.2: Průběh hodnot srážek (P), objemové vlhkosti půdy (WC) a půdního vodního potenciálu (SWP) v bukovém porostu na ploše Všetec v suchém období na podzim 2009 /  
Development of precipitations (P), water content and soil water potential (SWP) in the beech plot Všetec, in dry period of autumn 2009



Z obrázku je patrné prosychání půdních horizontů, ke kterému docházelo v průběhu září a října v důsledku nedostatku srážek.

The picture shows drying of the soil horizons during September and October due to lack of precipitations.

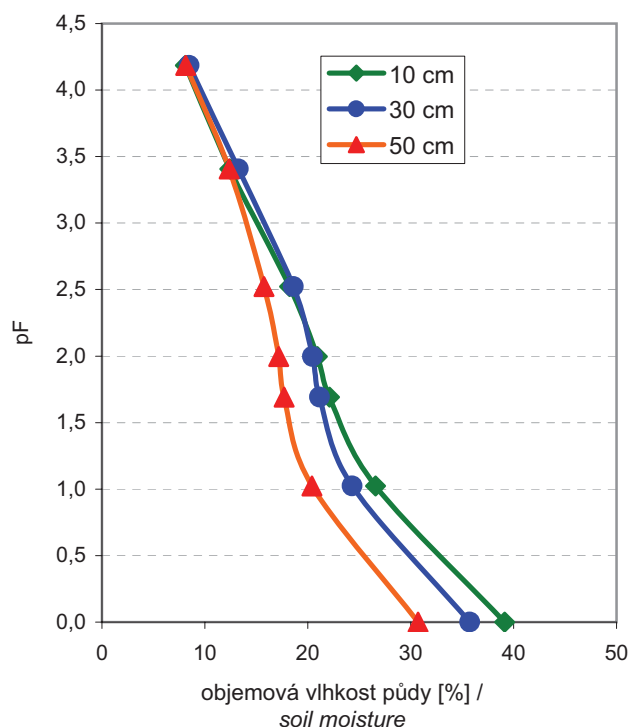
## Stanovení retenčních křivek

Retenční křivka popisuje schopnost půdy zadržovat vodu při různé vlhkosti. Pro stanovení retenčních křivek byly na všech plochách odebrány vždy tři opakování objemových vzorků půdy z hloubek 10 cm, 30 cm a 50 cm. V laboratořích Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy byl pro jednotlivé vzorky stanoven průběh retenčních křivek při sacím tlaku 0 kPa (polní kapacita), 1 kPa (gravitační voda), 5 kPa, 11 kPa, 34 kPa (kapilární voda), 103 kPa, 250 kPa a 1485 kPa (bod vadnutí).

## Stating of retention curves

Retention curve describes retention capacity of soil under different soil moisture conditions. To state the retention curves volume samples were taken in three repetitions, in the depths of 10 cm, 30 cm and 50 cm, in all the plots. In the laboratory of the Research Institute of Amelioration and Protection of Soil, development of the retention curve was stated for individual samples, under suction pressure 0 kPa (field capacity), 1 kPa (gravitation water), 5 kPa, 11 kPa, 34 kPa (capillary water), 103 kPa, 250 kPa and 1,485 kPa (wilting point).

Obr. 5.3: Retenční (pF) křivky v porostu borovice na ploše Benešovice / Retention curves (pF) in the pine stand of the plot Benešovice



## Hodnocení podporostních srážek

Většina modelů vodní bilance lesních porostů vyžaduje kromě údajů o srážkách na volné ploše také informaci o srážkách dopadajících na půdu pod lesním porostem. Ty jsou sníženy o množství vody zachycené v korunách – intercepci. Množství podporostních srážek v desetidenním intervalu je měřeno při pravidelných odběrech vzorků pro stanovení atmosférických depozic na plochách intenzivního monitoringu. Pro výpočet denních hodnot byl použit přepočít tohoto množství pomocí výsledků automatického měření srážek na meteorologické stanici na blízké volné ploše. Pouze na vybraných plochách bylo zahájeno kontinuální měření podporostních srážek pomocí soustavy srážkoměrných koryt s elektronickým záznamem dat.

## Evaluation of throughfall precipitations

Most of the water budget models of the forest ecosystems needs, besides the data on bulk precipitations, also information on throughfall precipitations. They are lower in the amount of water taken by the tree crowns - interception. Amount of throughfall precipitations, in ten-day intervals, is measured in regular sampling of atmospheric deposition, in the plots of intensive monitoring. To calculate daily values, results of automatic precipitation measuring at the meteo-station, situated in open plot close to the intensive monitoring plot, were recalculated. Continuous measuring of throughfall precipitations was initiated only in selected plots, using the set of gutters with electronic data-recording.