

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Katedra botaniky



**Vliv monokulturního lesního hospodaření na
biodiverzitu rostlin v krajině**

Bakalářská práce

Jakub Němeček

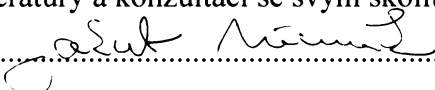
Praha 2009

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Jaroslav Vojta

Bř. 19/03/07
12.1.08

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem předloženou bakalářskou práci vypracoval zcela sám pouze s pomocí uvedené literatury a konzultací se svým školitelem.

Podepsán.......... v Praze dne..... 6.8.2009.....

Poděkování:

Rád bych poděkoval svým rodičům za podporu během studia a Mgr. Jaroslavu Vojtovi za odbornou pomoc při konzultacích.

Obsah

Abstrakt.....	5
1 Úvod.....	7
2 Literární přehled.....	9
2.1 Co předcházelo rozvoji lesních monokultur?	9
2.2 Vliv vývoje porostu na rostliny.....	11
2.3 Různé přístupy managementu v lese	13
2.4 Druhá bohatost závislá na kvalitě půdy	17
2.5 Závěr	20
3 Návrh diplomové práce.....	22
3.1 Návrh pokusu	22
3.2 Popis studované lokality	22
3.3 Metodika pokusu.....	23
4 Citovaná literatura.....	24

Abstrakt

Lesy obsahují značnou část diverzity rostlin na naší planetě. Stejně je tomu i ve střední Evropě, kde za poslední staletí prošly rozsáhlou přeměnou. Měnil se způsob využití, i prostředky managementu, které přinesly znehodnocení krajiny. Proto se dnes stala prioritou záchrana jejich druhové bohatosti a návrat k přirozenému stavu. Avšak pro správný přístup k ochraně lesa je nutné znát jeho přírodní procesy, které uvnitř působí.

Cílem této práce je postihnout co největší rozsah interakcí, které ovlivňují řízené monokulturální lesy, aby bylo možné je navrátit zpět do původního stavu a přispět tak k zachování dědictví přírody i dalším generacím.

Při přečtení článků z posledních let věnujících se danému tématu, jsem dospěl k závěru, že situace především v zemích západní Evropy se zlepšuje velice rychle. Bohužel přeměna monokulturálních lesů v České republice je daleko pomalejší.

Klíčová slova: diverzita rostlin, střední Evropa, management, přírodní procesy, monokulturální lesy, krajina

Abstract

Woodlands includes great deal of plant diversity on our planet. It is the same in Central Europe, where they have undergone large conversions during the last centuries. The utilization use and management tools have been changed, resulting in landscape devaluation. Cosequently, the priority today is the preservation of its diversity and return to its natural state. However, for the right approach to the conservation of the woodland, it is nessesary to know its natural processes, which interact within.

The aim of this work is to affect the largest possible amount of interactions, which affect plantation forests monocultures, in order for them to return back to their natural state and contribute to conservate the legacy of the nature for future generations.

While reading articles from the last few years , dealing with this issues, i have come to the conclusion, that the situation in the countries of western Europe is improving very fast. Unfortunately, the conversion of the monocultural woodlands in the Czech republic is much slower.

Key words: plant diversity, Central Europe, management, natural proceses, monoculture woodland, landscape

1 Úvod

Podíl přirozených lesů na naší planetě neustále klesá. Odhaduje se, že je každým rokem vytěženo okolo 13 milionů ha lesa, což představuje zhruba 0,3 % jejich celkové rozlohy. Značná část této rozlohy je nadále využívána jako zemědělská plocha. Avšak nemalá část je přeměněna na lesy sekundární, na kterých je často pěstována jen jedna rychle rostoucí dřevina. Tyto lesy představují zatím pouze 3,5 % celkové rozlohy přirozených lesů. Avšak každoroční nárůst rozlohy sekundárních lesů je okolo 2% jejich rozlohy. To představuje 2-3 miliony ha každý rok. Podle Organizace OSN pro výživu a zemědělství a Mezinárodní unií lesnických výzkumných organizací jsou tyto lesy stanoveny pro sázení jedné nebo více původních i introdukovaných dřevin v procesu po odlesnění původního lesa. Těžba je zde prováděna často s krátkou frekvencí a to do 30 let po osázení. Porost pak většinou tvoří stejnověké dřeviny. Přínos monokulturních lesů pro diverzitu lesů je značně diskutabilní. Je třeba znát dostatek informací, za jakých podmínek a za jakým cílem monokultura vznikla. Vhodnost založení monokultury může být pouze na místech, která byla v nedávné minulosti vykácená a okolní krajina zůstala zalesněná. To vše pak přináší nejen hezčí pohled na krajinu, ale i možnost migrace druhů, pro které by nelesní společenstva mohla tvořit nepřekonatelnou překážku jejich dalšího rozšiřování nebo horší ochranu. Monokultury navíc poskytují další prostor, který může množství druhů využít ke kolonizaci a uchovat si tak svůj areál. Nelze však k sázeným lesům přistupovat jako k vhodné náhradě za přirozené lesy, nýbrž jako k alternativě za zemědělsky využívanou krajinu (Brockhoff et al., 2008).

Ve značné části západní Evropy došlo k velké přeměně původních lesů na monokultury a to až z 90% jejich původní rozlohy. Stalo se tak v důsledku nárůstu potřeby dřeva jako primární suroviny pro spoustu výrobků, například stavbu lodí a k topení. Jejich místo i zde zaujaly lesy mnohdy monokulturní, osázené rychle rostoucími druhy dřevin. Pro dnešní management se stalo prioritní otázkou, jak v těchto lesích zvýšit druhovou rozmanitost, aby se dosáhlo podobné diverzity jako v přirozených lesích. Z tohoto důvodu je nejdříve nutné zjistit, jakým způsobem je sázený les ovlivňován. Ve studii French et al. (2008) došli k závěru, že les je řízen skrze několik složek. Jednou z nich je geografie terénu, která v sobě nese historickou stopu, zároveň obsahuje geologii podloží a jeho elevaci. Geografie terénu vysvětluje více než 10% variability vegetace v lese. Další z nich je management, který zahrnuje výšku porostu, objem ponechaného dřeva na stanovišti, věk porostu a pokryvnost, která ovlivňuje prostupnost viditelného světla pro bylinné patro. Tato samostatná složka vysvětluje necelých

13 % variability. V neposlední řadě působí na rostliny půda. Ta se svými 11, 6 % zaujímá druhé místo co do velikosti ovlivnění. Zahrnuje v sobě pH, vlhkost a dostupnost živin. Celkově tak postihují více než 45 % zjištěné variability. V této práci bych se proto rád zaměřil hlouběji na tato témata a přinesl o nich dostatek informací.

2 Literární přehled

2.1 Co předcházelo rozvoji lesních monokultur?

V průběhu posledních několika tisíc let docházelo k mýcení lesů v důsledku zvyšující se spotřeby dřeva pro lidskou společnost. Byla vytěžena značná část přirozených lesů, a proto hlavně v průběhu posledních 400 let docházelo ke změně krajiny. Snaha zajistit dostatek dřeva pro zvyšující se lidské potřeby byla řešena pomocí introdukce rychle rostoucích druhů dřevin. Ve 20. století byla jednou ze „spásných“ dřevin i *Pinus strobus* (borovice vejmutovka), vysazovaná nejen v západní Evropě, ale i nás. Tento druh, původem ze Severní Ameriky, se velice rychle naturalizoval a začal se šířit do původních porostů tvořených převážně bukovo-jedlovými lesy (Peterken, 2001).

Využití managementu tvorby lesa bylo vždy součástí obnovy opuštěných území a jinak nevyužívaných území. Nejčastěji, i přes svůj sporný přínos, bylo použito a stále se používá zalesnění formou monokulturního lesa. Přes své nesporné nevýhody může být dobrým mezičlánkem nelesního společenstva a budoucím přirozeným lesem (Shoyama, 2008).

K takovému zalesnění dochází převážně v posledních dvou stoletích. Z nevyužívaných pastvin a polí vznikají monokulturní lesní společenstva. Jsou však zřejmé rozdíly v počtech druhů na těchto stanovištích v závislosti na předchozím využití. Například dřívější pole nebo zahrady mají častější výskyt ruderalních druhů. Kontinuálně zalesněná stanoviště nebo pastviny mají nižší dostupnost živin. Na druhou stranu místa, která byla v minulosti značně disturbovaná, mají menší podíl rostlin pomalu kolonizujících nová stanoviště. Takovou skupinou jsou například geofyty (Koerner et al., 1997).

K podobným závěrům došli v práci Fraterrigo et al. (2009). V sekundárních lesích byla menší frekvence rostlinných druhů, které se hojně vyskytovaly v lesích s kontinuální existencí. Za historický vliv vedoucí k vlivu na rostliny je prosvětlení korunového patra po lesnickém zásahu. Počet druhů byl opět vyšší na stanovištích s dostatkem živin. Svou roli hraje již zmiňovaná migrace nových druhů do porostu, které mnohdy brání stav prostředí. V kontinuálních lesích je tedy čas na straně nesporně migrujících druhů.

V hospodářských lesích severního Německa byly porovnávány lesy vysázené v posledních 200 letech, které tvořily převážně monokultury *Pinus silvestris* (borovice lesní). Jednu skupinu tvořily lesy zalesněné již od devatenáctého století a druhou skupinu tvořily lesní

porosty ze století dvacátého. Zatímco pět druhů, mezi nimi i *Oxalis acetosella*, bylo prokazatelně spjata se staršími lesy, šest jiných druhů bylo častějších v nových porostech, příkladem může být *Galium aparine*. Avšak počet druhů byl v obou skupinách porostů stejný. Důležitým, a pro nás zajímavým poznatkem bylo, že 41 druhů bylo prokazatelně spjata s lesy, které dříve byly pastvinami oproti lesům, kde byla dříve orná půda. Toto ukazuje, že důležitou roly hrají historické vlivy, které na dané místo působí a zanechávají znatelnou stopu do budoucna (Wulf M., 2004).

Porovnání dvou rozdílně starých lesů bylo i ve studii D'Amato et al. (2009). Ve starých lesích připadá druhová bohatost a diverzita na vrub množství mikrohabitatů, které les vytváří. Neustále se však přirozenými disturbancemi korunového patra zajišťuje vhodné prostředí i pro ranně sukcesní druhy.

Další poznatky přináší práce Jaroslava Vojty (2007), která přibližuje výskyt druhů v opuštěných vesnicích Doupovských hor. Vegetace sekundárních lesů je značně odlišná od vegetace lesů, které neprošly citelným zásahem člověka. Ovlivnění variability připadá na vrub nedostatku živin, tedy hlavně limitujícího fosforu, a gradientu půdní vlhkosti. To má za následek přítomnost druhů, které jsou více nitrofilní. Příkladem může být: *Alliaria petiolata*, *Anthriscus sylvestris*, *Geum urbanum*, *Urtica dioica* a další.

Hino Takafumi a Tsutomu Hiura (2009) jdou v své práci ještě dál a označují historické vlivy za silnější než aktuální environmentální faktory. V sázených lesích bylo pozorováno snižující se druhové bohatství v závislosti na frekvenci sadby. Ta vedla ke stále větší homogenizaci prostředí a neutvářela dostatek vhodných mikrohabitatů pro rostliny. Navíc na stanovištích zalesněných jehličnany docházelo ke snížení pH humusové vrstvy půdy. Nesnadná dekompozice jehlic pak způsobovala jejich akumulaci. To vše mělo negativní vliv na rostliny.

Pokud bychom se podívali na předchozí intenzitu využívání zemědělské půdy, která je dnes využívána pro lesnické monokultury, zjistíme i zde rozdílný výskyt rostlin podle určité techniky. V Estonsku se bývalá pole zalesňují hybridním druhem topolu (*Populus tremula* a *Populus tremuloides*) Tato stanoviště jsou značně prosvětlená, a proto zde můžeme počítat s převážně travinnými společenstvy. Jakmile bylo v předchozí technice orby použito řádkování je pozorováno množství travin - například: *Dactylis glomerata*, *Deschampsia cespitosa* *Lathyrus pratensis*. Druhové bohatství je větší než u jiné použité techniky. V případě orby celého pole je na druhou stranu vyšší výskyt například druhu *Myosotis arvensis*.

Jak již bylo řečeno, trvá vliv lidské populace na lesní společenstva několik staletí a jeho následky můžeme pozorovat dodnes. Historický vliv byl dokonce vyčíslen ve studii Svenning et al. (2009) až 13 % z celkové variability ovlivňující bylinné patro. Lesnické zásahy

v posledních 200 letech tedy mají značný vliv na druhové složení. Nejčastější proměnou dnes prochází les mírného pásu, kde žije převážná část populace. Dodnes se na některých místech používá management prováděný formou holoseče a následné odvodnění stanoviště. Cílem je opět přeměnit listnaté lesy na nejčastěji jehličnaté monokultury (Svenning et al., 2009).

2.2 Vliv vývoje porostu na rostliny

Druhová rozmanitost rostlin na stanovišti je ovlivněna řadou faktorů. Přesto můžeme pro autotrofní organismy, které jsou sesilní, považovat světlo a půdu jako stěžejní. Podle reakcí na světlo můžeme rostliny rozdělit do dvou základních skupin. Jednou z nich jsou rostliny stínomilné, které nevyhledávají přímé ozáření, ale raději zastíněná stanoviště (jak již sám název napovídá). Tyto rostliny můžeme častěji najít v lesích jehličnatých, které zajišťují dostatek stinných míst- díky celoročnímu zastínění podrostu. Příkladem pro nás může být druh *Dryopteris dilatata*. Druhou skupinou jsou pak rostliny světlomilné, které vyhledávají prosluněná stanoviště. Příklady můžeme hledat mezi *Calamagrostis epigejos*, *Deschampsia cespitosa*, *Rubus fruticosus* a *Pteridium aquilinum*. Těmto rostlinám může být vhodným místem listnatý les nebo les s dostatkem otevřeného korunového patra. Takové rostliny jsou v monokulturních lesích zahrnujících často v našich podmínkách jehličnaté porosty závislé na intenzivních lesnických zásazích. Holoseč je tedy vhodným prostředkem pro zvýšení počtu druhů světlomilných rostlin na daném stanovišti, zvláště pokud je pH na stanovišti vyšší (K.J.Kirby, 1988).

Na stanovištích, která jsou zalesněná jehličnatými monokulturami, popřípadě jsou zde monokultury starých buků, byla však pozorována nižší diverzita oproti lokalitám se smíšeným porostem. A navíc průběžně narušovaná stanoviště vykazují vyšší počet druhů rostlin oproti stanovištím s intenzivní těžbou (Koerner et al., 1997). Z těchto pozorovaných skutečností je možné utvořit digitální mapy rozvoje lesního společenstva a predikovat tak budoucnost porostů. Studie Skov & Svenning (2003) na základě systému geografických informací, map topografie, půd a enviromentálních gradientů stanovišť vytvořila potenciální rozšíření šedesáti nejčastějších druhů rostlin. Tyto výsledky věrohodně odpovídaly s pozorováním prováděným na studovaných místech. Je však obtížné zahrnout do výzkumu větší množství druhů pro časovou náročnost při získávání dat.

Druhová bohatost je také značně závislá na stádiu vývoje, ve kterém se les nachází. Na území Irska byla pozorování prováděna na dvou typech lesa v průběhu času. Jedním z nich byla

stanoviště s *Picea sitchensis* (Smrk sitka), kde bylo napočítáno průměrně 13 druhů cévnatých rostlin. Oproti stanovištím s porostem dřeviny druhu *Fraxinus excelsior* (Jasan ztepilý), kde byl průměrný počet druhů 19. Situace však nebyla stejná v průběhu času. Počty druhů byly variabilní jak u *Picea sitchensis* (Smrk sitka), kde se pohybovaly na nižších hodnotách, tak u *Fraxinus excelsior* (Jasan ztepilý). Cyklus lesa byl v obou případech rozdělen do pěti skupin podle stáří, které reprezentovaly jednotlivá stádia. V jehličnatém lese byl počet druhů nejvyšší hned po holoseči a ve vzrostlém lese. Naopak nejnižší počet druhů byl ve třetí části, tedy ve věku lesa 8-37 let od doby poslední holoseče. Jiných výsledků bylo dosaženo v listnatých lesích, kde počet druhů klesal v závislosti na stáří porostu. Vysvětlení se nachází v rozdílném zastínění přízemního patra v průběhu růstu dřevin, kde je zřejmý sestupně lineární vztah mezi pokryvností lesa a druhovou bohatostí rostlin (George F. Smith et al, 2008).

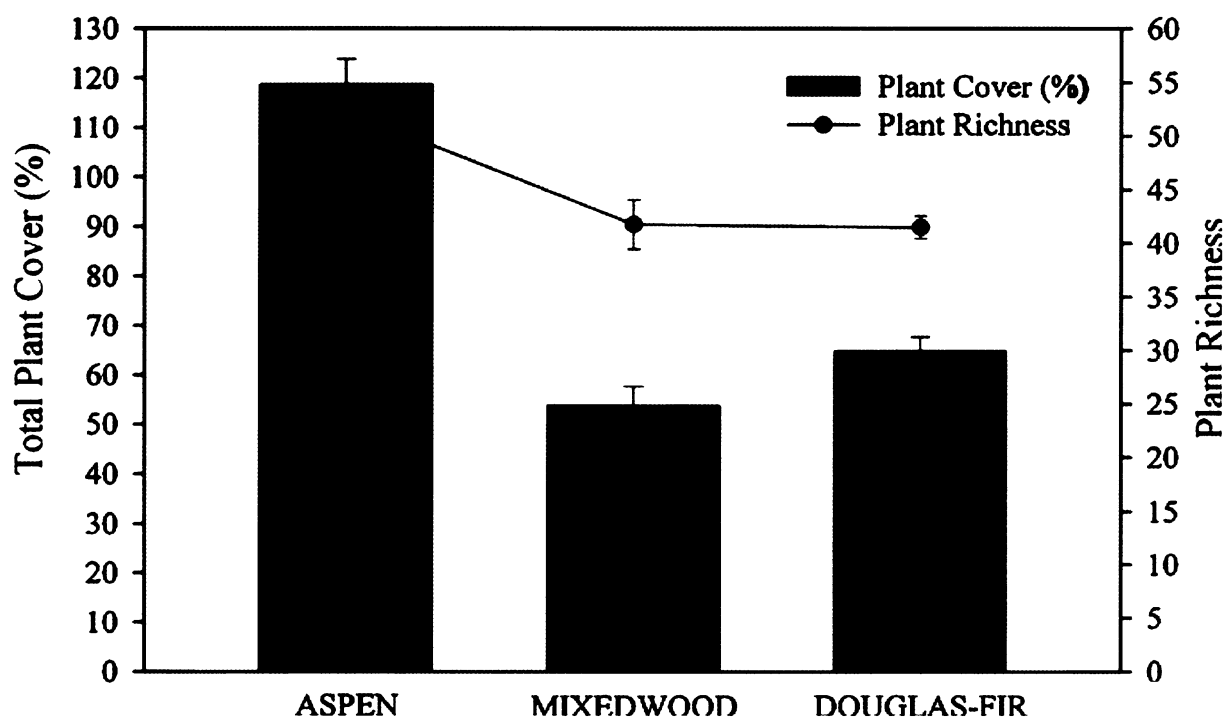
V hospodářských lesích Švédska je také patrná změna v počtu druhů rostlin v průběhu času, avšak sledovaná z jiného úhlu pohledu. Ve čtyřech oblastech byl zjištěn rozdíl mezi diverzitou na stanovištích obnovovaných holosečně a na stanovištích kácených clonnou sečí (Hannerz & Hånell, 1997). Zde jsou jasně patrné vyšší hodnoty Simpsonova indexu pro diverzitu a počet druhů na místech, která jsou kácena druhým způsobem. Tento výsledek je připisován střední míře disturbance, mírnému zastínění a množství dostupného dusíku.

Důležitost světla je nejen pro rostliny v posledním stádiu, ale i pro semennou banku a semenáčky. Přestože hustota semenáčků přízemního patra v jehličnatých lesích je vyšší u mladých porostů oproti starým, je počet druhů naopak nižší. Důležitější však je, že v průběhu cyklu lesa mohou nenávratně zmizet některé světlo milné druhy, které jsou typické pro listnaté lesy (L. Augusto et al., 2001).

Efekt popsáný v předchozích studiích byl rovněž sledován v nepůvodních jehličnatých lesích, které byly vysázeny v místech primárně zalesněných stromy druhu *Nothofagus dombeyi* (pabuk jižní). Tato změna vedla k homogenizaci struktury habitatu, značnému poklesu počtu druhů a jejich abundance. Například celkový počet druhů, zaznamenaných na ploše čtyř oblastí severozápadní Patagonie, byl u přirozených lesů téměř dvakrát větší než u nepůvodních lesů. Zdůvodnění opět padá na vrub rozdílnému zastínění a ploše holé půdy na stanovištích (J. Paritsis & Aizen, 2008).

V Britské Kolumbii, v lesích se stromy druhu *Populus tremuloides* (Topol osikovitý), které jsou obklopeny lesy s druhem *Pseudotsuga menziesii* var. *Glauca* (Douglaska tisolistá šedá) je jistá analogie. V obou případech se ovšem jedná o původní druhy v této oblasti. Průměrná druhová bohatost bylin byla zaznamenaná opět vyšší v listnatých porostech a to 25 druhů oproti 16 druhům v jehličnatých porostech. Signifikantní rozdíl je i v pokryvnosti rostlin mezi

těmito dvěma skupinami porostů (viz **Obr. 1**). To naznačuje určitý zdroj rostlinných druhů v těchto listnatých lesích pro okolní jehličnaté lesy (Oaten & Larsen, 2008).

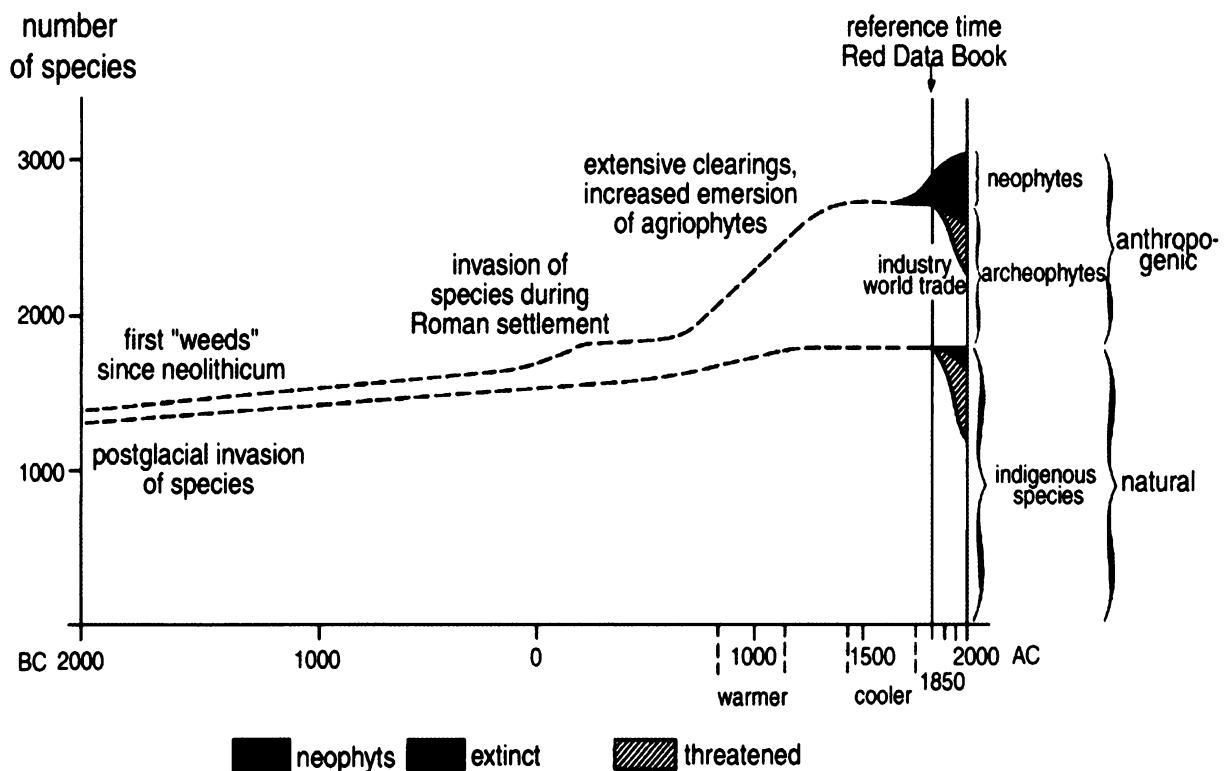


Obr. 1. Celková druhová bohatost na stanovištích *Populus tremuloides* (Topol osikovitý), smíšených stanovištích a stanovištích *Pseudotsuga menziesii* var. *Glauca* (Douglaská tisolistá- šedá) (Oaten & Larsen, 2008).

2.3 Různé přístupy managementu v lese

Klíčovým nástrojem, skrze který je ovlivňována druhová bohatost, je v neposlední řadě management. Ještě jednou je potřeba se na chvíli zastavit a nahlédnout do historie hospodaření v kulturních lesích. Jak již bylo řečeno, lesy ve střední Evropě jsou využívány již po mnohá staletí. Z paleontologického výzkumu pylových zrn je patrné, že historické lesy byly husté a málo prosvětlené (Kenk et al., 2001; Svenning, 2002), avšak některé studie potvrzují spíše parkový typ krajiny (Birks H.J.B., 2005). Po následném příchodu prvního člověka docházelo k mýcení a pálení rozsáhlých ploch doposud nedotčených lesů. Způsob využití dřeva byl velice rozmanitý od prostého spálení až po tvorbu různých nástrojů a výrobků. Na vymýcených plochách vznikala nová pole, nebo alespoň louky pro pastvu dobytka. Přesto, nebo spíše právě proto, byl až do 19. století zaznamenán nárůst druhové bohatosti v oblasti střední Evropy. Stalo se tak díky prosvětlení kdysi neprostupných lesů a invazi archeofytů a neofytů, které byly zavlečeny člověkem v posledních staletích. Poté se však situace změnila a do dnešní doby dochází k postupnému snižování diverzity (viz **Obr.2**).

Děje se tak zřejmě v důsledku následné homogenizace prostředí, rozšiřování lesů a to převážně monokulturních, ve kterých je množství odlišných podmínek pro rostliny oproti přirozeným lesům. Rozloha přirozených nebo přírodě blízkých listnatých lesů střední Evropy byla zredukována z původních 66% na pouhých 33%, zbytek tvoří jehličnaté lesy (Kenk et al., 2001). Dřevo již není natolik stěžejní surovinou, jakou bylo v minulosti, a proto se například roční těžba ve Švýcarsku pohybuje na úrovni 65-77 % ročního nárůstu dřeva v tamních lesích. Pro udržení druhové rozmanitosti v cyklu lesa hrají důležitou roli disturbance. Jednou z možností je právě kácení a těžba stromů. Je však potřeba zvolit správný postup, intenzitu i frekvenci takovýchto disturbancí, aby nedocházelo k nadměrnému poškozování lesních porostů. Nestabilita prostředí a lesní zásahy způsobují převážně mortalitu dominantních druhů dřevin. Tato skutečnost je příznivá pro druhy méně početné, které mají možnost obsadit uvolněnou niku. Pro lepší dosažení kýženého cíle je však potřeba používat rozdílných přístupů. Stejný postup v managementu by naopak mohl vést k ještě větší homogenizaci krajiny (Wohlgemuth et al., 2002; Kembel et al., 2008).



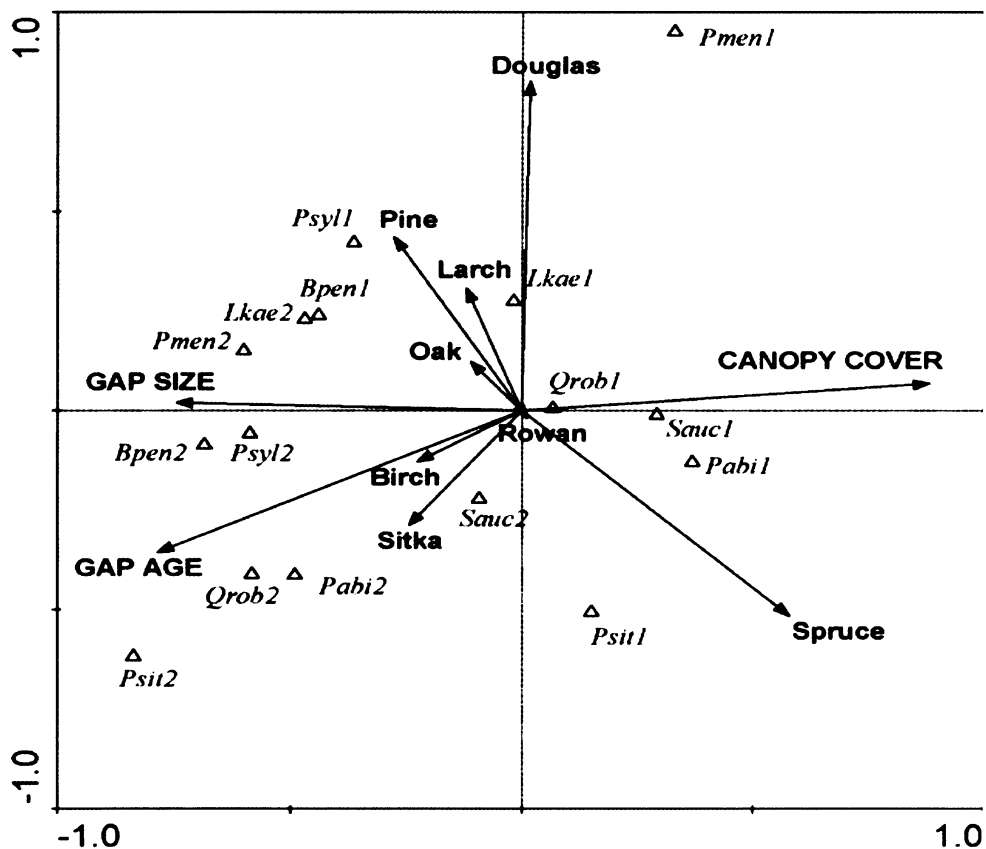
Obr. 2. Druhové bohatství cévnatých rostlin v průběhu posledních 2000 let. Nárůst, popř. pokles lidmi introdukovaných rostlin. Převzato z Wohlgemuth et al. (2002).

Les má dnes více způsobů využití. Je potřeba nejen zajistit dostatek dřeva, jako suroviny s širokým uplatněním, ale i druhové rozmanitosti pro jeho estetickou stránku. Důležitou

vlastností lesa je také retence a ochrana spodní vody. Proto se v západních zemích stalo pravidlem upřednostňovat míšení různých druhů dřevin, typických pro danou lokalitu. Odměnou je pak možnost využití dřeva na širší spektrum výrobků, méně drahá obnova porostu, vyšší estetická hodnota, diverzifikovanější život, lepší odolnost proti škůdcům a zvětšení nutričního cyklu lesa (Farrell et al., 2000; MacDonald et al., 2003). Tato snaha však mnohde naráží na odpor vlastníků lesních pozemků, kteří kalkulují s jinými čísly. Jejich výpočty o výnosu dřeva na hektar však zanedbávají přirozenou disturbanci, tedy ztráty, v podmínkách střední Evropy způsobované hlavně prostřednictvím silných větrů. Tyto přirozené jevy způsobují na lesních monokulturách nepůvodních dřevin často vyšší škody. Při porovnání druhů *Quercus robur* (dub letní) nebo *Quercus petraea* (dub letní) s druhem *Picea abies* (smrk obecný) je citlivost tohoto jehličnanu k poškození až desetkrát častější a v porovnání s *Fagus sylvatica* (buk lesní) čtyřikrát častější. Proto je vhodné přimístit 10-50% buku (*Fagus sylvatica*) do jehličnaté monokultury (Knoke et al., 2008; Molder, 2008; Pretzsch, 2009).

Ovšem ani přechod na bukové (*Fagus sylvatica*) monokultury není bez odezvy. Listový opad tohoto druhu je chudý na živiny, navíc zastínění korunového patra je vyšší oproti ostatním dřevinám (Jens- Christian Svenning et al., 2009).

Přirozeným způsobem obnovy lesa je tvorba světlin při vývratu stromů vlivem silného větru. Takováto stanoviště jsou vhodná pro světlomilné druhy rostlin, které rychle invadují. Rychlost jejich migrace je závislá hlavně na počtu a vzdálenosti jedinců, kteří se nacházejí v okolí (Dzwonko & Loster, 1998). Je zajímavé, že druhy, které jsou na stanovišti původní, mají vyšší procentuelní zastoupení ve světlinách oproti zastíněným místům, kdežto rostliny nepůvodní na daném stanovišti mají vyšší procentuelní zastoupení v zastíněných místech oproti světlinám, přesto jsou početnější za obou podmínek (viz **Obr. 3**). Nejpočetnějšími druhy borovicových (*Pinus sylvestris*) lesů, které zarůstají světliny, jsou *Sorbus aucuparia* (jeřáb ptačí) a *Betula pendula* (bříza bělokorá). Velice důležitým druhem je *Quercus robur* (dub letní), který má průměrné požadavky na světlo a úspěšně tak regeneruje v řídkých někdy dokonce i v hustých porostech jehličnanů (Jonášová et al., 2006, Zerbe et al., 2007, Zerbe et al., 2007).



Obr. 3. CCA analýza ukazující výskyt semenáčků. Rozdělení podle stavu stanoviště a druhu pokryvných stromů. Zkrácená slova: *Betpen*, *Betula pendula*; *Pinsyl*, *Pinus sylvestris*; *Sorauc*, *Sorbus aucuparia*; *Qerob*, *Quercus robur*; *Larkae*, *Larix kaempferi*; *Picabi*, *Picea abies*; *Picsit*, *Picea sitchensis*; *Psemen*, *Pseudotsuga menziesii*. Převzato z Jonášová et al. (2006).

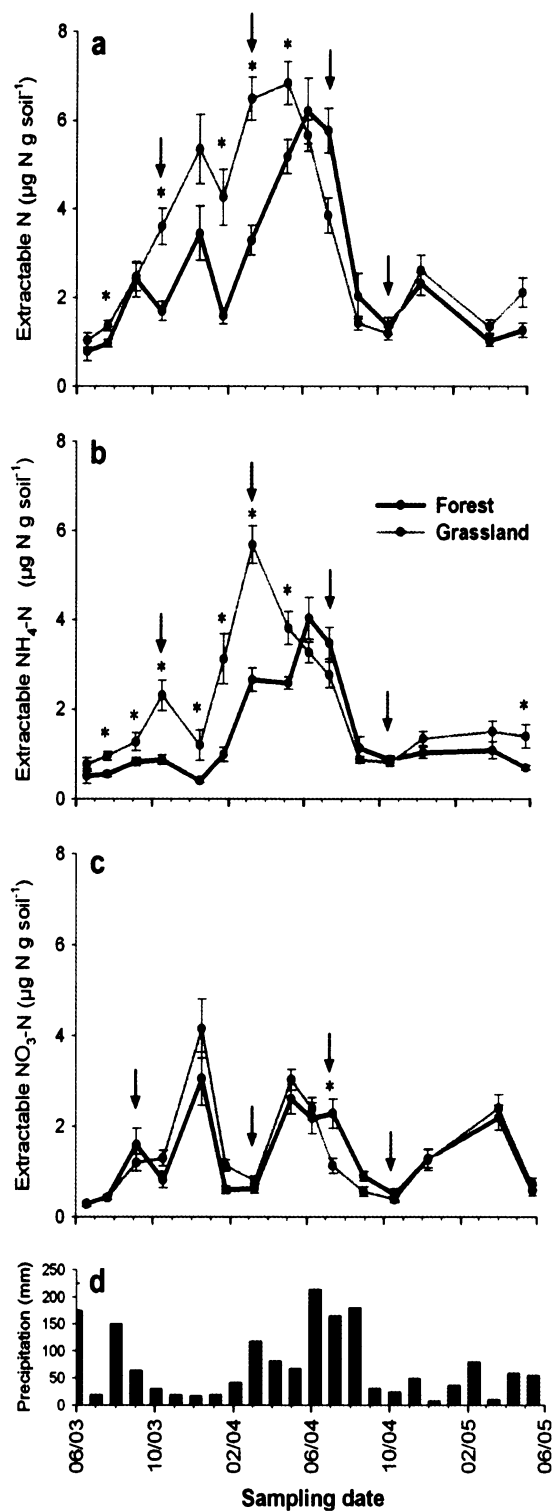
Působením lidské činnosti na les vznikají takzvané antropogenní disturbance. Může jimi být pouhý sešlap v důsledku nadměrné zátěže stanoviště (Dzwonko & Loster, 1997), zvláště v okolí měst a vesnic, ale hlavně řízený cyklus lesa (Ferris et al., 2000). Ten se skládá ze čtyř částí, mezi které patří: přípravné období, přechodné období, období vrcholné a závěrečné. Každé je charakteristické věkovou skladbou porostu a skupinami rostlin, které odráží jaké množství světla, které zde dopadá. V případě přeměny mladých stanovišť po lesnickém zásahu nedochází k natolik radikální přeměně jako u starých porostů. Je to dáno podobnou skladbou světlomilných rostlin, které nestačily konkurenčně nahradit stín tolerantní druhy. Dále pak druhově bohatší stanoviště jsou v průběhu disturbance stromového patra lépe chráněny před invazí nepůvodních rostlin a méně se tedy mění (De Grandpré & Bergeron, 1997).

Efekt těžby na sukcesy je ovlivněn intenzitou disturbance u použité metody. Často je však doprovázen poklesem pokryvnosti mechového patra a nárůstem travního společenstva. Nástup zaznamenají světlomilné druhy jako: *Rubus ideaus* (maliník obecný) a *Cirsium arvense* (pcháč rolní) (Kembel et al., 2008).

2.4 Druhá bohatost závislá na kvalitě půdy

Přeměna nelesních společenstev na lesní monokultury má zásadní vliv na cyklus prvků v půdě. Zalesnění způsobuje nárůst vázaného ekosystémového uhlíku. Naopak snížení volného dusíku pro byliny v důsledku amonifikace a nitrifikace, která na rozdíl od travinných společenství, probíhá u stromů po celé roční období (viz **Obr.4**) (Mc Kinley et al., 2008).

Při managementu lesa, který se dnes na mnohých místech uplatňuje formou stejnověkových monokultur, jsou patrné změny na úrovni jak v druhové bohatosti stanoviště, tak mezi stanovišti. V důsledku přeměny nestejnověkových porostů na stejnověkové monokultury dochází i ke značné homogenizaci půdy, protože stromy ovlivňují půdní chemismus více než byliny a keře. Záznamy pozorování z let 1967 byly porovnány s lesy z roku 2005 v práci Calster et al. (2007). Tato práce probíhala na 245 ha belgických lesů a měla mimo jiné za cíl zjistit, zda má změna na stejnověký porost vliv na půdní aciditu a postihnout skupiny rostlin, které jsou tuto změnu charakteristické. V tomto konkrétním případě bylo zjištěno, že horní humusová vrstva půdy do hloubky pěti centimetrů se stává kyselejší a to díky nárůstu stromové pokryvnosti hlavně u druhu *Fagus sylvatica* (buk lesní). Další nárůst byl u druhové diverzity stanoviště (alfa-diverzita). Naopak pokles byl zaznamenán v druhové diverzitě mezi stanovišti (beta-diverzita) a také v kvalitě humusu. Tuto změnu ovlivnila horší dekompozice listů stromu *F. sylvatica*. V těchto lesích se poté dařilo rudérálním druhům rostlin a také rostlinám, které byly stres-tolerantní. Pokud byl les následně vytěžen formou holoseče, pak zde došlo k nárůstu výskytu druhu *Epilobium* spp.



Obr. 4. Koncentrace extrahovatelného dusíku v půdě v průběhu času a v závislosti, zda se jedná o lesní společenstvo (vyplněné body) nebo louku (prázdné body). Převzato z Mc Kinley *et al.* (2008)

Signifikantní rozdíly však můžeme najít i u zalesnění různými typy dřevin. Ve velkých oblastech Číny dochází k přeměně vzdyzelených (neopadavých) listnatých porostů na

sekundární křoviny, popřípadě monokulturně zalesněné plantáže. Dochází zde k úbytku až jedné třetiny dostupného dusíku pro rostliny vlivem urychleného vstřebávání amonných iontů rychle rostoucími druhy jehličnatých monokultur. Pro vyváženost živin je proto vhodné doplnit tyto monokultury jinými druhy dřevin (Thelin et al., 2002). U listnatých lesů dochází navíc oproti lesům jehličnatým k rychlejší nitrifikaci a mineralizaci dusíku (Yan et al., 2008).

Avšak pozitivní vliv jehličnanů nastane při těžbě dřeva. Je tomu tak v případě, pokud je alespoň část lesnického odpadu, tedy jehličí a odřezků, ponechána na mýceném místě. U listnatých lesů je opad rychle rozložen a nehraje proto tak zásadní roli, jako je tomu u lesů jehličnatých. Vzniklá biomasa poslouží k vázání dostupného dusíku v prvních čtyřech týdnech od holoseče. V následujících týdnech dochází vlivem vyšší teploty k rozložení odpadu půdními mikroorganismy. Pokud by byl tento odpad odvezen a zužitkován například k výrobě energie, bude půdní horizont vymýván vodními srážkami daleko více. Ty způsobí nadměrnou eutrofizaci podzemních vod a výsledek se projeví v limitaci dusíku pro rostliny na vykáceném místě. (Grenon et al., 2004; Hazlett et al., 2007). Znovu zalesněná území mají nejnižší objem dusíku v půdě po zhruba 32 letech, kdy dosahuje poloviční úrovně oproti nezasaženým lesům. Avšak po zhruba jednom století se stav uhlíku navrátí k normální hladině (Diochon et al., 2009).

Nedílnou součástí půdy je semenná banka rostlin. Je to jedna z mála možností, jak navrátit stanoviště do jeho původního stavu. Jinou možností může být introdukce některých druhů člověkem. Tato cesta však není schůdná z pohledu ekonomického, navíc ji nelze uplatnit na všechny druhy. Další možností je migrace druhů z okolí. Zde může nastat problém, pokud nemáme dostatečně blízké nebo bohaté stanoviště. Počet druhů zaznamenaných současně v semenné bance i bylinném patru kolísá od 11% do 30 % podle stanovištních podmínek a typu využívaných lesnických zásahů (Augusto et al., 2001). S přibývajícím věkem stanoviště hustota semenáčků citelně ubývá. Porovnáme-li druhové bohatství podrostu se semennou bankou zjistíme, že ve většině případů bude vyšší (Augusto et al., 2001). Tuto skutečnost musíme mít na paměti vždy, když budeme chtít navrátit odlesněnou krajinu do původního stavu. Lze tak v určitých případech učinit maximálně z 86% (Augusto et al., 2001). Některé druhy jsou tedy v cyklu hlavně jehličnatého lesa ztraceny, ovšem neplatí to pro druhy *Luzula luzuloides*, *Moehringia trinervia* a *Rubus fruticosus*, které úspěšně přetrvávali pod smrkem ztepilým (*Picea abies*). V sázených lesích je pak značný výskyt vytrvalých semen druhu *Juncus spp.* (Augusto et al., 2001).

Ve starých lesích tvoří převážnou většinu zmiňované stín tolerantní rostliny. Tyto druhy produkují semena s krátkou životností a tudíž nízkou akumulací v semenné bance. Pokud

dojde k vykácení starého lesa, nejsou tyto druhy schopny opět vyrůst. Naopak dostatek semen zaznamenaných v půdě mají druhy *Rubus idaeus*, *Carex pallescens*, *Veronica chamaedrys*, *Hypericum perforatum* a *Agrostis capillaris*. U mladých stanovišť jsou to pak druhy *Epilobium adenocaulon*, *Festuca rubra* a opět *Agrostis capillaris* (Zobel et al., 2007).

Značný vliv na semennou banku má pH půdy. Ovlivňuje jak druhovou bohatost, tak hustotu semen. Lesy sázené na místech, která byla původně vřesovišti, mají nižší počet druhů v semenné bance, než lesy, které byly vysázeny na orné půdě nebo předchozím stanovišti lesa. (Eycott et al., 2006). Vřesoviště se tedy proto nehodí pro obnovu lesa. A to přestože některé vřesovištní druhy jako *Calluna vulgaris* a *Erica tetralix* přežijí v půdě pod sázenými jehličnany více než 80 let.

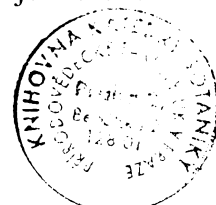
2.5 Závěr

První podnět k přeměně monokulturních lesních společenství vzešel z socio-politických rozhodnutí společnosti. V druhé polovině 18. století se v zemích západní Evropy, především ve Spolkové republice Německu, kde se objevila myšlenka návratu lesů zpět k přírodě (O'Hara, 2001; Gamborg, 2003).

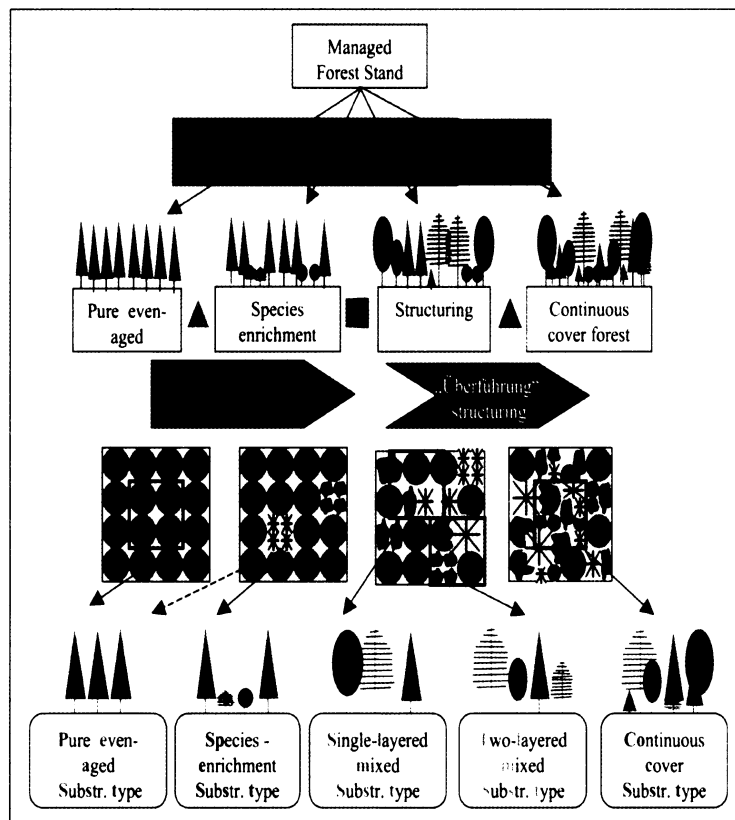
Je však nutné si uvědomit, co si pod tímto pojmem, který může být nahrazen podobnými výrazy, představit. Jedněmi je návrat k přírodě chápán jako určitá kompozice nebo struktura, kterou by se měl takový les vyznačovat. Pro jiné je však tento pojem spojen s přírodními procesy, které přirozeně působí v lesním společenstvu. Další možností je pak les řízený s malými lesnickými zásahy (Gamborg, 2003).

Pokud bychom se zaměřili pouze na management v přeměně lesních monokultur na společenstva diverzifikovanější, je potřeba znát porovnání jednotlivých přístupů, který z nich může být nejvhodnější. Jednou z možností je méně, či více intenzivní prosvětlení lesa pomocí výběrového prořezání. Další z možností je tvorba náhodných „gapů“, tedy světlin po jednotlivých stromech. Třetí možností jsou pak řízené „gapy“ na předem vytipovaných místech, která se vybírají na základě podmínek prostředí na daném místě. Tato možnost se v práci Kint et al. (2009) jeví jako nejvhodnější. Pro bylinné druhy jsou pak dále vhodnější kratší cykly lesa, které umožní přežít na stanovištích i druhům náchylnějším na nedostatek světla pod korunami stromů.

Takové výsledky potvrzuje i práce Zerby S. (2002), která se taktéž věnuje přeměně lesních monokultur střední Evropy na lesy bližší přírodnímu rázu. V porostech jehličnanů řízených



pouze malými zásahy byla kvalita semenáčků podobná v porovnání s lesy intenzivněji prořezávanými (viz **Obr.5**). Dosaženo bylo změny v druhovém složení bylin. V podrostu tak nastal úbytek druhů, které vyhledávají kyslejší prostředí a naopak byl zaznamenán nárůst druhů s afinitou k zásaditějšímu prostředí (Zerbe, 2002; Gärtner & Reif, 2004).



Obr. 5. Schéma postupu při přeměně monokulturního lesu ve strukturovaný, přírodě blízký les. Převzato z Gärtner & Reif, 2004.

Les se v takovém případě přibližuje přírodě blízkému charakteru a je lépe uzpůsoben pro více migrujících druhů. Od půdního horizontu až po korunové patro je patrná vyšší variabilita prostředí, která obsahuje dostatek nik pro rozdílné organismy (Spiecker, 2003).

3 Návrh diplomové práce

3.1 Návrh pokusu

Na základě informací získaných z vědeckých článků, které byly citovány v předchozí části, bych rád tématicky pokračoval v navazující diplomové práci. Přestože dosavadních poznatků o vlivu monokulturního lesního hospodaření na diverzitu rostlin v krajině je přehršel, není dostatek informací o variabilitě bylinných a keřových druhů na různých gradientech prostředí. Můžeme si pod tím představit například gradient vlhkosti, který je do značné míry závislý na reliéfu krajiny a nadmořské výšce. Dalším gradientem, který bych se rád snažil postihnout, by byl věk a struktura korunových porostů.

Druhou studovanou částí bude zjistit přínos jehličnanů na nepůvodních stanovištích. Objasnit, zda mohou místně nepůvodní druhy dřevin vytvořit prostředí, které by bylo vhodné pro další byliny a keře.

3.2 Popis studované lokality

Do současné doby bylo nejobtížnější nalézt vhodnou lokalitu mého bádání. Původním místem mého studia diverzity sekundárních lesů byly Doupovské hory v Karlovarském kraji. Vhodným místem se jevil Vojenský újezd Hradiště, který je dlouhodobě studován pracovní skupinou studentů Univerzity Karlovy v Praze pod vedením mého školitele Mgr. Jaroslava Vojty. Dostatek mapových podkladů a znalost terénu byla hlavním důvodem, proč byl z počátku tento prostor vybrán. Avšak po několika terénních průzkumech bylo zjištěno značné poškození porostu v důsledku kalamitního zpracování dřeva. Tento fakt bránil dalšímu pokračování ve studiu druhové bohatosti zdejších lesů. Jako alternativní místo byly vybrány lesy CHKO Křivoklátsko, které jsou z hlediska dostupnosti ještě vhodnější lokalitou.

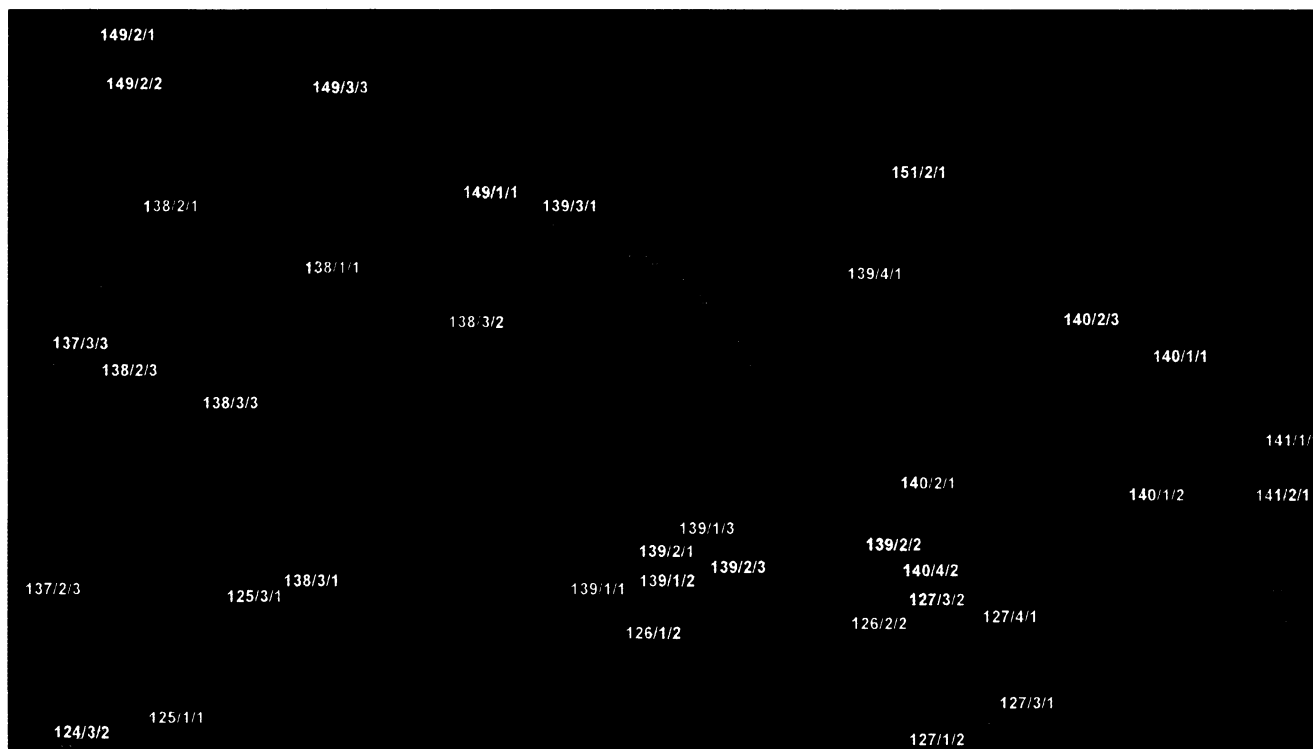
CHKO Křivoklátsko o rozloze 628 km² leží na západním okraji středních Čech v nadmořské výšce 223 m. Moje magisterská práce by měla postihovat katastrální území obcí Chlum u Rakovníka, Lužná u Rakovníka, Všetaty u Rakovníka, Rakovník, Křivoklát, Skřivaň, Zbečno, Sýkořice, Běleč, Lhota u Kamenných Žehrovic, Nový Dům, Ruda u Nového Strašecí, Pustověty, Městečko u Křivokláta, Ryšín, Lašovice, Kalubice, Velká Buková, Lány, Žilina, Bratronice u Kladna, Újezd nad Zbečnem, Roztoky u Křivokláta, Branov, Račice nad

Berounkou a Žloutkovice. Jde tedy převážně o území s kyselým matečným podkladem, které je však z pohledu mého studia velice zajímavé. Dalším zvažovaným místem byly lesy v okolí vesnice Pochvalov, které mají více bazický podklad. Avšak pro svoji topografii byly v konečné fázi výběru zavrženy jako nevhodná oblast.

3.3 Metodika pokusu

V předem zmiňovaných katastrálních území bude za pomoci vyžádaných lesnických map proveden sampling oblasti. Na dané oblasti bude za použití vhodných vektorů rozmístěno několik náhodně vybraných bodů, které tvoří vybraná stanoviště. Stanoviště budou v průběhu dvou sezón snímkovány a zpracovány v programu Turboveg for Windows.

Nesnadným úkolem je najít vhodná stanoviště, protože je nutné brát v potaz mnoho faktorů ovlivňujících druhové složení rostlin. Všechny tyto vlivy je potřeba minimalizovat, aby nezakreslily výsledky studia a neovlivnily tak závěry mé práce. Tato diplomová práce, by se pak mohla stát vhodným vodítkem pro řízení lesnických zásahů a přispět tak k zvýšení druhové bohatosti v sekundárních, mnohdy na daném místě nepůvodních, monokulturních lesů.



Obr. 6. Ukázka sampling design krajiny s vyznačenými body na gradientu vlhkosti druhové skladby porostu. Překryté mřížkou o rozměrech 500x500 metrů a mozaikou lesních sektorů.

4 Citovaná literatura

- Augusto L. et al. (2001) Potential contribution of the seed bank in coniferous plantations to the restoration of native deciduous forest vegetation. *Acta Oecologica* 22 (2001) 87-98
- Birks H.J.B (2005) Mind the gap: how open were European primeval forests? *Ecology and Evolution* Vol. 20 No. 4 April 2005
- Brockhoff E.G. ; Jactel, H; Parrotta, JA, et al (2008) Plantation forests and biodiversity: oxymoron or opportunity? *Biodivers Conserv* 17:925-951
- Calster Hans Van et al. (2007) Management driven changes (1967–2005) in soil acidity and the understorey plant community following conversion of a coppice-with-standards forest. *Forest Ecology and Management* 241 (2007) 258–271
- D'Amato Anthony W., Orwig David A., Foster David R. (2009) Understorey vegetation in old-growth and second-growth *Tsuga canadensis* forests in western Massachusetts. *Forest Ecology and Management* 257 (2009) 1043–1052
- de Grandpre Louis and Bergeron Yves (1997) Diversity and Stability of Understorey Communities Following Disturbance in the Southern Boreal Forest. *Journal of Ecology*, Vol. 85, No. 6 (Dec., 1997), pp. 777-784
- Dzwonko Zbigniew and Loster Stefania (1997) Effects of Dominant Trees and Anthropogenic Disturbances on Species Richness and Floristic Composition of Secondary Communities in Southern Poland. *Journal of Applied Ecology*, Vol. 34, No. 4 (Aug., 1997), pp. 861-870
- Dzwonko Zbigniew and Loster Stefania (1998) Dynamics of Species Richness and Composition in a Limestone Grassland Restored after Tree Cutting. *Journal of Vegetation Science*, Vol. 9, No. 3 (Jun., 1998), pp. 387-394

- Diochon A., Kellman L., Beltrami H. (2009) Looking deeper: An investigation of soil carbon losses following harvesting from a managed northeastern red spruce (*Picea rubens* Sarg.) forest chronosequence. *Forest Ecology and Management* 257 (2009) 413–420
- Eycott A. E., Watkinson A. R. and Dolman P. M. (2006) Ecological patterns of plant diversity in a plantation forest managed by clearfelling. *Journal of Applied Ecology* 2006 43, 1160–1171
- Eycott A.E., Watkinson A.R., Dolman P.M. (2006) The soil seedbank of a lowland conifer forest: The impacts of clear-fell management and implications for heathland restoration. *Forest Ecology and Management* 237 (2006) 280–289
- Farrell Edward P. et al. (2000) European forest ecosystems: building the future on the legacy of the past. *Forest Ecology and Management* 132 (2000) 5±20
- Ferris R., Peace A.J., Humphrey J.W., Broome A.C. (2000) Relationships between vegetation, site type and stand structure in coniferous plantations in Britain. *Forest Ecology and Management* 136 (2000) 35±51
- Fraterrigo Jennifer M., Pearson Scott M., Turner Monica G. (2009) The response of understory herbaceous plants to nitrogen fertilization in forests of different land-use history. *Forest Ecology and Management* 257 (2009) 2182–2188
- French J. L. , et al. (2008) Ground flora communities in temperate oceanic plantation forests and the influence of silvicultural, geographic and edaphic factors. *Forest Ecology and Management* 255 (2008) 476–494
- Gamborg Christian, Bo Larsen Jørgen (2003) ‘Back to nature’—a sustainable future for forestry? *Forest Ecology and Management* 179 (2003) 559–571
- Gärtner Stefanie & Reif Albert (2004) The impact of forest transformation on stand structure and ground vegetation in the southern Black Forest, Germany. *Plant and Soil* 264: 35–51, 2004

- Grenon Frank et al. (2004) Mineral N availability for conifer growth following clearcutting: responsive versus non-responsive ecosystems. *Forest Ecology and Management* 188 (2004) 305–316
- Hannerz M., Hånell B. (1997) Effects on the flora in Norway spruce forests following clearcutting and shelterwood cutting. *Forest Ecology and Management* 90 (1997) 29-49
- Hazlett P.W. et al. (2007) Impact of harvesting and logging slash on nitrogen and carbon dynamics in soils from upland spruce forests in northeastern Ontario. *Soil Biology & Biochemistry* 39 (2007) 43–57
- Jonášová Magda, Hees Ad van, Prach Karel (2006) Rehabilitation of monotonous exotic coniferous plantations: A case study of spontaneous establishment of different tree species. *ecological engineering* 28 (2006) 141–148
- Kembel Steven W., Waters Isobel, Shay Jennifer M. (2008) Short-term effects of cut-to-length versus full-tree harvesting on understorey plant communities and understorey-regeneration associations in Manitoba boreal forests
- Kenk G. and Guehne S. (2001) Management of transformation in central Europe. *Forest Ecology and Management* 151 (2001) 107-119
- Kirby K. J. (1988) Changes in Ground Flora under Plantations on Ancient Woodland Sites. *Forestry*, Vol. 61, No. 4, 1988
- Knoke Thomas, Ammer Christian, Stimm Bernd, Mosandl Reinhard (2008) Admixing broadleaved to coniferous tree species: a review on yield, ecological stability and economics. *Eur J Forest Res* (2008) 127:89–101
- Koerner W., Dupouey J. L., Dambrine E., Benoit M. (Jun., 1997) Influence of Past Land Use on the Vegetation and Soils of Present Day Forest in the Vosges Mountains, France. *Journal of Ecology*, Vol. 85, No. 3 (Jun., 1997), pp. 351-358

- MacDonald G. Blake, Thompson David J. (2003) Responses of planted conifers and natural hardwood regeneration to harvesting, scalping, and weeding on a boreal mixedwood site. *Forest Ecology and Management* 182 (2003) 213–230
- McKinley Duncan C., Rice Charles W., Blair John M. (2008) Conversion of grassland to coniferous woodland has limited effects on soil nitrogen cycle processes. *Soil Biology & Biochemistry* 40 (2008) 2627–2633
- Mölder Andreas, Bernhardt-Römermann Markus, Schmidt Wolfgang (2008) Herb-layer diversity in deciduous forests: Raised by tree richness or beaten by beech? *Forest Ecology and Management* 256 (2008) 272–281
- Oaten Dustin K., Larsen Karl W. (2008) Stand characteristics of three forest types within the dry interior forests of British Columbia, Canada: Implications for biodiversity. *Forest Ecology and Management* 256 (2008) 114–120
- O'Hara K. L. (2001) The silviculture of transformation – a commentary. *Forest Ecology and Management* 151 (2001) 81-86
- Paritsis J., Aizen Marcelo A. (2008) Effects of exotic conifer plantations on the biodiversity of understory plants, epigeal beetles and birds in *Nothofagus dombeyi* forests. *Forest Ecology and Management* 255 (2008) 1575–1583
- Wulf M. (2004) Plant species richness of afforestations with different former use and habitat continuity. *Forest Ecology and Management* 195 (2004) 191–204
- Peterken G.F. (2001) Ecological effects of introduced tree species in Britain. *Forest Ecology and Management* 141 (2001) 31±42
- Pretzsch Hans and Schütze Gerhard (2009) Transgressive overyielding in mixed compared with pure stands of Norway spruce and European beech in Central Europe: evidence on stand level and explanation on individual tree level. *Eur J Forest Res* (2009) 128:183–204

- Shoyama Kikuko (2008) Reforestation of abandoned pasture on Hokkaido, northern Japan: effect of plantations on the recovery of conifer-broadleaved mixed forest. *Landscape Ecol Eng* (2008) 4:11–23
- Skov F., Svenning Jens-Christian (2003) Predicting plant species richness in a managed forest. *Forest Ecology and Management* 180 (2003) 583–593
- Smith G.F. et al. (2008) Identifying practical indicators of biodiversity for stand-level management of plantation forests. *Biodivers Conserv* (2008) 17:991–1015
- Spiecker Heinrich (2003) Silvicultural management in maintaining biodiversity and resistance of forests in Europe—temperate zone. *Journal of Environmental Management* 67 (2003) 55–65
- Svenning Jens-Christian (2002) A review of natural vegetation openness in north-western Europe. *Biological Conservation* 104 (2002) 133–148
- Svenning Jens-Christian, Baktoft Karen H., Balslev Henrik (2009) Land-use history affects understorey plant species distributions in a large temperate-forest complex, Denmark. *Plant Ecol* (2009) 201:221–234
- Takafumi H., Hiura T.(2009) Effects of disturbance history and environmental factors on the diversity and productivity of understorey vegetation in a cool-temperate forest in Japan. *Forest Ecology and Management* 257 (2009) 843–857
- Thelin Gunnar, Rosengren Ulrika, Callesen Ingeborg, Ingerslev Morten (2002) The nutrient status of Norway spruce in pure and in mixed-species stands. *Forest Ecology and Management* 160 (2002) 115–125
- Vojta J. (2007) Relative importance of historical and natural factors influencing vegetation of secondary forests in abandoned villages. *Preslia* 79:223–244, 2007

- Wohlgemuth Thomas, Bürgi Matthias, Scheidegger Christoph, Schütz Martin (2002)
Dominance reduction of species through disturbance—a proposed management principle for central European forests. *Forest Ecology and Management* 166 (2002) 1–15
- Yan En-Rong et al. (2008) Decline of soil nitrogen mineralization and nitrification during forest conversion of evergreen broad-leaved forest to plantations in the subtropical area of Eastern China. *Biogeochemistry* (2008) 89:239–251
- Zerbe S. (2002) Restoration of natural broad-leaved woodland in Central Europe on sites with coniferous forest plantations. *Forest Ecology and Management* 167 (2002) 27-42
- Zerbe S. et al. (2007) Indicators for plant species richness in pine (*Pinus sylvestris* L.) forests of Germany. *Biodivers Conserv* (2007) 16:3301–3316
- Zerbe Stefan and Kreyer Daria (2007) Influence of different forest conversion strategies on ground vegetation and tree regeneration in pine (*Pinus sylvestris* L.) stands: a case study in NE Germany. *Eur J Forest Res* (2007) 126: 291–301
- Zobel Martin, Kalamees Rein, Püssa Kersti , Roosaluuste Elle, Moora Mari (2007) Soil seed bank and vegetation in mixed coniferous forest stands with different disturbance regimes. *Forest Ecology and Management* 250 (2007) 71–76