Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav inženýrských staveb, tvorby a ochrany krajiny
Zemědělská 3
613 00 Brno

Vliv vody na lesní ekosystémy

Zadržování srážkové vody v lese a zpomalení jejího odtoku

Mendelova univerzita v Brně

Petr Kupec

Obsah přednášky

- Východiska
  - Legislativa – pohled zákona 289/1995 Sb.
  - Vodní bilance + VH funkce lesa
  - Možnosti hodnocení VH funkce
- Les a voda
- Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů

Voda v lese pojetí zákona 289/1995 Sb.

§ 2 Pozemky určené k plnění funkcí lesa

b) zpevněné lesní cesty, drobné vodní plochy, ostatní plochy, pozemky nad horní hranicí dřevinné vegetace (hole), s výjimkou pozemků zastavěných a jejich příjezdních komunikací, a lesní pastviny a políčka pro zvěř, pokud nejsou součástí zemědělského půdního fondu a jestliže s lesem souvisejí nebo slouží lesnímu hospodářství (dále jen "jiné pozemky"). U těchto pozemků může orgán státní správy lesů nařídit označení jejich příslušnosti k pozemkům určeným k plnění funkcí lesa.

Voda v pojetí zákona 289/1995 sb.

Kategorizace lesů §. 6 – 10 lesního zákona (289/1995 Sb.)

- **lesy hospodářské**
- **lesy zvláštního určení**
  - v pásmech hygienické ochrany vodních zdrojů I. stupně
  - v ochranných pásmech zdrojů přírodních léčivých a stolních minerálních vod
  - na území národních parků a národních přírodních rezervací
  - v prvních zónách chráněných krajinných oblastí a lesy v přírodních rezervacích a přírodních památkách
  - lázeňské
  - příměstské a další lesy se zvýšenou rekreační funkcí
  - sloužící lesnickému výzkumu a lesnické výuce
  - se zvýšenou funkcí půdoochrannou, vodoochrannou, klimatickou nebo krajinotvornou
  - potřebné pro zachování biologické různorodosti
  - v uznaných oborách a v samostatných bažantnicích
  - v nichž jiný důležitý veřejný zájem vyžaduje odlišný způsob hospodaření

Voda v pojetí zákona 289/1995 sb.

- pásma hygienické ochrany vodních zdrojů I. stupně

  Dříve Směrnice Ministerstva zdravotnictví ČSR o základních hygienických zásadách pro stanovení, vymezení a využívání ochranných pásem vodních zdrojů určených k hromadnému zásobování pitnou a užitkovou vodou a pro zřizování vodárenských nádrží, č. j. HEM-324.2-1. 9. 1978 z 26. července1979, registrovaná v částce č. 20/1979 Sb.

  Dnes: Ochranná pásma podzemních a povrchových vod dle par. 30 vodního zákona (zákon č. 254/2001 Sb.) vyhlášená místně příslušným vodoprávním úřadem pro zdroje s průměrným odběrem 10 000 m^3/rok využívaných, či využitelných pro zásobování pitnou vodou (už ne užitkovou)

- v ochranných pásmech zdrojů přírodních léčivých a stolních minerálních vod

  Dříve: § 48 zákona č. 20/1966 Sb., o péči o zdraví lidu, ve znění pozdějších předpisů. § 24 vyhlášky Ministerstva zdravotnictví ČSR č. 26/1972 Sb.,o ochraně a rozvoji přírodních léčebných lázní a přírodních léčivých zdrojů.

  Dnes: Dle zákona č. 164/2001 Sb. o přírodních léčivých zdrojích, zdrojích přírodních minerálních vod, přírodních léčebných lázních a lázeňských místech a o změně některých souvisejících zákonů (lázeňský zákon), ochranné pásmo I. stupně kruh o poloměru 50m od zdroje, vyhlašuje ministerstvo zdravotnictví vyhláškou společně s vyhlášením zdroje

Voda v pojetí zákona 289/1995 sb.

Kategorizace lesů **par. 6 – 10 lesního zákona** (289/1995 Sb.)

- **lesy ochranné**
  - lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích
  - vysokohorské lesy pod hranicí stromové vegetace
  - lesy v klečovém LVS

(***lesy pod vlivem imisí***)

O zařazení lesů do kategorie lesů zvláštního určení a lesů ochranných rozhoduje orgán státní správy lesů na návrh vlastníka lesa nebo z vlastního podnětu.

Voda v lese pojetí zákona 289/1995 Sb.

§ 13 Ochrana pozemků určených k plnění funkcí lesa

2 Při využití pozemků určených k plnění funkcí lesa k jiným účelům musí být zejména

c) nenarušována síť lesních cest, meliorací a hrazení bystřin v lesích a jiná zařízení sloužící lesnímu hospodářství; v případě nezbytného omezení jejich funkcí musí být uvedena do původního stavu, a není-li to možné, zajištěno odpovídající náhradní řešení

Voda v lese pojetí zákona 289/1995 Sb.

§ 35 Meliorace a hrazení bystřin v lesích

1. Meliorace a hrazení bystřin v lesích jsou biologická a technická opatření zaměřená na ochranu půdy a péči o vodohospodářské poměry. Provádění meliorací a hrazení bystřin v lesích je povinností vlastníka lesa, pokud orgán státní správy lesů, popřípadě orgán státní správy vodního hospodářství nerozhodne o tom, že jde o opatření ve veřejném zájmu. Pokud jsou tato opatření prováděna z rozhodnutí orgánu státní správy lesů ve veřejném zájmu, hradí náklady s tím spojené stát; vlastník lesa je povinen provedení takových opatření strpět.
2. Orgán státní správy lesů může vlastníku lesa uložit provedení potřebných opatření nebo je nechat provést na jeho náklad, pokud potřeba provedení takových opatření vznikla v důsledku činnosti vlastníka lesa; vlastník lesa je povinen provedení takových opatření strpět.

Voda v lese pojetí zákona 289/1995 Sb.

§ 35 Meliorace a hrazení bystřin v lesích

3. Preventivní činnost k předcházení nebezpečí lavin, vzniku svahových sesuvů a strží, povodňových vln a odstraňování následků živelních pohrom hradí stát, popřípadě fyzické a právnické osoby, které mají z těchto opatření prospěch. Tato opatření se provádějí na základě rozhodnutí orgánu státní správy lesů a vlastník, popřípadě uživatel pozemku je povinen jejich provedení strpět.
4. Vlastník, popřípadě nájemce pozemku je povinen strpět, aby se jeho pozemku užilo v nezbytné míře k přípravě, budování a údržbě zařízení meliorací a hrazení bystřin v lesích a podílet se na realizaci nebo úhradě (financování) prací podle míry prospěchu, který má z jejich provedení. Vlastník, popřípadě nájemce pozemku má nárok na náhradu majetkové újmy vzniklé v důsledku omezeného výnosu nebo jiného užitku z dotčeného pozemku.

Hydrická x vodohospodářská funkce lesa

- Hydrická funkce lesa = schopnost lesa ovlivňovat koloběh vody v oblasti
  - » Koloběh vody – malý a velký (poháněn sluneční energií a gravitací)

Území	Rozloha (10^6 km^2)	Složka vodní bilance	Roční	
			objem (10^3 km^3)	vrstva (mm)
Země	510	srážky, výpar	518,6	1 017
Světový oceán	361	srážky přítok z řek výpar	411,6 36,3 447,9	1 140 100 1 240
Pevniny s odtokem	117	srážky odtok výpar	99,3 36,3 63,0	850 310 540
Pevniny bez odtoku	32	srážky výpar	7,7 7,7	240 240
Pevniny celkem	149	srážky odtok výpar	107,0 36,3 70,7	718 244 475

Hydrická x vodohospodářská funkce lesa

- Vodohospodářská funkce lesa = cílené využívání hydrických funkcí lesů lidskou společností
- Cca. 28% lesů ČR má prvořadou VH funkci (Program 2000)
- Lesy v PHO (OPPPV) cca. 11% lesů ČR

Hydrická funkce lesa

- V ČR je hydrologie primárně závislá na objemu srážek
- 60% pitné vody je získáváno úpravou z povrchových zdrojů
- Pestrá geologická skladba ČR = omezené a nevyrovnané zásoby podzemních vod
- Vodní režim lokality je primárně vymezen geografickou polohou
- Středně silné kolísání zásoby vody v průběhu roku (*až 60% ročního úhrnu srážek spadne v jarních měsících*)

Hydrická funkce lesa – koloběh vody nad lesní krajinou

Lesní porosty v krajině = sací pumpa

Tlakový spád (potenciál) žene vodu od kořenů směrem k listům a spotřebovává při tom energii slunečního záření při přeměně kapalného skupenství vody ve skupenství plynné - **transpirace**

Evapotranspirace - součástí výparného množství rovněž voda zadržená na povrchu těl stromů (tzv. **intercepční voda**),

Vodní pára nad lesními porosty stoupá vzhůru do výšek s nižším atmosférickým tlakem, postupně se ochlazuje, rozpíná a po dosažení tzv. rosného bodu, resp. nasycení, kondenzuje a mění se zpět v kapalnou vodu. Tato po získání dostatečné hmotnosti nejčastěji za pomoci tzv. kondenzačních jader (např. zrnka prachu, pylu rostlin) vypadává vlivem gravitace ve formě srážek zpět k zemi.

Hydrická funkce lesa – koloběh vody nad lesní krajinou

Dopad vody na povrch stromů (nebo korunový zápoj v případě lesních porostů) - **částečné zadržení vody** (toto množství vody se dříve nazývalo skropným množstvím) a **částečný dopad vody na lesní půdu**, resp. do nižších pater lesního porostu.

Skropné množství, či **skropná voda** následně zůstává částečně zachycena na povrchu stromů (výše zmíněná **intercepce**), částečně **okapává** z listů a větví a částečně **stéká po kmenech**. Stejné procesy se dějí i v nižších patrech lesních porostů (podúrovni, keřovém patru a do určité míry i v patru bylinném).

Dopad vody na povrch lesní půdy - **vsak** do nižších profilů, po naplnění tzv. **infiltrační kapacity** dochází k **povrchovému odtoku**.

Hydrická funkce lesa – koloběh vody nad lesní krajinou

Výpar z povrchu lesních půd - vzhledem k nedostatku přímého slunečního záření zanedbatelný

Voda, která se dostane do půdního profilu se zde dále pohybuje směrem dolů jako tzv. **gravitační voda** a vyplňuje volné póry v půdě, při jejím dostatku se dostává až do tzv. **přechodové zóny**, kde se opře o z nižších vrstev vzlínající **vodu kapilární**

Gravitační, tak kapilární voda jsou zdrojem vody pro lesní vegetaci a tím se koloběh uzavírá

Hydrická funkce lesa

- Struktura lesů
- Lesní půda
- Významný vliv horizontálních srážek
- Snižování povrchových odtoků
  - Léto
  - Zima – promrzání půdního povrchu

Hydrická funkce lesa - hydrologická bilanční rovnice

- Hydrologická bilance se vyjadřuje hydrologickou bilanční rovnicí
- Bilancuje vstup a výstup (vody) do sytému (povodí)
- Rozdíl přírůstku (přítoku) P a úbytku (odtoku) O vody v uvažovaném prostoru (území, povodí) a čase se rovná změně objemu vody ΔV

$$\mathbf{P - O = \pm \Delta V}$$

Hydrická funkce lesa - hydrologická bilanční rovnice

$$P_s + P_{pv} + P_{pz} + P_{pr} - O_{ev} - O_{pv} - O_{pz} - O_{od} = \pm \Delta V$$

P_s - srážky

P_{pv} - povrchový přítok

P_{pz} - podzemní přítok

P_{pr} - přírůstek vody přiváděné z jiného území

O_{ev} - evapotranspirace (souhrn výparu z povrchu půdy, z vodní hladiny a z rostlinstva)

O_{pv} - povrchový odtok

O_{pz} - podzemní odtok

O_{od} - úbytek odčerpávané vody, pokud se již nevrací zpět do území

Hydrická funkce lesa - hydrologická bilanční rovnice

Vodní bilance

- stanovená z bilanční rovnice
- důležitá pro hospodaření s Δ V v území (povodí)

vyrovnaná	P = O	stabilní Δ V
aktivní	P > O	zásoby Δ V
pasivní	P < O	úbytek Δ V

Teoretická hydrologická bilance ŠLP ML 2015/16 (pahorkatinná oblast ČR) – vlastní zjednodušený příklad

- Na několika trvalých zkusných plochách měření objemové vlhkosti půd v různých hloubkách půdního profilu od povrchu do cca. 40ti cm hloubky půdy
- Většina ploch ve třetím a čtvrtém lesním vegetačním stupni
- V letech 2015 a 2016 je objemová vlhkost půdy v uvedených sondách (tedy v hlavní části rhizosféry) řádově o 2 - 3% nižší než v předešlých letech
- Průměrná mocnost lesních půd na školním lesním podniku ML Křtiny je cca. 60 - 70 cm, tzn. na každém jednom hektaru je přibližně 6 - 7 tisíc m^3 půdy
- Půda by měla obsahovat v jarním období v průměru cca. 20 - 25% vody, tedy přibližně 2 tisíce m^3 vody na každý hektar

Teoretická hydrologická bilance ŠLP ML 2015/16 (pahorkatinná oblast ČR) – vlastní příklad

- Dva roky (2015/16) jsou objemové vlhkosti půdy o cca. 3% (cca.10% celkovém objemu vody) nižší, tzn. na každém hektaru chybí v jarním období cca. 200m^3, tedy 200 000 l vody
- Pokud má ŠLP ML Křtiny cca. 10 tis. ha, pak v daném okamžiku na něm sumárně chybí (ve srovnání s předchozími obdobími) cca. 2 mil m^3 vody. To je přibližně čtvrtina objemu stálého nadržení vodního díla Brno, tedy tzv. Brněnské přehrady.

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení

- Průměrný specifický odtok z povodí (m/s/km2)
  - stanovení disponibilní vody v povodí
  - (podíl - dlouhodobý roční průtok a plocha povodí)
- Vodní bilance porostu - bilanční rovnice

Hs = Hetr + Her + Hep + Hop + Hi (mm)

(srážky, transpirace, výpar z povrchu vegetace, z půdy, povrchový odtok, infiltrace vody do půdy)

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení

Komplexní metody hodnocení funkcí lesů

- Vyskot,I. a kol : Kvantifikace a hodnocení funkcí lesů České republiky
  - Reálný potenciál a reálný efekt HV funkce pro všechny významné PT v HS lesů ČR, FAZ a finanční vyjádření HV funkce
- Šišák, Švihla, Šach: Metodika sociálně-ekonomického hodnocení funkcí lesů
  - Ocenění hydrických funkcí lesů pro dočasné (roční ceny) a trvalé odnětí plnění v členění na redukci maximálních a zajištění minimálních průtoků

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení

Komplexní metody hodnocení funkcí lesů

- Šišák, Švihla, Šach: Metodika sociálně-ekonomického hodnocení funkcí lesů

Snížení maximálních průtoků: 910 Kč/ha (roční), 45 500 Kč/ha (celková kapitalizovaná).

LVS	Textura půdy			Orientační nadmořská výška
	lehká	střední	těžká	
1 - 2	0,54	1,31	1,00	200 - 400
3 - 6	0,62	1,38	1,08	400 - 850
7 - 8	0,62	1,38	1,08	> 850

Zajištění minimálních průtoků (Kč/ha)

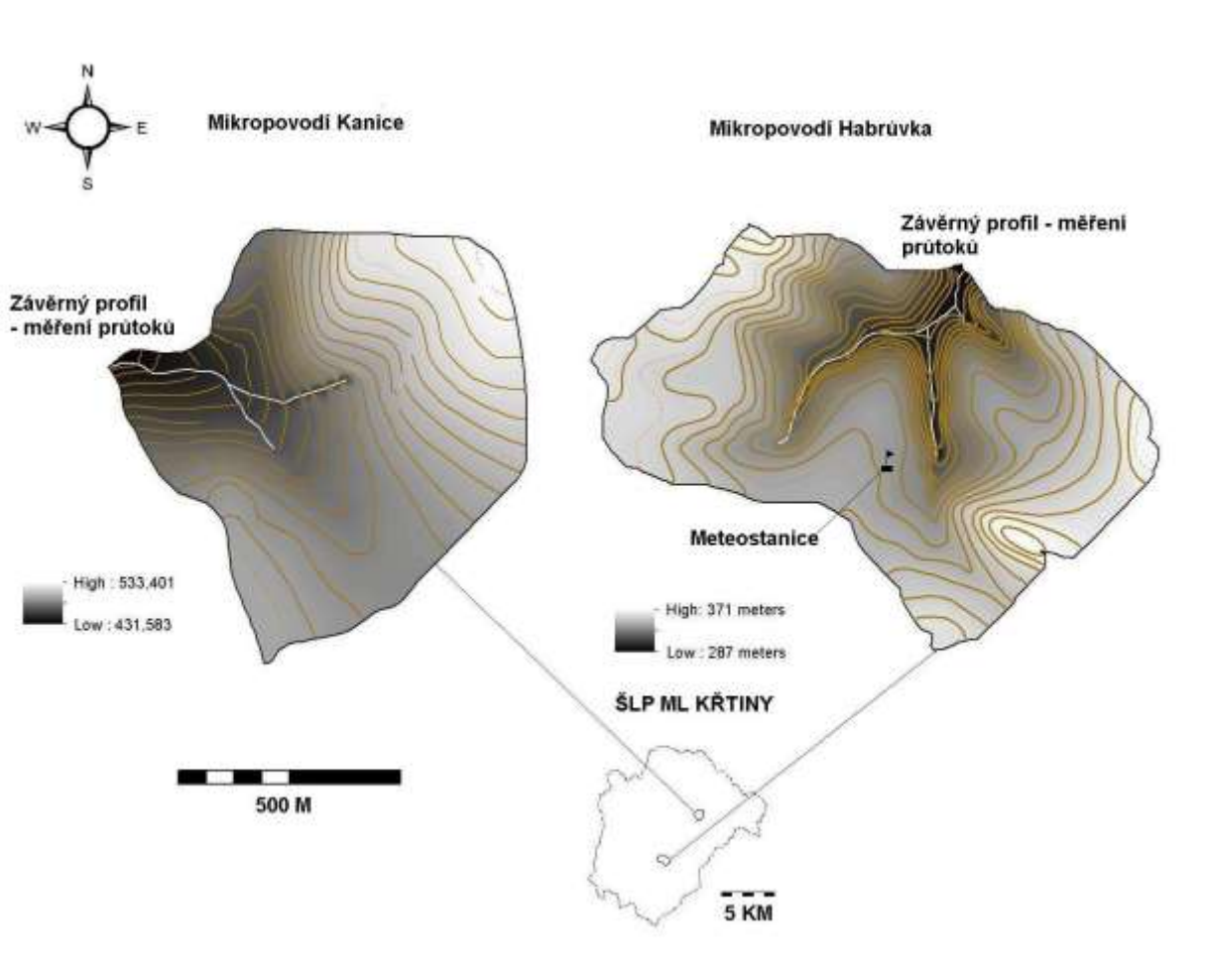
Záměna lesa za	Roční	Celková (kapitalizovaná)
trvalé travní porosty, TTP (louky, pastviny, zahrady)	540	26 900
ornou půdu	830	41 500
ostatní plochy (na př. chmelnice, sady a p.)	720	36 000
zpevněné plochy	4 180	209 000

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad I)

Srovnání denní dynamiky průtoků pahorkatinných mikropovodí v několikadenních periodách beze srážek ve vegetačním období 2011

Cíl: Srovnávací analýzou trendů průtoků v bezesrážkových periodách ověřit rozdílnost hydrické účinnosti zalesněného a bezlesého povodí v pahorkatinné oblasti

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)



Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

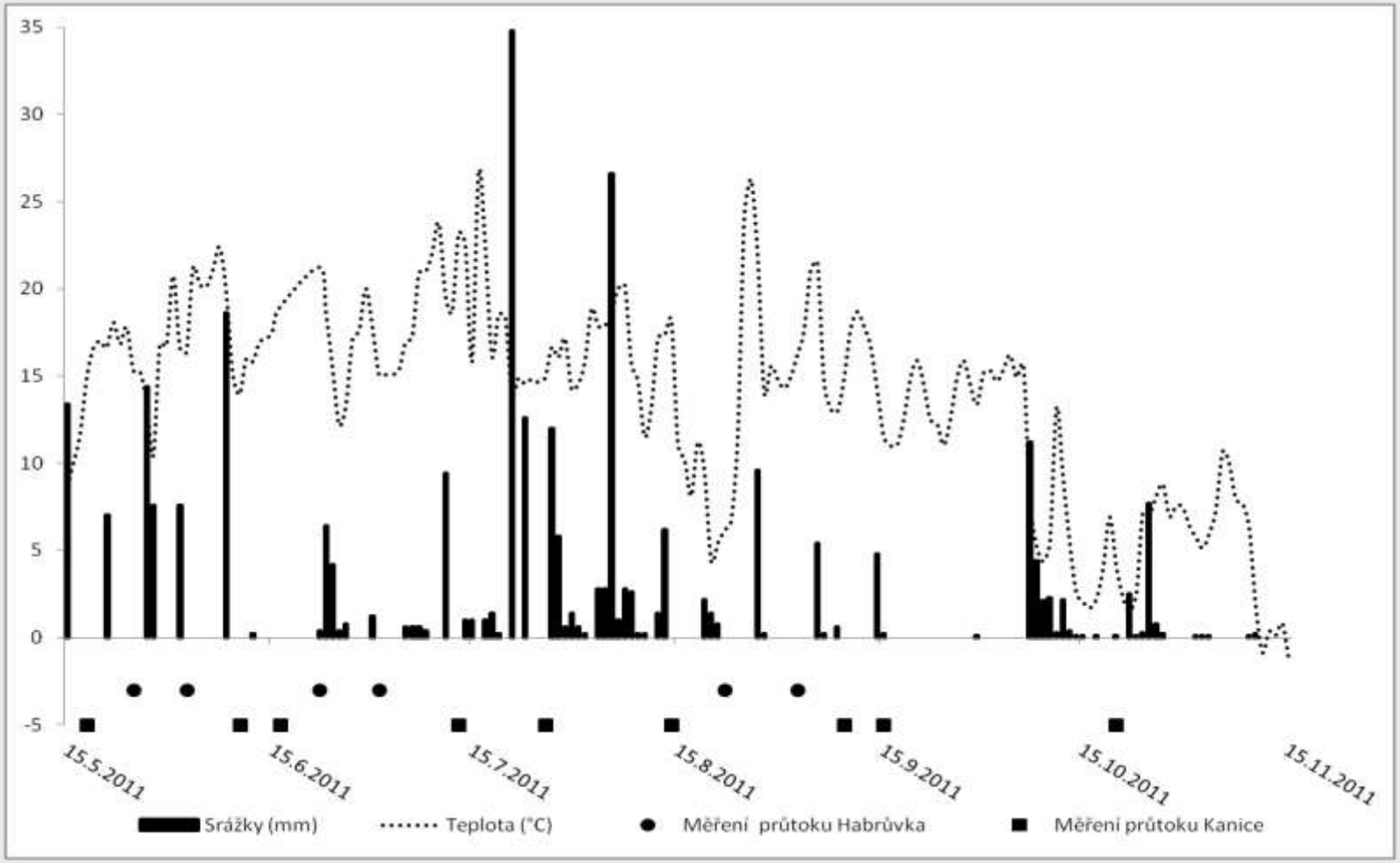
Charakteristika,	Kanice	Habrůvka
Plocha povodí (ha)	65	50
Délka hlavního toku(m)	640	680
Průměrná nadmořská výška (m n. m.)	332	480
Expozice	Severní,	Severozápadní,
Lesnatost (%)	98	10
Druhová skladba porostů (%)	*Fagus sylvatica* 25, *Pinus sylvestris* 20, *Quercus petrea* 15, *Tilia plathyphyllos* 15, *Picea abies* 10, *Carpinus betulus* 10, *Larix decidua* 5	*Fagus sylvatica* 55, *Acer pseudoplatanus* 20, *Fraxinus excelsior* 15, *Larix decidua* 10

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

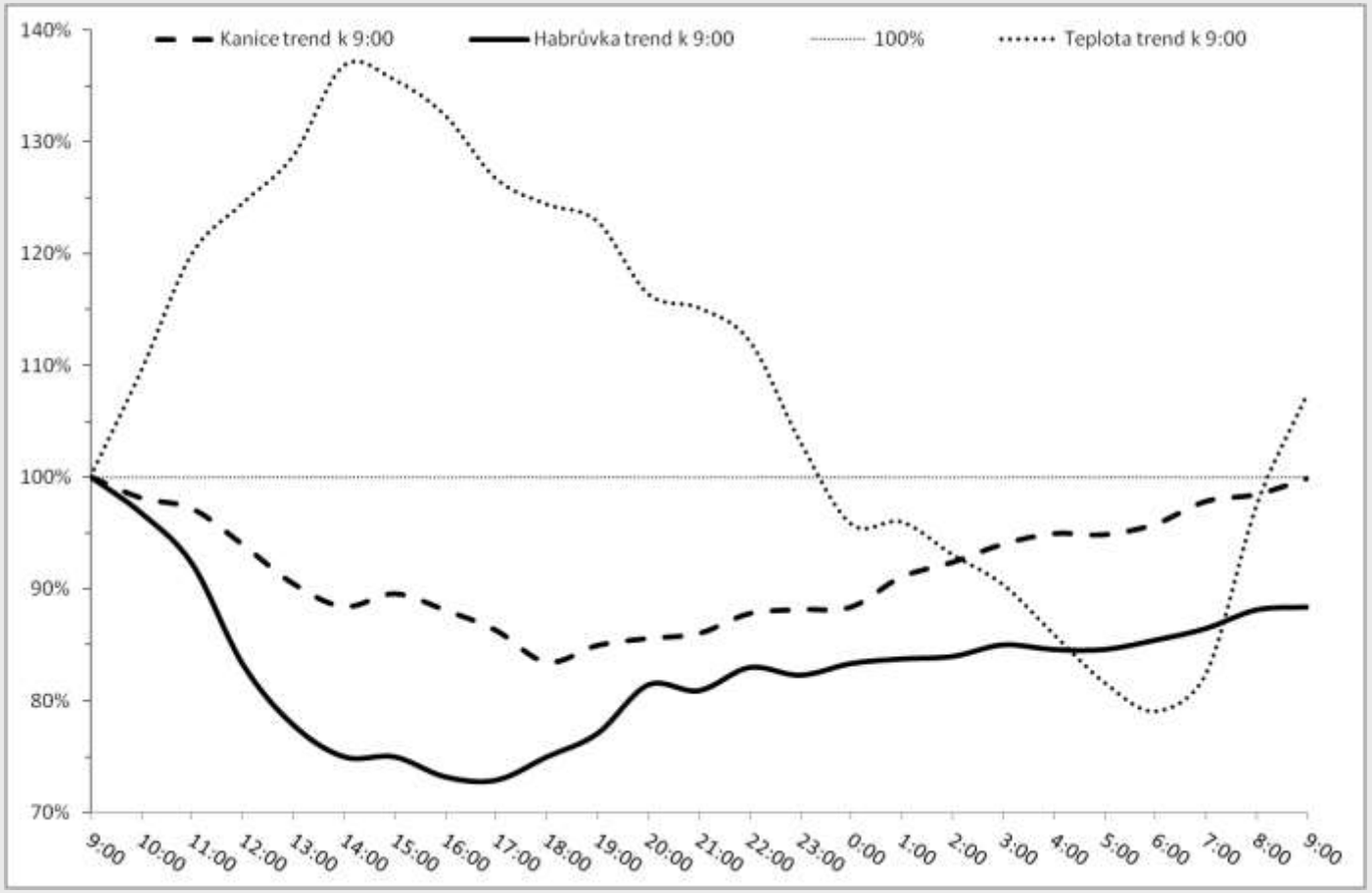
Metodika:

- Kontinuální stanovování průtoků – Thomsonův přeliv x tlakové hladinoměrné čidlo
- Měření klimatických dat – poloprofesionální klimatická stanice
- Vyhodnocení dat – bezesrážkové periody x trendy kumulovaných průměrných průtoků (15.5 – 15.10.2011)

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)



Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)



Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Bezlesé mikropovodí Habrůvka

Průměrné denní průtoky ve vegetačním období beze srážek od 0,18 l/s po 0,69 l/s, průměr okolo 0,4 l/s

Průměrný specifický odtok ve vegetačním období beze srážek dosahoval 0,8 l/s/km^2.

Dynamika průtoku v korytě – maxima okolo 9:00, pak pokles klesání s intenzitou cca. 0,017 l/s za hodinu, minima okolo 17:00, kdy se v průměru nacházel na 73 % původní ranní hodnoty, přes noc pak docházelo pozvolnému nárůstu v průměru na 90% ranní hodnoty

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Lesní mikropovodí Kanice

Průměrné denní průtoky – 0,60 do 1,21 l/s, dlouhodobý průměr okolo 0,7 l/s.

Průměrný specifický odtok ve vegetačním období beze srážek 1,08 l/s/km2.

Průtok dosahoval maxima okolo 9:00, pak pokles s intenzitou v průměru přibližně 0,14 l/s za hodinu, minima bylo dosaženo okolo 19:00, v průměru na 83 % ranní hodnoty, přes noc docházelo k pozvolnému nárůstu v průměru zpět na ranní maximum

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Porovnání výsledků z obou lokalit

Shodný trend klesání průtoku během osluněné části dne

Na nezalesněném mikropovodí Habrůvka dosahuje průtok svého minima v průměru o dvě hodiny dříve

Maximální denní pokles průtoku na bezlesém mikropovodí činí cca. 27 %, na zalesněném cca. 17 % původní ranní hodnoty

V noci na bezlesé lokalitě průtok stagnuje a dochází k navýšení v průměru na úroveň 90 % ranní hodnoty, na zalesněném povodí je nárůst v průměru až na 100 %

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Porovnání výsledků z obou lokalit

Během vegetačního období v několikadenních periodách beze srážek docházelo v bezlesí k úbytku množství vody v korytě v průměru o 10 % za den, zatímco na zalesněném mikropovodí k tomuto úbytku nedocházelo.

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Srovnání specifického odtoku ze zalesněných a bezlesých povodí v suchých periodách

	Specifický odtok (l/s/km^2)	
	les	bezlesí
Válek (in Riedl a Zachar, 1974) - hory	1.21	0.78
Křovák, Kuřík, 2001 - hory	4.1	1.5
Deutscher, Kupec, 2011 - pahorkatina	1.08	0.8

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad II)

Hodnocení vztahu vnitrodenní dynamiky průtoků a transpirace pahorkatinného mikropovodí v několikadenních periodách beze srážek ve vegetačním období

Cíl: Ověřit dominantní vliv transpirace lesního porostu v bezesrážkových periodách na průtoky v recipientu zalesněného mikropovodí povodí v pahorkatinné oblasti

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad II)

Lesní mikropovodí Kanice

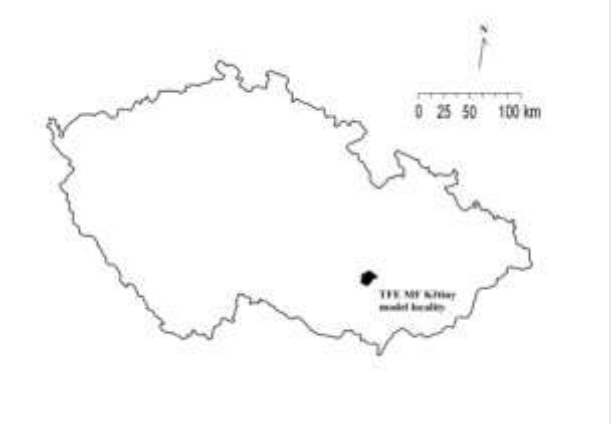


Table 1. Experimental micro-watershed characteristics, Kanice forested catchment, Czech Republic

Experimental catchment characteristics	Kanice forested catchment	Landuse formations	Kanice forested catchment
Basin area (Ha)	65	Forest density (%)	98
Main strem length (m)	640	Broadleaved stands	55
Mean altitude (m)	332	Coniferous stands	43
Exposure	North	Grasslands	2

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Metodika:

- Kontinuální stanovování průtoků – Thomsonův přeliv x tlakové hladinoměrné čidlo
- Měření klimatických dat – poloprofesionální klimatická stanice
- Vyhodnocení dat – bezesrážkové periody x trendy kumulovaných průměrných průtoků – vegetační období 2011 a 2012
- Stanovování půdní vlhkosti – „plošné“ měření objemové půdní vlhkosti – Profile Probe
- Měření sap flow – odporová metoda prof. Čermáka

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Metodika:

Table 2. Sap flow measurements, Kanice forested catchment, Czech Republic

Forest stand	Device code	Measured species
B4	IA	*Picea abies*
B2	IB	*Picea abies*
329B5	IC	*Tilia cordata, Carpinus betulus*
329B5	ID	*Pinus sylvestris, Larix decidua*
333D2	IE	*Pinus sylvestris*
A8	IF	*Tilia cordata, Larix decidua*
A4	IH	*Fagus sylvatica, Quercus robur, Tilia cordata, Carpinus betulus*

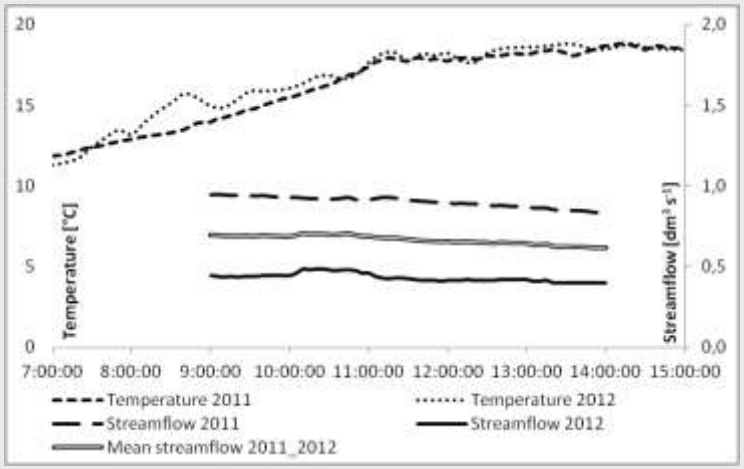
Table 3. Different forest stand types, Kanice forested catchment, Czech Republic

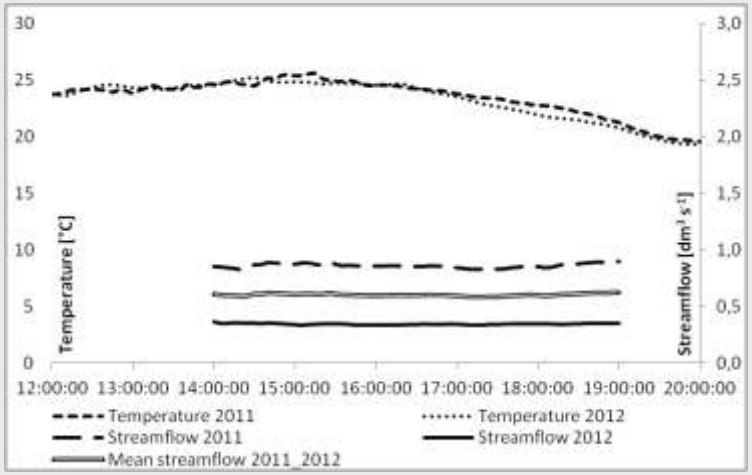
Forest stand type	Area [Ha]	Percentage
Broadleaved trees	37,4	57
Coniferous trees	26,1	40
Young Coniferous	1,7	3
Total	65,2	100

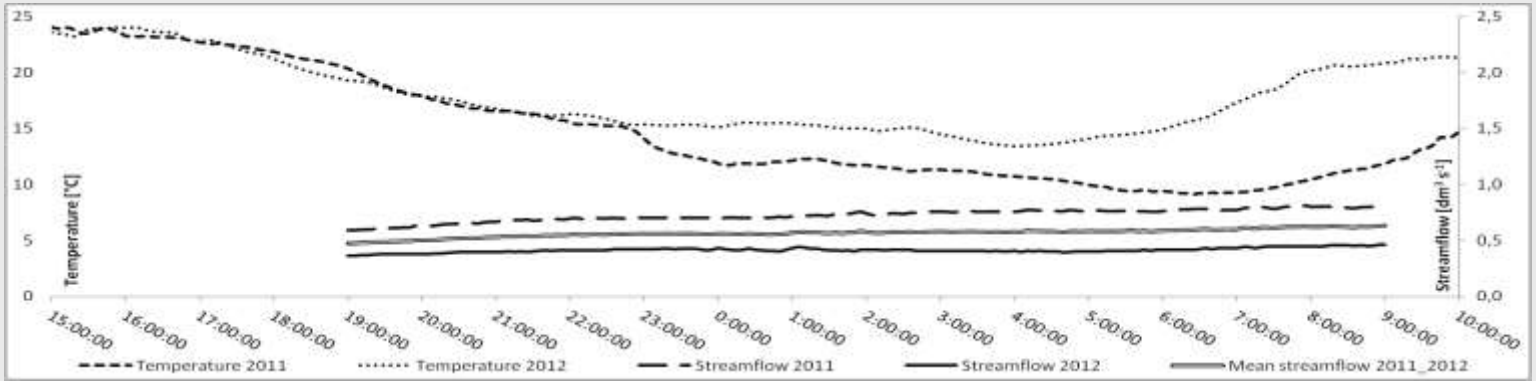
Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Výsledky

Měření průtoků v recipientu







Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Výsledky

- rok 2011 byl výrazně vodnější než rok 2012
- v roce 2011 dosahoval průměrný pozorovaný průtok v suchých periodách 0,8 dm^3s^{-1} a v roce 2012 0,4 dm^3s
- hodnoty průtoků z roku 2011 jsou cca o 0,4 dm^3s^{-1} vyšší
- průměrné teploty ve sledovaném období jsou prakticky shodné

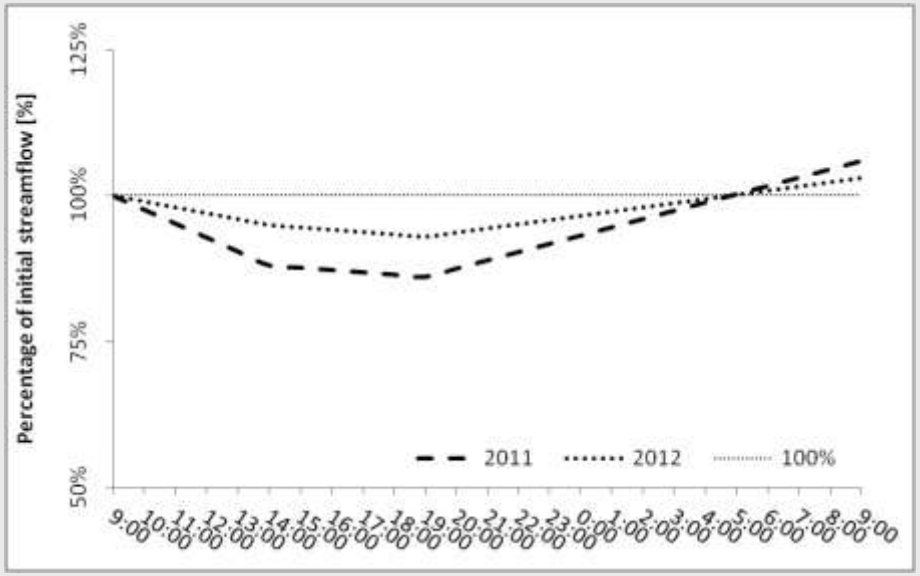
Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Výsledky

- nejintenzivnější pokles průtoku od 9 do 14 hod, 2011 - 0,12 dm^3s^{-1} (12,6%), 2012 - 0,05 dm^3s^{-1} (11,1%).
- 14 – 19 - pokles nepatrný (2,3% v 2011 a 5,4% v 2012)
- 19 – 9 byl - nárůst průtoků na původní ranní hodnotu v 2011 o 33,9% v 2012 o 27%)
- **přes rozdílné hydrologické podmínky obou let vykazují průběhy průtoků během dne shodný trend klesání průtoků během osluněné části dne !**

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Výsledky

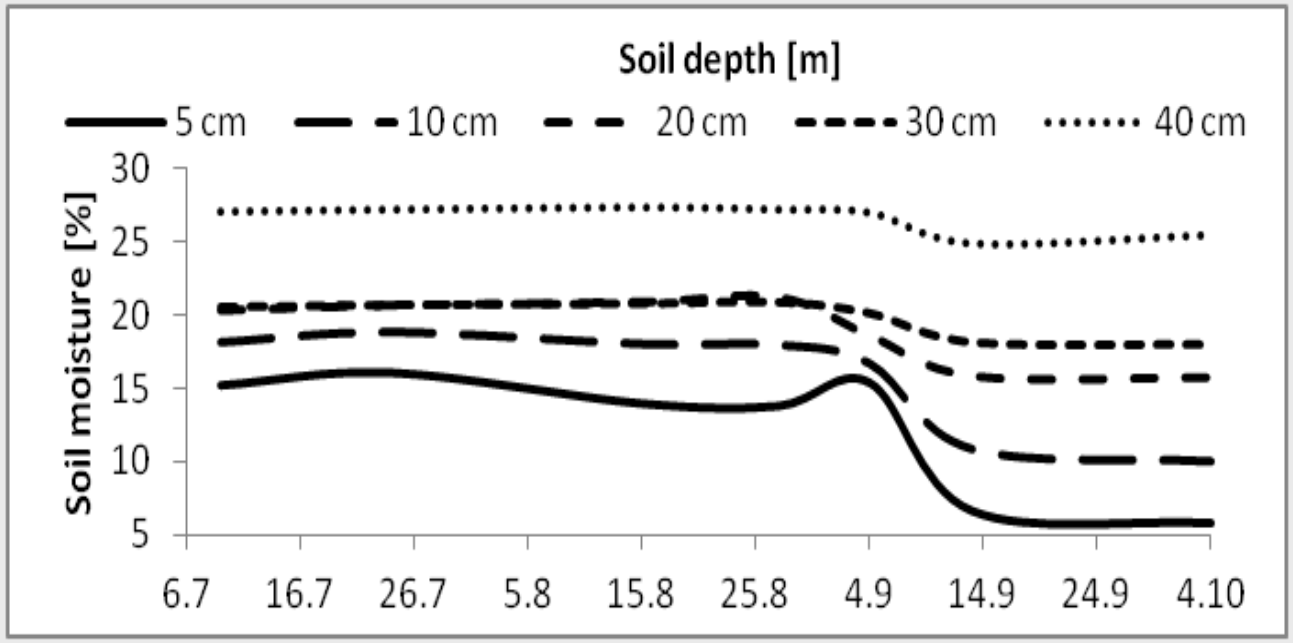


Experimental catchment, year	Daytime (hour)	Mean starting streamflow (l/s)	Mean ending streamflow (l/s)	Mean absolute change (l/s)	Mean percentual change (%)
Kanice, 2011	9 - 14	0,95	0,83	-0,12	-12,6
Kanice, 2011	14 - 19	0,88	0,86	-0,02	-2,3
Kanice, 2011	19 - 9	0,59	0,79	0,2	33,9
Kanice, 2012	9 - 14	0,45	0,4	-0,05	-11,1
Kanice, 2012	14 - 19	0,37	0,35	-0,02	-5,4
Kanice, 2012	19 - 9	0,37	0,47	0,1	27,0

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Výsledky

Stanovování vlhkosti půd



Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

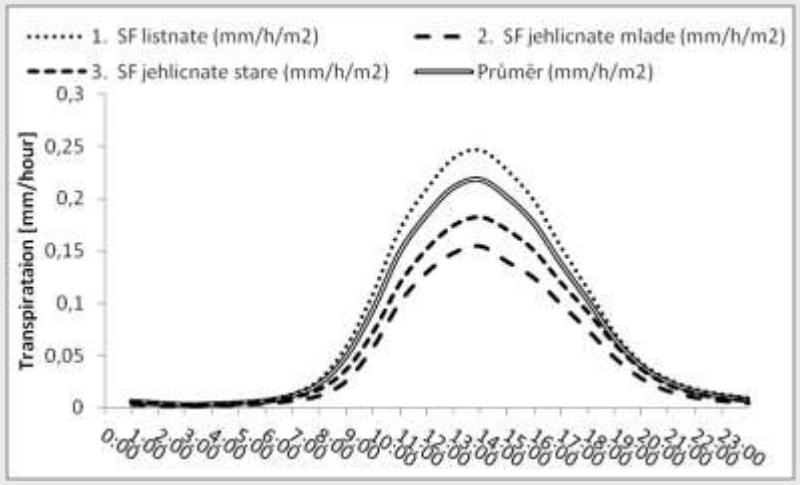
Výsledky

- Půdní profil nejblíže toku vykazoval výrazně odlišné hodnoty, než údaje ze sond 20 m a víc
- Do hloubky 10 cm je půdní vlhkost výrazně ovlivňována inundací, nasycením z předchozí srážky atp.
- S přibývající hloubkou se půdní vlhkost stabilizuje a v hloubce pod 30 cm se prakticky nemění
- S přibývající hloubkou je půdní vlhkost stabilní a není již nijak ovlivňována srážkami běžné intensity
- Uvedená fakta opravňují považovat půdní vlhkost v suchých periodách z hlediska transpiraceza nezávislou proměnou.

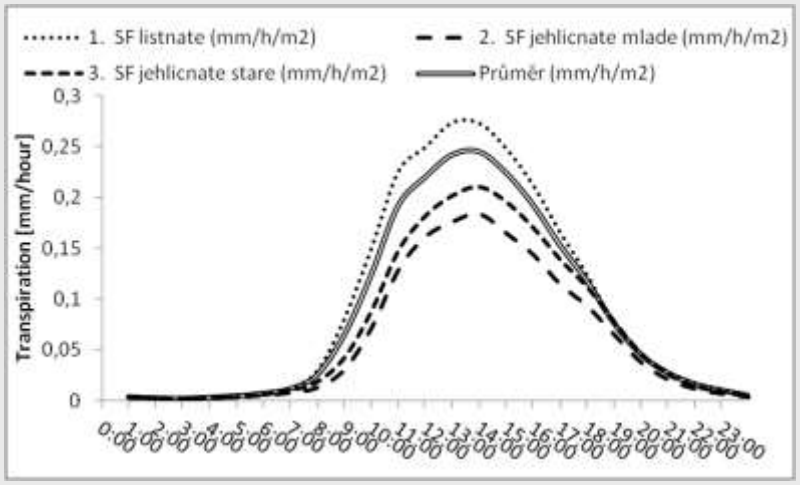
Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Výsledky

Vyhodnocení transpirace lesních porostů



Transpirace – vegetační období



Transpirace – bezesrážkové periody

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Výsledky

- na lokalitě - tři různě transpirující typy porostů
- absolutní hodnoty transpirace těchto typech dosahují odlišných hodnot, jejich dynamika je shodná
- během sledovaného vegetačního období - v dopoledních hodinách nárůst průměrné intensity transpirace cca. 8 – 11 hod , z 0,02 mm na 0,15 $mm/h/m^2$
- následuje postupná stagnace s hodnotou okolo 0,2 $mm/h/m^2$ a maximem okolo 14 hod

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Výsledky

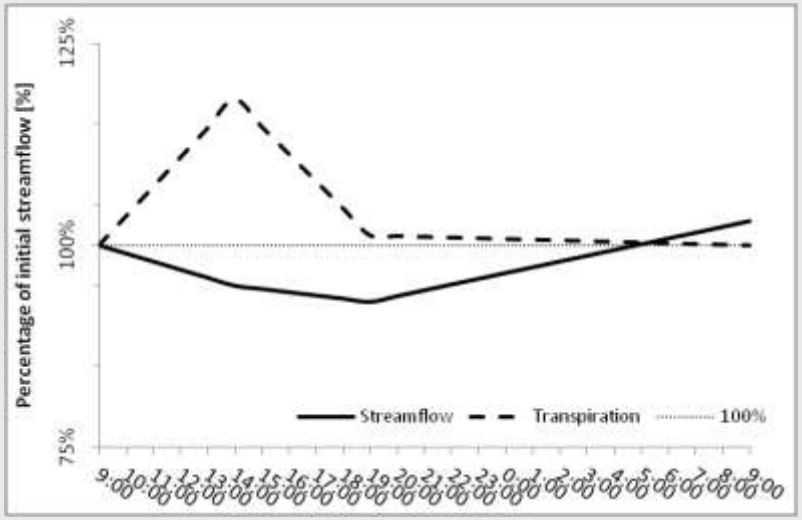
- po 16 hod dochází k pozvolnému klesání z 0,18 mm/h/m_2 na 0,02 okolo 21 hod
- po západu slunce je transpirace téměř nulová
- v případě suchých period je situace velmi podobná s náznakem dvojité amplitudy v 11 hod a následně ve 14 v souladu se zjištěním Stockera (1956), který uvádí, že při vysokých hodnotách výparu lze dvojitou amplitudu transpirace pozorovat

Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Výsledky

Srovnání transpirace a průtoků v recipientu – kumulované a absolutní hodinové průměry v bezesrážkových periodách

Experimental catchment, year	Daytime [hour]	Mean starting streamflow [dm3s-1]	Mean ending streamflow [dm3s-1]	Mean absolute change [dm3s-1]	Mean percentual change [%]	Hourly absolute change [dm3 s-1]
Kanice, 2012	9 - 14	0,45	0,4	-0,05	-11,1	-1,00E-02
Kanice, 2012	14 - 19	0,37	0,35	-0,02	-5,4	-4,00E-03
Kanice, 2012	19 - 9	0,37	0,47	0,1	27,0	7,14E-03
Experimental catchment, year	Daytime [hour]	Mean starting transpiration [mmhour-1]	Mean ending transpiration [mmhour-1]	Mean absolute change [mmhour-1]	Mean percentual change [%]	Hourly absolute change [mmhour-1]
Kanice, 2012	9 - 14	0,06	0,25	0,18	279,87	3,61E-02
Kanice, 2012	14 - 19	0,25	0,08	-0,17	-68,62	-3,37E-02
Kanice, 2012	19 - 9	0,08	0,06	-0,01	-16,11	-8,86E-04



Hydrická funkce lesa – další možnosti hodnocení (vlastní příklad)

Výsledky

- Časová dynamika průtoku během dne je v úzkém vztahu s transpirací porostů
- Intenzivní nárůst intenzity transpirace byl pozorován od cca 8 hod
- V návaznosti na něj dochází k poklesu průtoku v korytě, s přibližně hodinovým zpožděním od 9hod
- Po kulminaci transpirace okolo14 hod nadále setrvává kontinuální trend poklesu průtoku
- Minimum průtoků bylo pozorováno okolo 18 hod cca. 4 hodiny po dosažení denního maxima transpirace
- Denní maximum průtoku bylo pozorováno okolo 8 hod

Hydrická funkce lesa

- Hydrické účinky lesa:
  - Retence – dočasná schopnost zadržet vodu v prostředí. Je funkcí geomorfologie, geologie, pedologie, vegetace a technických opatření v povodí.
  - Akumulace – schopnost dlouhodobého udržení vody v krajině. Je realizována vsakem vody do půdního prostředí a transformací srážkové vody v podzemní vodu.
  - Retardace – schopnost zpomalení odtoku z povodí a tím zmenšení kulminačních průtoků a oddálení kritické doby doběhu.
- Vodohospodářské účinky lesa
  - Kvalita odtokového množství
  - Kvantita odtokového množství
  - Jakost vod (chemismus)

Vodohospodářská funkce lesa – funkční typy lesů

- Lesy pramenných oblastí
  - Horské oblasti
  - Pahorkatinné oblasti
- Lesy CHOPAVú
- Lesy v PHO I
- Lesy v okolí vodohospodářských toků a nádrží

Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů

„Udržení lesa a jeho inventáře v kondici“

(odpovídající dřevinná skladba v odpovídajících podmínkách, zdravá půda, zdravý les, optimální inventář)

- Organizační - Program 2000 (LČR)
- Technická

- Preventivní (strategická)
- Operativní (leso-technická)

Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – organizační (Program 2000)

1. **Lesy v povodích (ochranných pásmech) vodních zdrojů**

   Cíl: ochrana jakosti surové vody a ochrana vodního režimu na přítocích do nádrží

   – Souběh funkce produkční s funkcí vodohospodářskou
   – „Veškerá“ leso-technická opatření 50m od zdroje
   – Podrostní (výběrný) a násečný HZ, přirozená obnova, **zabránění vniku organické hmoty do vodního zdroje**, zabránění znečištění vodního zdroje
   – Vodoochranné funkční typy lesů – ochranné pásy lesa o šířce 20 – 150 m

Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – organizační (Program 2000)

2. **Lesy v chráněných oblastech přirozené akumulace vod (CHOPAV)**

   Cíl: přiměřená ochrana kulturní krajiny před vodní erozí a zachování a zlepšení detenční (útlumové) vodohospodářské funkce lesa

   – Vyčleňují funkční skupiny lesů: s funkcí vodoochrannou, s funkcí protierozní, s funkcí desukční

   – Opatření shodná jako u PHO (OPPPV)

Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – organizační (Program 2000)

3. Budování a údržba studánek, pramenů a pramenišť

Cíl: Ochrana jakosti pramene (10 m jeho okolí) a v infiltračním území nad pramenem

- vyloučit přejezdy lesnické techniky v blízkosti vodních zdrojů
- vyloučit veškeré zemní práce, které by mohly ohrozit vydatnost či kvalitu vody
- vyloučit chemický posyp cest v blízkosti vodních zdrojů a chemické ošetřování porostů, hnojení, trvalé i dočasné skladování chemikálií, chemickou asanaci dřevní hmoty včetně lapáků
- vyloučit budování a provoz krmných zařízení a slanisek pro zvěř včetně volného přikrmování zvěře
- k údržbě a obnově cest používat pouze inertních přírodních materiálů (ze zdrojů se stejným pH).

Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – organizační (Program 2000)

4. Obnova vodních nádrží v lesích

Cíl: Obnova původních a budování nových víceúčelových MVN v lesích

- vytipovat vhodné lokality pro obnovu a vytváření nových drobných vodních nádrží (do 2 ha)
- zajistit nepropustnosti hráze vhodným technickým opatřením vyplývajícím z hydrogeologického průzkumu
- vybudovat nebo rekonstruovat stávající objekty
- vytvořit retenční prostor s nezbytným ponecháním ostrůvků a okrajových mokřadních ploch
- vytvářet podmínky pro návštěvníky lesa estetickou úpravou, případně dosadbou vhodných dřevin na hrázi nádrže.

Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – organizační (Program 2000)

4. Obnova vodních nádrží v lesích

Funkce MVN v lesích:

- hydroakumulační a retenční funkce,
- nadlepšování vodní bilance
- protipovodňová ochrana;
- vytváření vhodných biotopů pro faunu a flóru
- protipožární funkce
- ovlivnění mikroklimatu
- rekreační a estetické funkce

Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – preventivní (strategická)

- **Postupná přeměna smrkových porostů**, zejména **ve třetím a čtvrtém lesním vegetačním stupni**, na porosty s buď jednotlivou příměsí nebo zcela bez smrku
- **Pro(pře)pracování systémů lesnické typologie**, tvorby hospodářských souborů a s nimi souvisejících rámcových směrnic hospodaření alespoň v nejvíce ohrožených lokalitách a tyto pak opět za státního dohledu (orgány státní správy lesů) důsledně dodržovat v praktických lesnických činnostech.

Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – preventivní (strategická)

- **Vytvoření bilančního pěstební systému**, založeného na provozním měření veškerých složek vodní bilance lesních porostů (srážky, přítok, odtok a výpar) v lesních mikropovodích a na základě lesnické typologie formulovat takové optimalizované dřevinné skladby a pěstební (a nakonec i těžební) zásahy v nich, které alespoň **vyrovnané vodní bilance v malých vodohospodářských povodích** nebudou narušovat.

Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – leso-technická

- Minimalizace vlivu LH na lesní půdu (zajištění dostatečné infiltrační kapacity) – pojezdy mechanizace, vyklizování atp.
- Důsledná sanace potěžebních či jiných technologických narušení půdy
- Po těžbách klest vyrovnávat do hromad orientovaných po vrstevnici
- Na těžebních plochách ponechávat v rozumné míře přirozené změny mikroreliéfu (např. vývratové jámy)
- Minimalizace holosečných těžebních prvků

Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – leso-technická

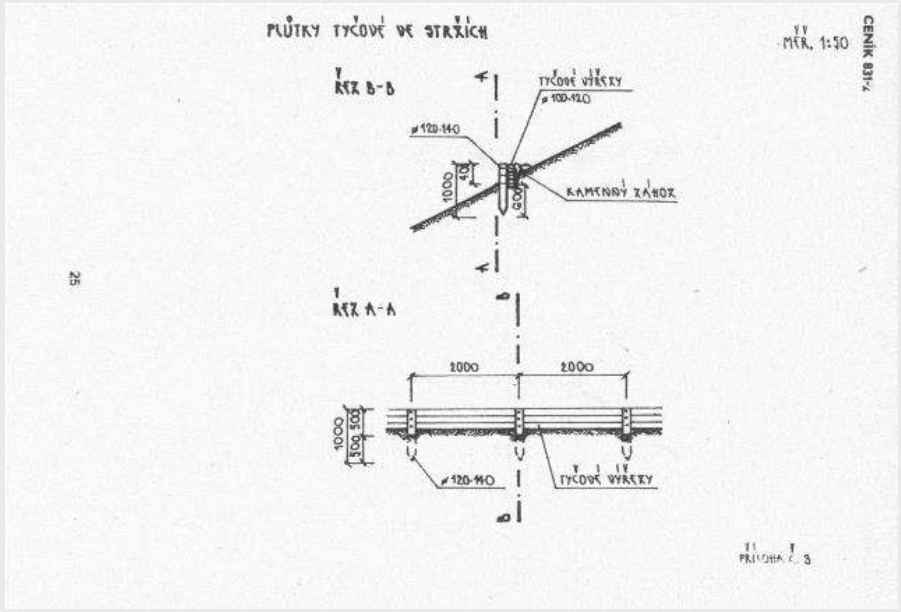
- Minimalizace uzavřených povrchů na stavbách určených k plnění FL – cesty, skládky, manipulační plochy
- Zaúsťování svodných příkopů a rigolů do drénů (ne do toků), případně jejich řízené rozlivy
- Hrazení strží
- Revitalizace vodních toků
- Výstavba malých vodních nádrží

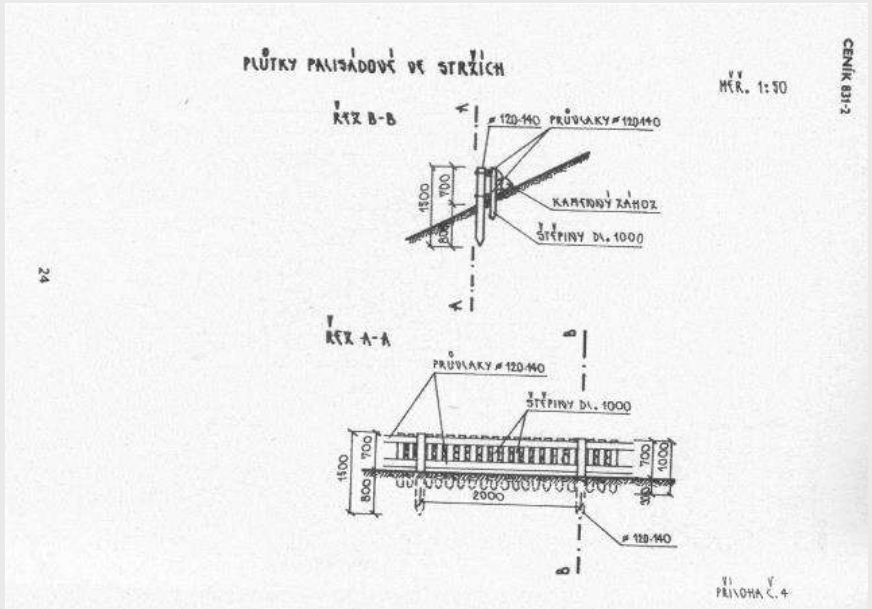
Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – leso-technická

- Klasická „technická“ opatření hrazenářské historie
  - Zápletové plůtky
  - Palisády
  - Podélné lavice a lavičky
  - Nízké kamenné zídky
  - Garnisáže, klejosáže, vrbové krytiny
  - Haťové a povázkové konstrukce
  - Srubové konstrukce
  - Drátěné konstrukce atp.

Zdroj: Šlezingr, Pelikán, 2016

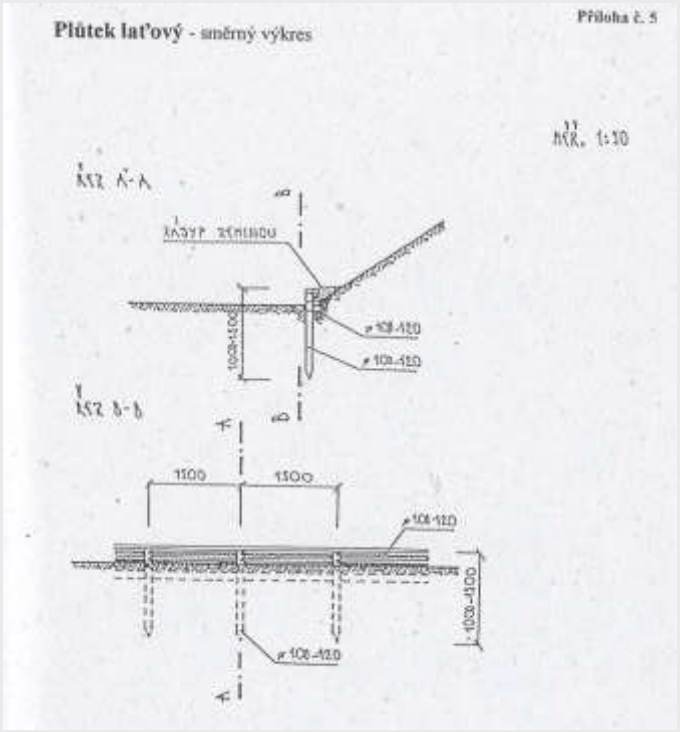
Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – leso-technická

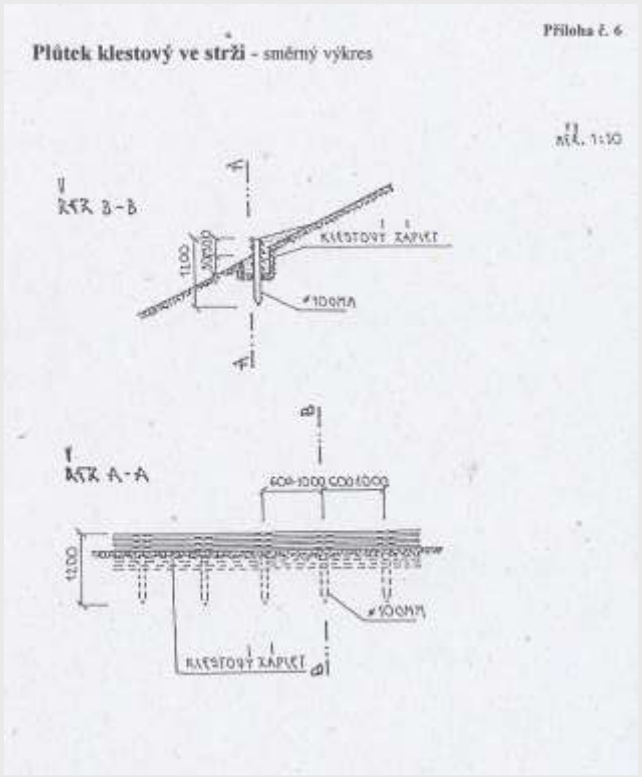




Zdroj: Ceníky RTS (URS) 831 - 2 - Hydromeliorace lesnicko-technické

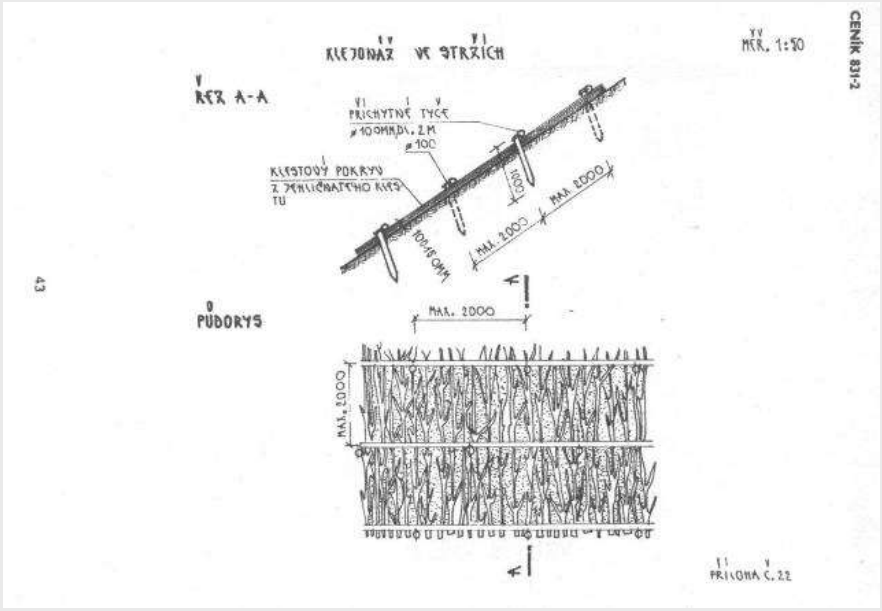
Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – leso-technická

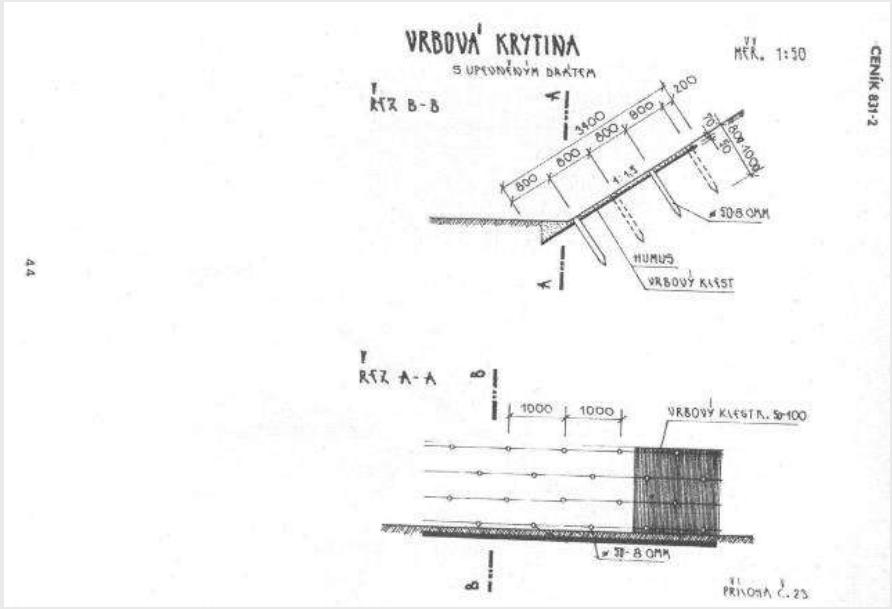




Zdroj: Ceníky RTS (URS) 831 - 2 - Hydromeliorace lesnicko-technické

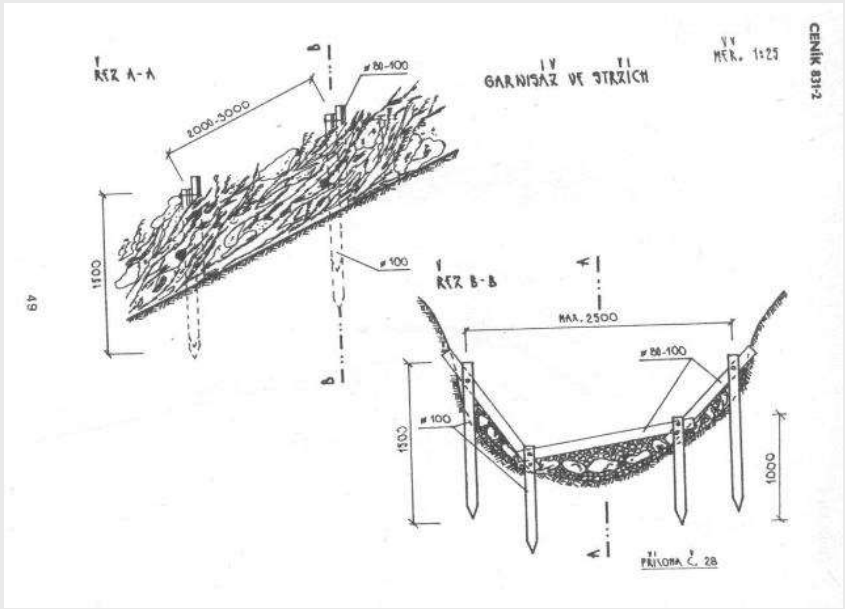
Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – leso-technická

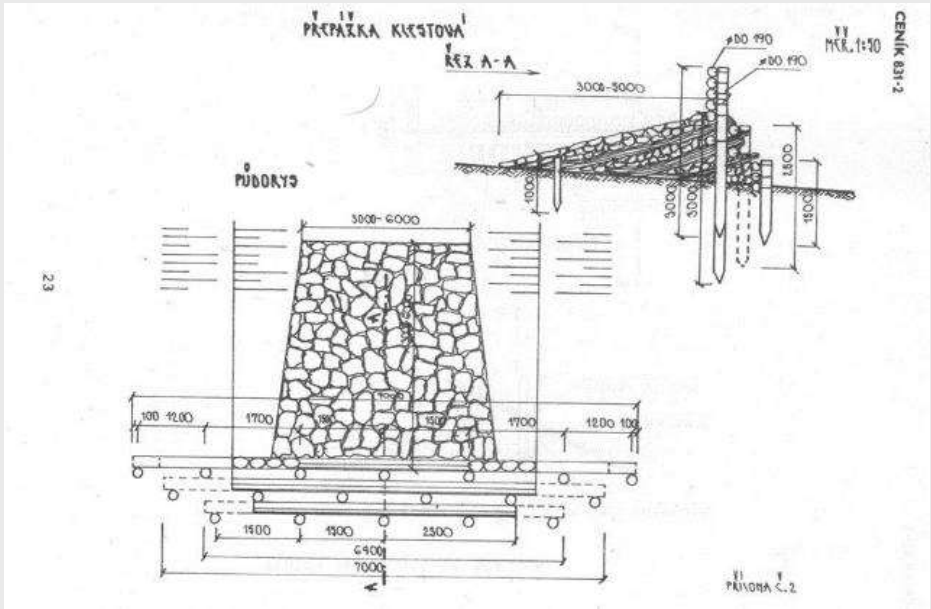




Zdroj: Ceníky RTS (URS) 831 - 2 - Hydromeliorace lesnicko-technické

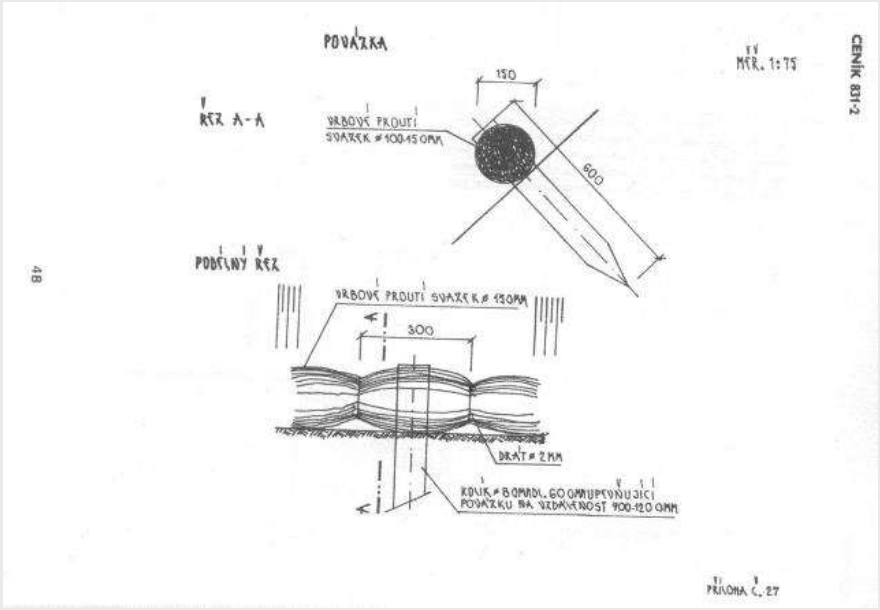
Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – leso-technická

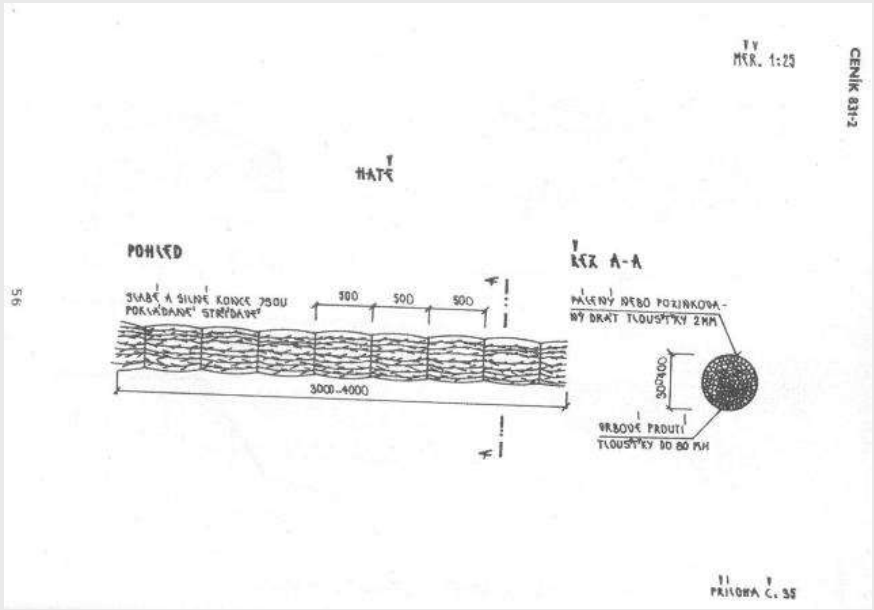




Zdroj: Ceníky RTS (URS) 831 - 2 - Hydromeliorace lesnicko-technické

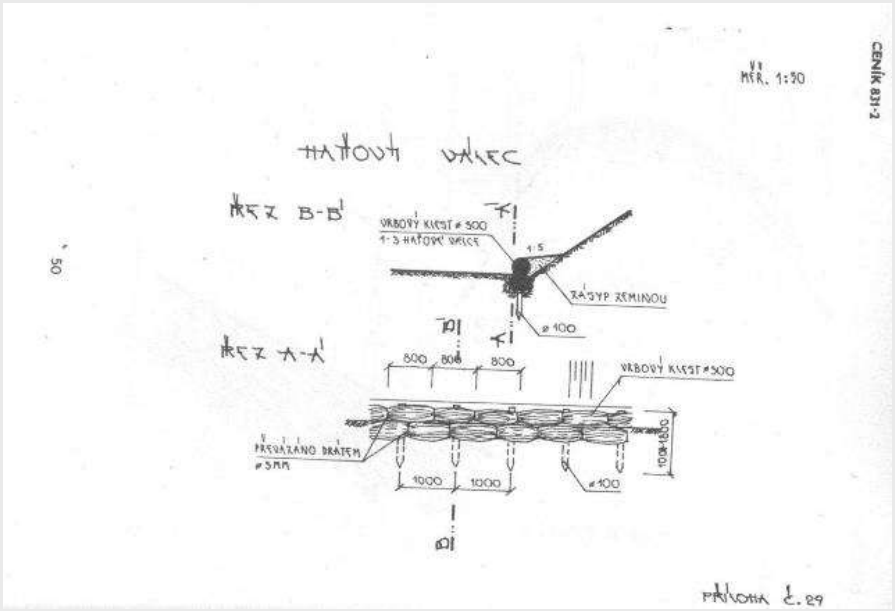
Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – leso-technická





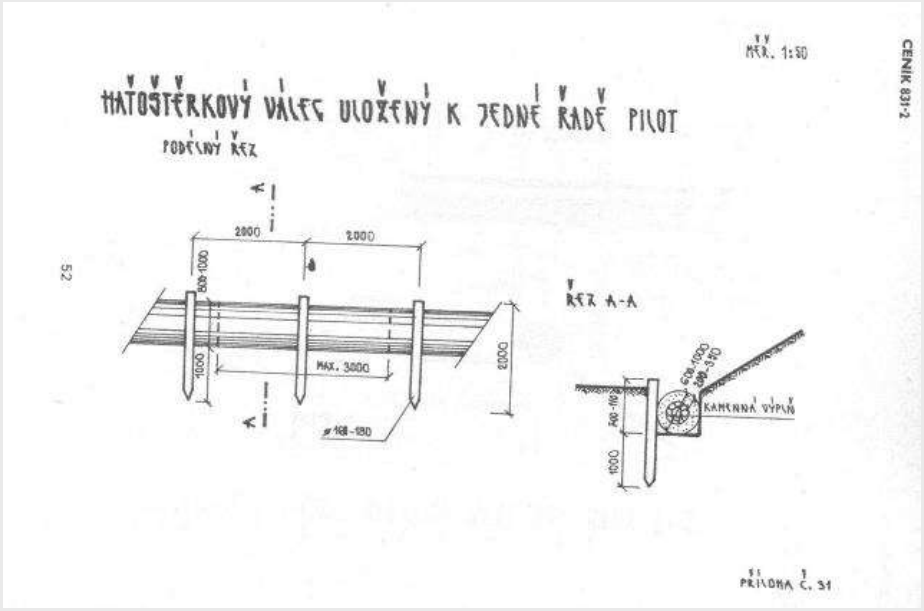
Zdroj: Ceníky RTS (URS) 831 - 2 - Hydromeliorace lesnicko-technické

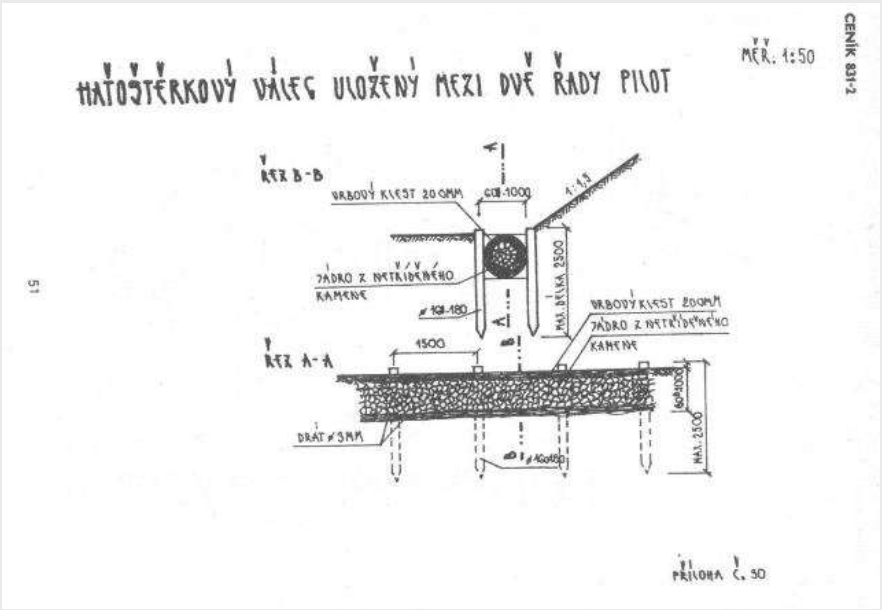
Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – leso-technická



Zdroj: Ceníky RTS (URS) 831 - 2 - Hydromeliorace lesnicko-technické

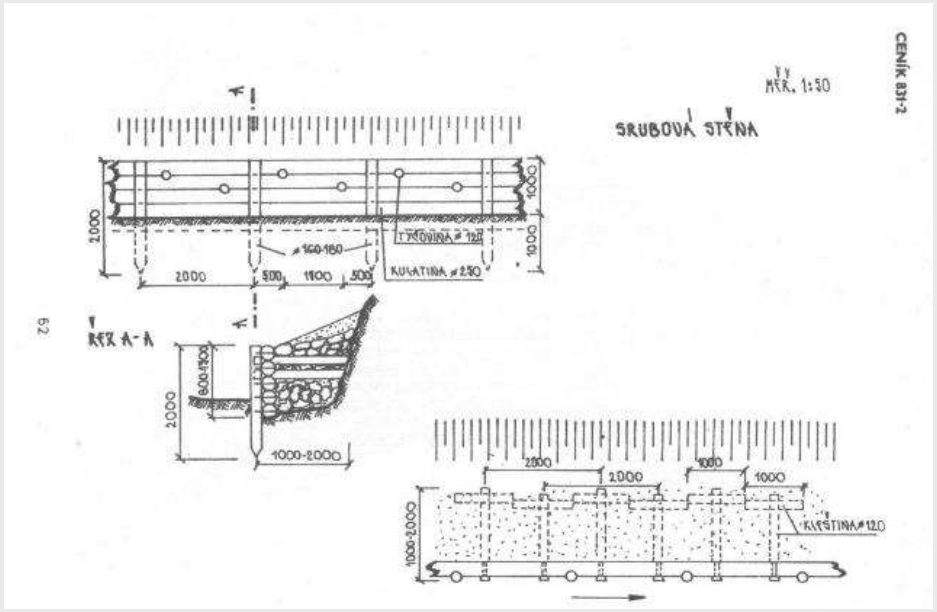
Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – leso-technická

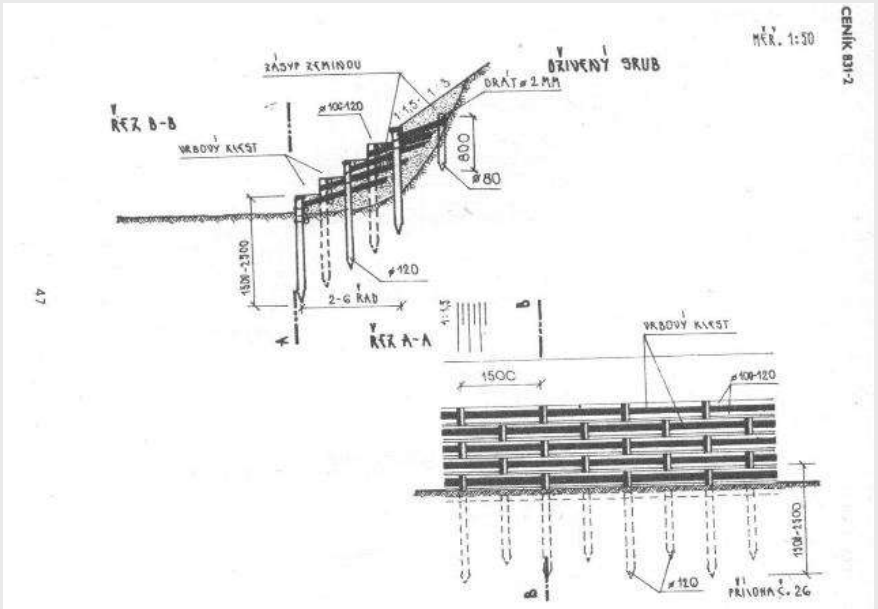




Zdroj: Ceníky RTS (URS) 831 - 2 - Hydromeliorace lesnicko-technické

Opatření pro zpomalení odtoku srážkové vody z lesů – leso-technická





Zdroj: Ceníky RTS (URS) 831 - 2 - Hydromeliorace lesnicko-technické

Děkuji za pozornost

Doc. Ing. Petr Kupec, Ph.D.
ÚTOK LDF MENDELU v Brně
Zemědělská 3
613 00 Brno
petr.kupec@mendelu.cz
pkupec@seznam.cz

Veškeré použité zdroje jsou k dispozici u autora prezentace