

## Voda v lesních ekosystémech



Tento projekt je spolufinancován Evropským sociálním fondem a Státním rozpočtem ČR InoBio – CZ.1.07/2.2.00/28.0018

---

---

---

---

---

---

---

---

## Osnova

- Globální kolobeh vody
- „Malý“ kolobeh vody
- Ekofyziologický význam vody
- Voda jako prostředí rostlin („vodní rostliny“)
- Les a kvalita vodních zdrojů
- Les a povodně
- Voda v lužních lesích

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---



Globální kolobeh vody na Zemi




---

---

---

---

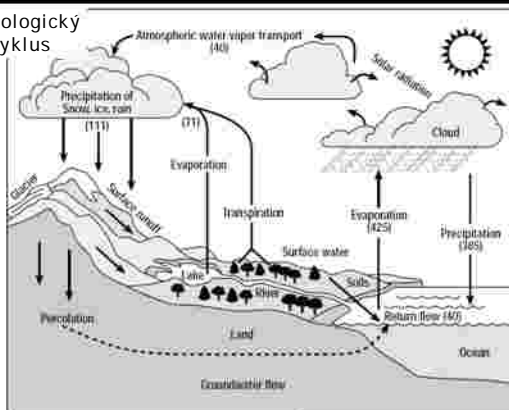
---

---

---

---

Hydrologický cyklus



V závorkách bilance vody v  $10^{12} \text{ m}^3 \text{ rok}^{-1}$

---

---

---

---

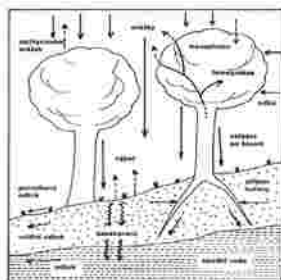
---

---

---

---

Kolobeh vody lesním ekosystému




---

---

---

---

---

---

---

---

### Příjmové položky

- Atmosférické srážky (déšť, sníh, kroupy)
- Podkorunové srážky „throughfall“
- Voda stékající po kmeni „stemflow“
- Mlha
- Rosa
- Povrchový odtok (i ztrátová položka)
- Podpovrchový odtok (i ztrátová položka)
- Podzemní voda

---

---

---

---

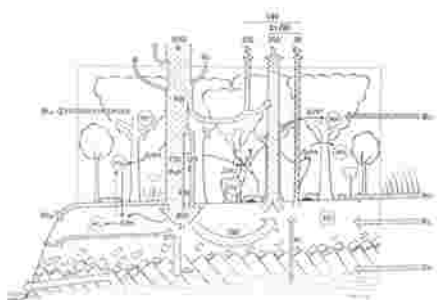
---

---

---

---

### Bilance vody v lesním ekosystému



R – srážky, Bli – mlha, N – mraky, Ro – rosa, RB – bruto srážky, RSi – povrchový odtok, DH – horizontální drenáž, Pe D – přímý pruník, Eg – voda okapávající, Ec – voda stékající, RN – netto srážky (celkový příjem)

---

---

---

---

---

---

---

---

### Výdajové položky

- Intercepce (zadržení vody korunami)
- Transpirace (z povrchu listu - transpirací proud)
- Evapotranspirace (z povrchu listu a pudy)
- Evaporace (výpar z volné hladiny)
- Infiltrace (kapilární voda)
- Transpirací proud – transpirace
- Potenciální evapotranspirace – ztráty transpirací rostlinného krytu pokrývajícího plně pudy.
- Reálná evapotranspirace - celkové množství srážkové vody vrácené do atmosféry.
- Povrchový a podzemní odtok

---

---

---

---

---

---

---

---

## Vodní bilance

„Obecná bilanční rovnice“

$$?Ws = Sv + Sh - I - Es - T - Op - Oz$$

?Ws – změna zásoby vody v puce

Sv – vertikální srážky

Sh – horizontální srážky

I – intercepce (zachycení srážek na povrchu vegetace)

Es – evaporace (výpar z pudy)

T – transpirace rostlin

I+Es+T – evapotranspirace

Op – povrchový odtok

Oz – podpovrchový odtok (podzemní)

---

---

---

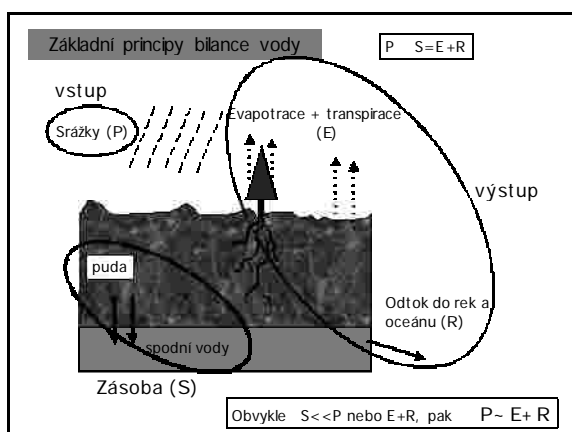
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

## Atmosférické srážky

- Vertikální (děst, sníh)
  - zeměpisná šířka, délka, nadmorská výška, v CR od 440 mm – 2100 mm, nejčastěji 500-600 mm, rozložení srážek,
  - dostupnost srážek rostlinám je ovlivňován reliéfem terénu (návetrná, závetrná strana pohorí), pudou a charakterem porostu
  - sklon stanoviště (rychlost odtoku)
  - nadmorská výška (nejvyšší srážky v pásmu mlh a oblaků)
  - vliv povrchového humusu, pudního humusu, textury a struktury pudy (zrnitost, pudní póry, pudní agregáty)
  - na charakteru porostu, porostech=intercepce (sm až 50% vody zadrží v korunách, bk-20-30%), drsnost kmene – bk až 1/5 celkové vody

---

---

---

---

---

---

---

---

### Horizontální srážky – kondenzací

- Mlha, rosa, jinovatka, námraza
  - vznik kondenzací vodní páry (teplota klesne k teplotě rosného bodu) pro daný obsah vodní páry ve vzduchu
  - mlha = na kondenzacích jádrech (prach), rosa na povrchu rostlin, pudy..)

---

---

---

---

---

---

---

---

### Sníh

- Zdroj vody (pozdvolné vsakování)
- Tepelný a vlhkostní izolátor
  - rostliny ne snášející dlouhodobou pokrývku sněhu = chianofóbní, společenstva společenstva chianofóbní
  - rostliny snášející dlouhodobou pokrývku = chianofylní, společenstva chianofylní
- Mechanické vlivy (laviny, mokřý sníh, obrušování větrem - vlajkové formy stromu)

---

---

---

---

---

---

---

---

### Ekofyziologický význam vody pro rostliny

- Umožňuje příjem živin a metabolické procesy (fotosyntéza, respirace...) – terestrické rostliny
- Výdej vody („vodní pumpa“, stomatární transpirace, gutace)

---

---

---

---

---

---

---

---

### Vodní bilance rostlin

$$? W_r = A - T$$

A – absorpce vody (prijatá voda)

T – Transpirace (vydaná voda)

Pri záporných hodnotách = vodní deficit, snížení turgoru, vadnutí

Vodní sytostní deficit – vypočtená hodnota, kolik vody v % chybí v pletivu do plného nasycení

---

---

---

---

---

---

---

---

### Príjem vody rostlinou

- Bezcévnaté rostliny celým povrchem (baktérie, rasy, houby, lišejníky..)
- Cévnaté rostliny terestrické – (koreny), vyjma epifitické orchideje, bromélie
- Příjem vody závisí na:
  - fyzikální a chemické vlastnosti pudy (textura, struktura, humus, hloubka pudy..)
- Korenový systém

---

---

---

---

---

---

---

---

### Formy vody v puce

Adsorbce vázaná – poutaná na pudní částice, molekuly vody poutané k povrchu pevných částic adsorpčními a osmotickými silami (pro rostliny fakticky neprístupná)

Hygroskopická voda je v puce silne poutána a může být přijímána jen některými mikroorganismy. Představuje prechod k vode kapilární

Kapilární – do 0,2nm neprístupná, 0,2-0,10nm přístupná (stredne velké kapilární póry), Rozeznáváme kapilární vodu vzlinající (pohyb vzhuru proti gravitaci) a kapilární vodu zavešenou

Volná – nekapilární póry nad 10nm (voda přístupná)

Gravitacní – póry nad 50nm (pršsaková, přístupná), prebytek vody nad polní vodní kapacitu.

Podzemní – volná hladina (aluvialní území..)

---

---

---

---

---

---

---

---





### Vodní potenciál „Retenční cíary vlhkosti“ – hodnota pF

- Retenční cíara vlhkosti (též pF cíara) je grafickým zobrazením vztahu mezi vlhkostí a sacím tlakem pudy.
- pF = logaritmus výšky vodního sloupce (cm), který má hydrostatický tlak odpovídající vodnímu potenciálu pudy
- Prubeh retenční cíary závisí na zrnitostním a mineralogickém složení pudy, obsahu humusu, výmenných kationtech, strukture a objemové hmotnosti.
- Urcuje se pro každou pudu zvlášť.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Pudní hydrolimity

- Plná vodní kapacita (maximální vodní kapacita, vlhkost nasycení) je hodnota vlhkosti při úplném zaplnění pudních póru a dutin vodou.
- Bod vadnutí (BV) znamená vlhkost pudy, při které rostliny nejsou dostatečně zásobeny pudní vodou a vadnou. Vadnutí probíhá v dost širokém intervalu vlhkosti, proto se jako mezní limit udává spodní mez tohoto intervalu. Vlhkost pudy, při které se již projevuje trvalé vadnutí, závisí na druhu rostliny, jejím vývojovém stádiu atd. Hodnota pF pro bod vadnutí je stanovena na 4,18.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Pudní hydrolimity - pokračování

- Polní kapacita je množství vody, které je puda schopna po infiltraci udržet delší dobu. Stanovuje se terénním pokusem.
- Retenční vodní kapacita (RVK) je vlhkost dosažená za stejných podmínek jako polní kapacita, avšak v homogenním profilu.
- Absolutní vodní kapacita (maximální kapilární kapacita – MKK) je hydrolimit, který nahrazuje obtížně stanovitelnou polní kapacitu. Tato hodnota se stanovuje laboratorně.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Pudní hydroimity - pokračování

- Bod snížené dostupnosti - vlhkost, při níž se podstatně snižuje pohyblivost pudní vody. Tento bod se nachází mezi retenční vodní kapacitou a bodem vadnutí. Také se označuje jako vlhkost prerušení kapilární spojitosti, vlhkost zpomalení růstu nebo lentokapilární bod.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Výdej vody rostlinou Transpirace

- Transpirace je výdej vody povrchem rostlin, respektive listem. Je ukončením tzv. transpiračního proudu, který vede vodu z korenu cévními svázkami do listu (hydrostabilní rostliny x hydrolabilní rostliny)
- Transpirace umožňuje zásobování všech částí rostliny vodou a minerálními živinami, zabranuje prehrívání listu
- Stomatální x kutikulární (difuze vodní páry stomaty nebo kutikulou)
- Faktory: teplota, nasycenost vodními párami, dostupnost vody v pudě
- Zajišťuje správný průběh fotosyntézy, dýchání a přenos minerálních živin v rostlině (podrobně viz kap. vodní provoz)
- Souvislé rostlinné porosty transpirací vyrovnávají teplotní rozdíly mezi dnem a nocí.
- Příbuzným jevem je gutace, kdy dochází k výdeji vody v kapalné formě.

---

---

---

---

---

---

---

---

### Koeficient transpirace

- Udává, kolik gramů vody musí rostlina odparit, aby vytvořila 1 g sušiny.

- Dub 340
- Brýza 320
- Buk 170
- Borovice 300
- Modřín 260
- Smrk 230
- Douglaska 170

---

---

---

---

---

---

---

---

### Clenění rostlin podle nároku na vodu

Hygrofyty (vlhkomilné) – rostliny mající některé části ponořené ve vodě nebo žijící na zamokřených půdách.

Hydrofyty – vodní rostliny

Helofyty – bahenní rostliny

Xerofyty – rostliny přizpůsobené fyziologickými a morfologickými vlastnostmi růstu a rozmnožování pro obývání suchých stanovišť

---

---

---

---

---

---

---

---

### Adaptace rostlin

- Zvětšení korenového systému
- Zvýšení „sávé síly“ korenu – snížení min vodního potenciálu korenu
- Xeromorfní modifikace listu a stonku
- Snížení plochy transpirujících orgánů
- Změna poměru podzemní/nadzemní biomasy
- Zásobní pletiva (sukulenty)...

---

---

---

---

---

---

---

---

### Voda jako životní prostředí rostlin

- Voda „sladká“
- Voda slaná
- Voda brakická
  - obsah solí, hustota záření – fotická zóna, hloubka vody, oxid uhličitý, obsah kyslíku, minerální živiny
  - epilitorál, eulitorál, sublitorál
- Biotopy ovlivněné vodou - mokřady, vodní toky, prameniště, rašeliniště, lužní lesy (Katalog biotopu)

---

---

---

---

---

---

---

---

### Vodní bilance dospělých smrkových a bukových porostů

Autor	Srážky volné plochy	Smrk		Buk	
		celkový výpar	odtok	celkový výpar	odtok
Brechtel, Høyningen - Huene (1978) NSR - Frankfurt n.M.	663 mm	582 mm 88 %	81 mm 12 %	554 mm 84 %	109 mm 16 %
Benecke, van der Ploeg (1978) NSR - Solling	1066 mm	616 mm 58 %	450 mm 42 %	515 mm 48 %	551 mm 52 %
Ambros (1978) Slovensko - Karpaty	1100 mm	550 mm 50 %	550 mm 50 %	451 mm 41 %	649 mm 59 %
Zelený (1971, 1974) CR - Beskydy	sm 1080 mm bk 1250 mm	476 mm 44 %	604 mm 56 %	433 mm 35 %	817 mm 65 %
Kantor (1984) CR - Orlické hory	1296 mm	491 mm 38 %	805 mm 62 %	346 mm 27 %	950 mm 73 %

Příklad výsledku - Beskydy - srážko odtokové pomery 1954-2005 (Biba et al. 2006)

Letecký snímek povodí Malá Ráztoka.



Letecký snímek povodí Červík.



- Vztah srážek a odtoku je více závislý na přírodních podnehtech než na metodách hospodárení.
- Velikost retenční kapacity lesních půd cca 50 mm v daných podmínkách.
- Protipovodňová a protierozní funkce lesu ovlivnitelná lesním hospodárením.

Příklad vodní bilance Dražanská vrchovina (Klím et al. 2010)  
Smrkový porost 80 let

	mm	%
Total annual precipitation of the open area	674	
Total precipitation of the open area in the growing season	422,7	100
Stand precipitation	269,7	64
Stem low	4,1	1
Sum of stand precipitation and stem low	273,8	65
Interception	149,6	35
Surface and slope runoff in a layer 90 cm thick	10,2	2
Subsurface runoff	27,4	7
Water supplies in the soil profile	48,4	11
Potential evapotranspiration	450,7	107
Actual evapotranspiration (calculation)	295,0	69
Actual evaporation from soil	83,1	20

### Otázky

- Příjmové položky
- Výdajové položky
- Intercepce
- Evapotranspirace
- Pudní hydrolimity
- Delení rostlin podle nároku na vodu
- Adaptace rostlin
- Příklady

---

---

---

---

---

---

---

---

### Literatura

- J. Slavíková – Rostlinná ekologie
- Begon M., Harper J., Townsed, C – Ekologie
- Kulhavý a kol. - Ekologie lesa (Doplňkový ucební text)
- Chytrý M – Katalog biotopu
- Kutílek, M. - Vodohospodářská pedologie
- Šterba, O. - Říční krajina a její systémy

---

---

---

---

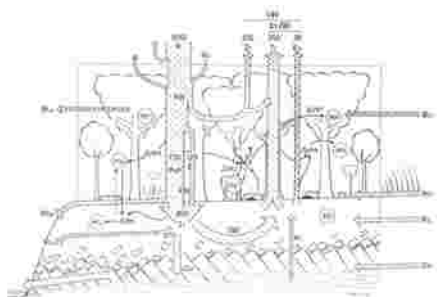
---

---

---

---

### Bilance vody v lesním ekosystému



R – srážky, BI – mlha, N – mraky, Ro – rosa, RB – bruto srážky, RSI – povrchový odtok, DH – horizontální drenáž, Pe D – přímý pruník, Eg – voda okapávací, Ec – voda stékající, RN – netto srážky (celkový příjem)

---

---

---

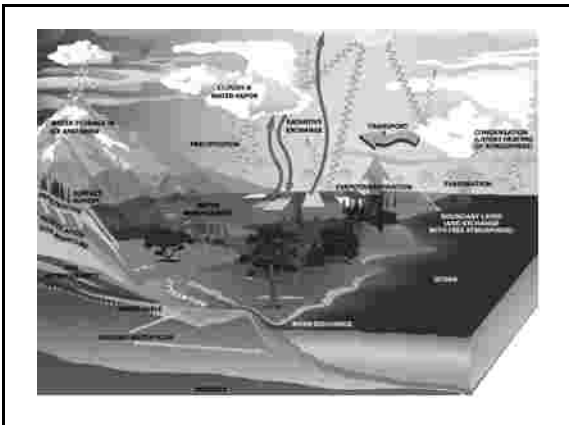
---

---

---

---

---




---

---

---

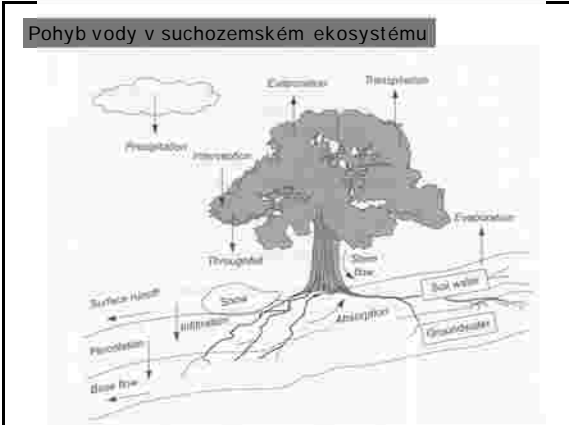
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---



**Vstup vody do ekosystému**

- přímé srážky
- spodní voda - mokřady
  - některé pouštní rostliny
  - jezera a reky
- srážení vodní páry  
(např. ekosystémy s nízkými srážkami ale častými mlhami, ekosystémy s velkým rozdílem teplot den x noc)

**Hlavní zásobárna vody v suchozemském ekosystému – půda**  
 prostor, který je naplněn deštěm a vyprázdněn evapotranspirací nebo odtokem)

**Voda v půdě:**

- póry
- vazba na org. hmotu a jílové částice

**Závislost na:**

- Obsahu jílových minerálů
- Obsahu organické hmoty
- Hloubce profilu

silt = prach  
 clay = jíl  
 loam = hlina  
 wilting = vadnutí

---

---

---

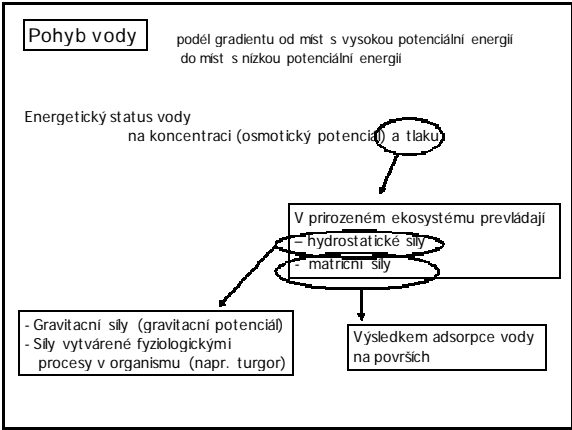
---

---

---

---

---




---

---

---

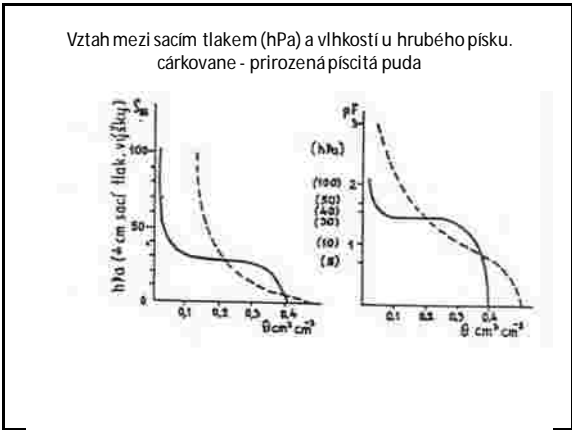
---

---

---

---

---




---

---

---

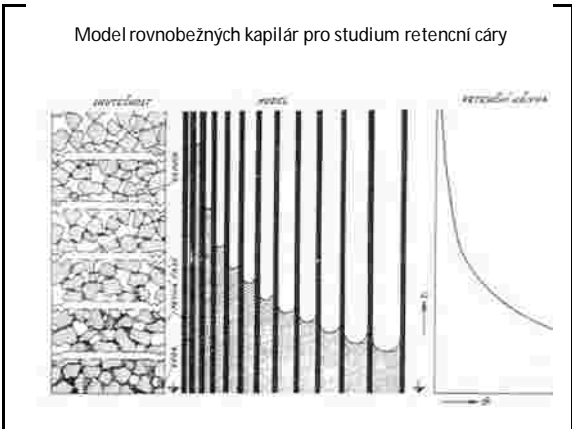
---

---

---

---

---




---

---

---

---

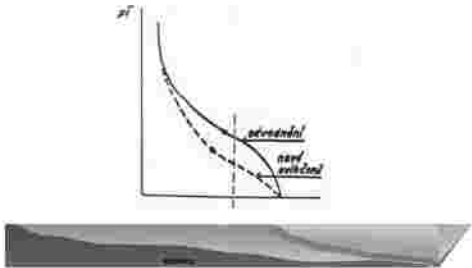
---

---

---

---

Vztah sacího tlaku a vlhkosti pri odvodnovacím a zvlhčovacím postupu.




---

---

---

---

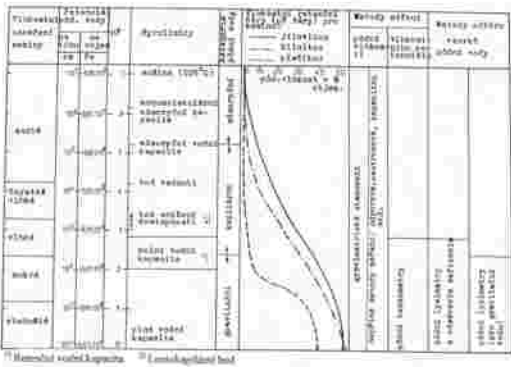
---

---

---

---

Vztahy mezi různými jednotkami potenciálu, hydrolimity a vlhkosti půdy.




---

---

---

---

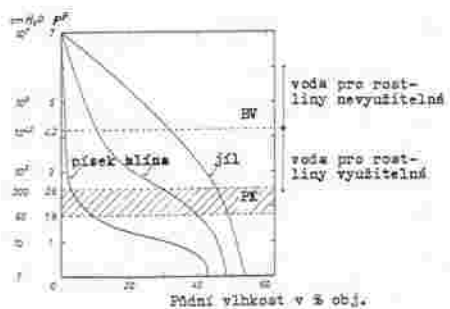
---

---

---

---

Vztah mezi sacím tlakem a obsahem vody u písčité, hlinité a jílovité zeminy z ornického horizontu (PK – polní kapacita, BV – bod vadnutí)




---

---

---

---

---

---

---

---