

Doc. RNDr. Jan Pokorný, CSc., zakladatel společnosti ENKI, o.p.s. která provádí aplikovaný výzkum hospodaření s vodou v krajině a krajinné energetiky, přednáší na Přírodovědecké fakultě UK v Praze

Management lesů – význam pro hydrologický cyklus a klima

Lesy působí na klima rozličnými procesy, které v kontinentálním měřítku ovlivňují toky sluneční energie, oběh vody (hydrologický cyklus) a ovlivňují též složení atmosféry.

Značná pozornost výzkumu, medií, tisku a politiků je věnována vlivu lesa na skleníkový efekt atmosféry. Lesy ve své biomase váží uhlík. Stromy stejně jako všechny zelené autotrofní organismy vytvářejí svoji biomasu fotosyntézou: přijímají oxid uhličitý a redukují jej vodíkem, který získávají fotolytickým štěpením vody, a do atmosféry uvolňují kyslík. Zdůrazňuje se tedy schopnost lesa zmiřovat klimatickou změnu snižováním koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře. Zalesňování vede ke snižování obsahu oxidu uhličitého v atmosféře nebo alespoň snižuje nárůst koncentrace oxidu uhličitého v atmosféře, protože oxid uhličitý se váže do dřeva (biomasy) rostoucích stromů. Tento zúžený pohled na funkci lesa v utváření klimatu vede ovšem k absurdním závěrům, které jsou publikovány v uznávaných mezinárodních vědeckých časopisech a šířeny i reprezentanty Mezivládního panelu pro klimatickou změnu (Intergovernmental Panel on Climate Change): nízké albedo (tmavý povrch) boreálního lesa údajně absorbuje velké množství sluneční energie a ohřívá planetu. Vypalování boreálního lesa by podle těchto autorů (BONAN 2008, RANDERSON a kol. 2006) nemělo vést ke zvýšení globální teploty, protože navýšení skleníkového efektu (působené kyslíčnickem uhličitým uvolněným ze spáleného dřeva) je kompenzováno snížením albeda krajiny (zvýšeným odrazem přicházejícího slunečního záření). Někteří (BALA et al. 2007) jdou ještě dále a tvrdí, že odlesnění v globálním měřítku vede k celkovému ochlazení klimatu, protože oteplení způsobené uvolněným skleníkovým plynem oxidem uhličitým je nižší, nežli ochlazení způsobené snížením albedem (zvýšeným odrazem slunečního záření). Dále ukážeme, že tento zúžený pohled na funkci lesa je velice nebezpečný, je to téměř doslova hra s ohněm. Ukážeme, že les má zásadní význam v oběhu vody mezi kontinenty a oceány a že vyrovnává teplotní rozdíly.

Každý se může přesvědčit o chladícím efektu lesa v letních dnech, stačí přejít ze zemědělské krajiny do stínu lesa. Odlesnění na regionální úrovni vede k výrazně vyšším teplotám v krajině za jasného dne, kdy přichází vysoké množství sluneční energie. Od 80. let minulého století lze exaktně hodnotit změny teplot po odlesnění s využitím družicových snímků. Například družice Landsat snímá teploty krajiny pravidelně po 16 dnech.

S využitím satelitních snímků Landsatu jsme vyhodnotili změny teploty způsobené vykácením lesa na rozsáhlé ploše v období 1986–2009. Odlesnění 2000 km² v Mau Forest v Keni vedlo ke zvýšení teplot v krajině až o 20 °C, vedlo k vysokým rozdílům teplot a k rozkolísanému průtoku vody v řekách – po několika letech sucha a nízkého průtoku vody se dostavily deště a nadměrný průtok vody. Hydroelektrárna dokončená na řece Sondu Miriu v prvních letech po dostavění (2008) nemohla být uvedena do provozu pro nedostatek vody a po roce 2010 přišly naopak silné deště a povodně a s nimi spojená eroze.

Na úlohu lesa v hydrologickém cyklu jsou dlouhodobě rozdílné názory. Voda vydávaná (transpirovaná) rostlinou je považovaná často za vodu ztracenou. V tomto pojetí je transpirace považována za „nezbytné zlo“. V takovém pojetí rostlina „platí“ ztrátou vody za to, že přijímá oxid uhličitý. Výdej vody, výdej kyslíku a příjem oxidu uhličitého totiž probíhají v tom samém průduchu. Na listu jsou desítky až stovky průduchů na jednom čtverečném milimetru.

Ze zalesněných povodí odtéká menší podíl dešťových srážek nežli z povodí zatravněného nebo částečně odvodněného. To bylo prokázáno opakovaně pokusy srovnávanými zalesněná a odlesněná povodí. Z tohoto pohledu, logicky, správce přehrady, která zásobuje obyvatele pitnou vodou, dává přednost odlesněnému povodí, protože do přehrady doteče vyšší podíl dešťových srážek. Opakovaně se publikují práce o negativním efektu rychle rostoucích dřevin na vodní zdroje, na odtok vody z povodí. Na druhé straně, z historie je známo, že velkoplošná odlesnění vedla ke změně dešť. srážek a k regionálnímu nedostatku vody (POINTING 1993, DIAMOND 2005).

Způsob užívání krajiny a aktuální krajinný pokryv ovlivňují oběh vody na místní, regionální i globální úrovni. Zemědělcům, turistům i cestovatelům, kteří mohou srovnávat efekty hospodářských zásahů na klima, je zcela zřejmé, že přeměna lesnaté krajiny na zemědělskou je provázána změnou místního klimatu. Pro vědecký popis efektu odlesnění na sucha a povodně chybí srovnávací data pro rozsáhlá území regionálního rozměru. Meteorologické stanice jsou totiž podle celosvětového standardu umisťovány na trávníku a velice často na letištích nebo v městské zástavbě. Soustavně se neměří meteorologické veličiny v různých typech krajinného pokryvu, velice obtížné je měřit dešťové srážky v lesích. Neexistují tedy data, která by umožnila exaktně zhodnotit efekt odlesnění.

Vodní hospodáři a vodní politika se zabývají vodou v potocích, řekách, jezerech, rybnících a jejím využitím. Nadměrné využívání vody zejména v zemědělství a průmyslu způsobilo nedostatek vody v tocích a vzbudilo zájem o podzemní vody, ty jsou ovšem vyčerpateľné. Zásadní význam má pochopení funkce oběhu vody v krajině. Při plném slunečním svitu přichází na metr čtverečný až 1000W, pokud se spotřebovává na výpar vody (evapotranspiraci) 250Wm^{-2} , vypařuje se z metru čtverečného 100mg za sekundu, tedy 100 litrů za sekundu z 1km^2 . Vypařuje se tedy násobně vyšší množství vody ve srovnání s množstvím vody, která proudí v tekutém stavu v tocích. Zemědělské plodiny vypařují podobné množství vody, někdy i vyšší nežli vypaří les. Zemědělské plodiny však vodu brzy ztratí, protože se nevrací zpět. V jakém případě se vypařená voda vrací zpět a kdy vodní pára z krajiny mizí? Důležité je rozložení teplot ve vertikálním profilu: vyvinutý les má nižší teplotu u země a vyšší teplotu v korunách stromů, zatímco plodiny zbavené plevelů mají vyšší teplotu u země a nižší teplotu na povrchu porostu. Z vyhřáté půdy plodin stoupá teplý vzduch a unáší vodní páru vzhůru, zatímco v lese vzduch neproudí vzhůru, protože u země má nižší teplotu nežli v korunách. Vodní pára vypařovaná korunami zůstává blízko korun stromů a ty vypařují vodu do vzduchu o poměrně vysoké vlhkosti, transpirace není proto vysoká. V noci se potom vodní pára sráží na povrchu jehlic, vrací se částečně zpět, klesá tlak vzduchu, horizontálně se vzduch nasává z okolí a s ním se nasává i vzdušná vlhkost.

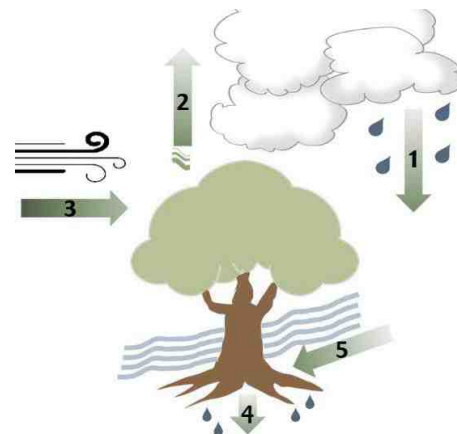
Stromy a les zásadním způsobem tlumí rozdíly teplot v krajině. Vyrovnávají rozdíly teplot mezi dnem a nocí i mezi místy, tedy v prostoru a čase. Velké solitérní stromy chladí intenzitou několika desítek kW a 1km^2 zdravého lesa chladí intenzitou několika stovek MW. Pokud strom odstraníme, les vykácíme nebo necháme stromy uschnout, sluneční energie se nespotebovává na výpar vody, ale mění se na zjevné teplo, teplota povrchu stoupá i o $20\text{ }^\circ\text{C}$ a horký vzduch vynáší vodní páru vzhůru. Teplý vzduch přicházející z nížiny ze zemědělských polí obsahuje vodní páru, která se však nesráží na teplém odlesněném povrchu (ani na uschlých stromech) a odchází z krajiny. Odlesnění kopců a hor, stejně tak jako uschnutí dospělého lesa přispívá tedy k dlouhodobému vysušování krajiny. $10\ 000\text{ha}$ uschlého lesa na Šumavě reprezentuje ve slunném dnu uvolnění zjevného tepla srovnatelné s výkonem několika desítek reaktorů jaderné elektrárny Temelín (1000MW). Efekt odlesnění lze pozorovat, monitorovat a testovat. Efekt nárůstu skleníkových plynů v atmosféře na klima testovat nelze. Podle IPCC nárůst koncentrace skleníkových plynů v atmosféře způsobuje zvýšení radičního toku směrem k povrchu země o $1 - 3\text{W.m}^{-2}$ a za příštích deset let má činit nárůst o dalších $0,2\text{W.m}^{-2}$. Na povrch zemské atmosféry přitom v průběhu jednoho roku přichází 1321 W.m^{-2} až 1412 W.m^{-2} . Měřit sluneční záření s přesností desetiny promile není možné.

Následuje překlad prohlášení o funkci lesa v klimatu a vodním režimu, které bylo prezentováno na nedávné Konferenci o klimatu v Paříži a v původní anglické verzi je uveřejněno na stránkách WeForest. Práce na textu byla zahájena v červnu 2015 na workshopu v Lovani (Belgie) a je dílem 30 vědeckých pracovníků z několika kontinentů. Jan Pokorný se podílel též na tomto textu. Existuje též podrobný vědecký článek na toto téma s konkrétními výsledky a citacemi.

Management lesů a jeho význam pro vodu a klimatizaci krajiny

Je dobře známo, že lesy čistí vodu a na úrovni povodí, regionů i kontinentů zásadně ovlivňují dostupnost vody a regulaci teploty v krajině. Nové vědecké závěry¹ ukázaly, že lesy mají větší funkční význam, než se dříve myslelo, a že jejich fungování lze ovlivnit způsobem hospodaření a dosáhnout tak krátkodobých i dlouhodobých zlepšení z hlediska dostatku vody v krajině i fungování klimatu v měřítku od jednotlivých povodí po celé kontinenty. Lesy jsou zásadně významné v pěti procesech:

1. Lesy podporují vznik srážek.
2. Stromy a lesy jsou přirozené chladicí systémy.
3. Lesy generují toky vzduchu a vlhkosti.
4. Stromy a lesy přispívají k zásobování podzemních vod.
5. Lesy zmírňují dopady záplav.



S rostoucím nedostatkem vody, změnami klimatu a narůstajícím tlakem na lesní zdroje je životně důležité prohloubit znalosti o základních vztazích mezi lesy, vodou a klimatem. Nedostatek těchto znalostí představuje zásadní překážku v hledání politických i praktických opatření, která by vedla k optimalizaci ekosystémových služeb a tedy k zlepšení socio-ekonomického využití lesů.

Cíle

Poskytnout tvůrcům politik výstižné a jasné informace o důležitosti lesních porostů v systémových procesech celé planety a jejich klíčovém významu pro fungování koloběhu vody i zvyšování kvality lidského života.

Zvýšit povědomí o novém pojetí významu lesa v hledání strategií pro zmírňování a přizpůsobení se dopadům klimatických změn, pro vodní hospodářství a pro krajinné plánování.

Podpořit účast celé řady sektorů v prosazování udržitelného hospodaření v lesích jako součást širšího pojetí krajinného plánování.

1. Lesy podporují vznik srážek.

- Kontinentální výpar přispívá přibližně 40 % ke srážkám nad pevninou.
- V tropických oblastech poskytuje vzduch, který přešel přes zalesněné oblasti, dvakrát více deště, než vzduch, který se pohyboval nad řídkou vegetací.
- Odlesnění způsobuje v důsledku poklesu evapotranspirace, a tedy snížení dostupnosti atmosférické vlhkosti pokles srážek ve vzdálenostech až 1000 km po směru větru.
- Stromy uvolňují z povrchu listů do atmosféry biologické částice, z nichž některé aktivně podporují dešťové a sněhové srážky v procesu nazývaném bioprecipitace. Tyto biologické částice jsou z hlediska podpory vzniku srážek účinnější než jiné atmosférické částice. Mohou tedy zvýšit pravděpodobnost výskytu srážek.

Potřebné opatření: Podpořit integrovaný udržitelný krajinný management, který zahrnuje také druhové složení (od mikroflóry po stromy) a prostorové uspořádání lesů na úrovni států, regionů i kontinentů.

2. Stromy a lesy jsou přirozené chladicí systémy

¹V červnu 2015 se v belgickém Leuvenu sešlo přes 30 odborníků z oborů rostlinných a zeměpisných věd, aby diskutovali o posledních poznatcích, které se týkají vztahů lesa, vody, půdy a atmosféry. Jejich konsolidovaný výzkum ukazuje, jak lesy regulují koloběh vody i klima nejen na úrovni lokální (povodí), ale i regionální, kontinentální a globální. Tento souhrnný dokument odráží závěry tohoto setkání.

- Teplota pod stromy a v lesech rostoucích v tropickém a mírném pásmu je průkazně nižší než teplota na zemědělsky využívaných plochách, v otevřené krajině nebo v městských oblastech.
- Stromy využívají sluneční energii pro transpiraci. Sluneční energie pohání také výpar vody z lesních porostů a z půdy. Podobně jako se lidská kůže ochlazuje pocením, vedou tyto procesy k ochlazení zemského povrchu.
- Ku příkladu zalesněné povrchy ve venkovské krajině mohou být až o 20°C chladnější než otevřená místa a zemědělské plochy.
- Chladicí výkon jediného stromu se vyrovná množství energie, kterou na klimatizaci spotřebují za den dvě domácnosti. Chlazení krajiny stromy má vyčísitelný ekonomicky návratný charakter, protože vede ke snížení výdajů za klimatizaci a dalších přidružených výloh.

Potřebné opatření: Podporovat rozšíření stromů a lesních porostů v oblastech náchylných k vysokým teplotám jako jsou například města.

3. Lesy generují toky vzduchu a vlhkosti.

- Stromy a lesy jsou hybateli atmosférických vzdušných proudů.
- Rozsáhlé lesní plochy se souvislým porostem stromů od pobřeží po vnitrozemí mohou vytvářet tok atmosférické vlhkosti od oceánů až daleko do vnitřních částí kontinentů.
- Příbřežní lesy přitahují v procesu evapotranspirace vzdušnou vlhkost z oceánů, a spouštějí tak koloběh vody, v jehož rámci je vlhký vzduch unášen dál do sušších vnitrozemských oblastí.

Potřebné opatření: Podpořit zalesňování a chránit a rozšiřovat lesy v oblastech rozhodujících pro vznik transkontinentálního proudění vzdušné vlhkosti.

4. Stromy a lesy přispívají k zásobování podzemních vod.

- Stromy a lesní porosty zlepšují infiltraci vody do půdy. Po vykácení lesa dochází k degradaci půd (tzn. snižuje se obsah organického uhlíku a živin, zhoršuje se struktura půdy, dochází k zhutnění), čímž se zhoršuje kapacita půdy zadržovat vodu a narůstá povrchový odtok a eroze.
- Stromy vytvářejí svými kořeny a pomocí přidružené půdní fauny makropóry v půdě, kterými se může voda přednostně a velmi rychle pohybovat půdním profilem.
- Stín pod stromy a vrstvy opadu také napomáhají absorpci vody, redukuje výpar vody z půdy a podporují rozvoj půdní fauny.
- Zalesňování degradovaných půd může zlepšit zásobování podzemních vod, pokud množství vody získané lepší infiltrací, preferenčním vsakováním vody do půdy a poklesem evaporace převyšuje množství vody spotřebované na transpiraci.

Potřebné opatření: Podpořit obnovování lesních porostů a zalesňování degradovaných ploch při zvažování hustoty stromů vhodné pro zlepšení dosycování podzemních vod co nejintenzivnější infiltrací, preferenčním prouděním vody a omezenými ztrátami vody výparem z půdy.

5. Lesy regulují vodní toky

- Vodní toky jsou závislé na srážkách. Lesy pufrují výkyvy toku pomocí půdní infiltrace a převáděním povrchové vody do spodních vod. Doplnění zásobáren spodních vod přispívá k udržování bazálního odtoku, k zajištění dostupnosti vody v suchých obdobích a může také sytit prameny v nižších polohách svahů.
- Ztráta lesních porostů často vede k poklesu infiltrace vody. To má za následek nárůst povrchového odtoku a tedy zintenzivnění erozivních procesů a následné zanášení vodních toků. Ačkoliv odlesnění může vést ke snížení ztrát vody evapotranspirací, a tedy k navýšení průtoku vody v řece, dostupnost vody je méně stabilní. Stromy a lesy jsou totiž v procesech transpirace, evaporace a infiltrace vody do půdy zásadním faktorem ovlivňujícím koloběh vody v krajině.

- Horší prediktabilita vodních průtoků vede ke zvýšení rizika záplav a sucha.

Potřebné opatření: Krajinné plánování musí brát do úvahy pozitiva a negativa vyšších odtoků versus zadržování přívalových srážek a pokles sedimentace, zlepšení kvality vody a zachování bazálního odtoku.

Doporučení

- **Integrované udržitelné krajinné plánování**

Management lesů musí probíhat v měřítku přesahujícím povodí. Je třeba uvažovat o lesech v kontextu větších krajinných celků, které zahrnují mozaiku různých typů land use. Tento integrovaný krajinný přístup by měl zahrnovat druhové složení (od stromových druhů až po mikroflóru) a mikrofaunu, stejně jako prostorové rozmístění lesů na státní, regionální i kontinentální úrovni.

- **Funkční obnovování lesních porostů a zalesňování**

Strategické obnovování lesních porostů a/nebo zalesňování může přinášet mnoho výhod včetně snížení místních teplotních extrémů, zvýšení dostupnosti vody, omezení degradace půdy a zmírňování dopadů záplav. Pro minimalizaci negativních dopadů a maximalizaci pozitivních synergií je nutné zvolit vhodný výběr lesních ploch, příhodnou kombinaci druhů a vhodný způsob lesního hospodaření.

- **Obnovování a ochrana existujících lesních porostů**

Prevence dalšího odlesňování a degradace lesních porostů je ta neúčinnější a nejpříhodnější cesta, jak zajistit zachování lesními porosty poskytovaných ekosystémových služeb (například zajištění dostatku vody a regulace povrchových i podzemních vod). Obnova lesů může zvrátit proces degradace půd, zlepšit zásobování podzemních vod pomocí usnadněné infiltrace a zabránit zbytečným ztrátám vody povrchovým výparem, odtokem a erozí.

- **Management lesů pro co nejpřínosnější fungování krajiny**

Hospodaření v lesích a krajinné plánování by mělo vycházet z plného porozumění přínosům a nákladům, které vyplývají z managementu na různých geografických úrovních v krátkodobém i dlouhodobém měřítku.

- **Politiky a praxe vycházející z vědeckých znalostí a porozumění**

Politika i praxe týkající se lesa, vody a klimatu by měly vycházet z lepšího porozumění vědeckým znalostem. Pro zajištění udržitelného hospodaření v lesích i krajině je třeba užší spolupráce a komunikace mezi vědci (ekology i lesními inženýry), tvůrci politik a lidmi z praxe. Zároveň je třeba větších investic do výzkumu vztahů mezi lesy, vodou a klimatem a dopadů politických opatření a managementu na tyto vztahy.