

# Ekosystémové inženýrství a komplexita půd v přirozených temperátních lesích

Stromy



Půdy

Pavel  
Šamonil

Department  
of Forest  
Ecology,  
VUKOZ

# Struktura přednášky:

- Teoretické představy o evoluci půd
- Skutečná pedodiverzita a pedokomplexita
- Přehlížené faktory pedokomplexity
- Interakce stromy-půdy, ekosystémové inženýrství
- Závěr

# Teorie

Matečná hornina

Klima

Reliéf terénu

Organismy

Čas







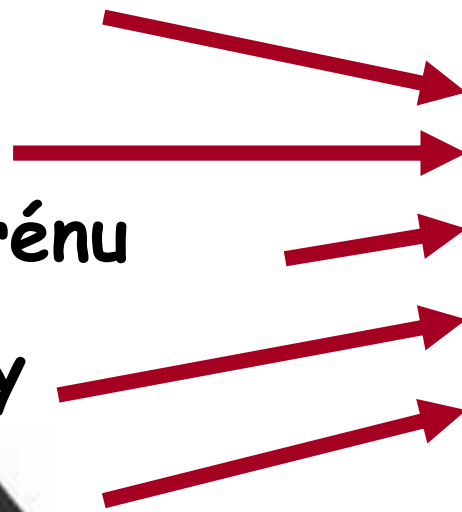
**Matečná hornina**

**Klima**

**Reliéf terénu**

**Organismy**

**Čas**





**Matečná hornina**

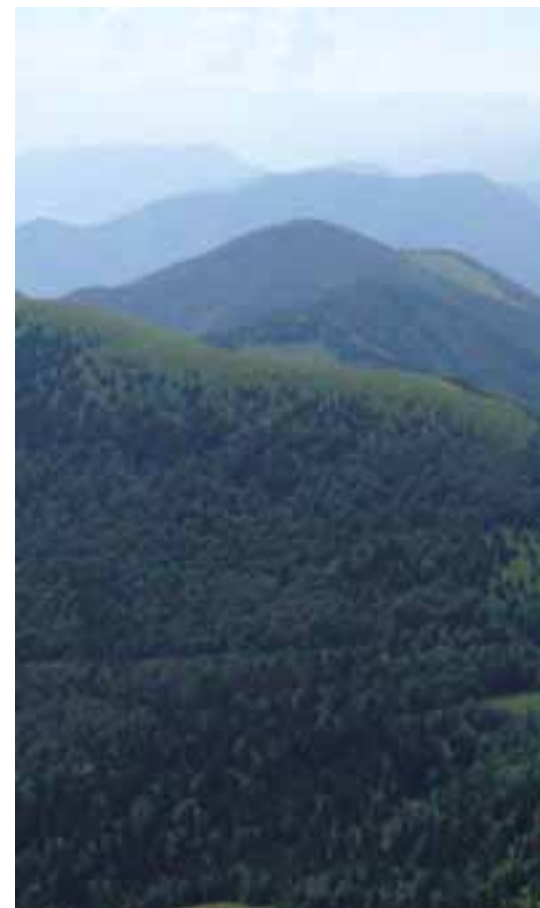
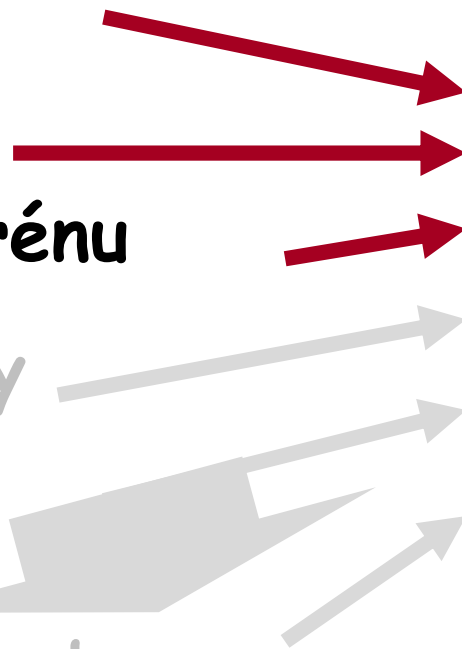
**Klima**

**Reliéf terénu**

**Organismy**

**Čas**

**Disturbance**

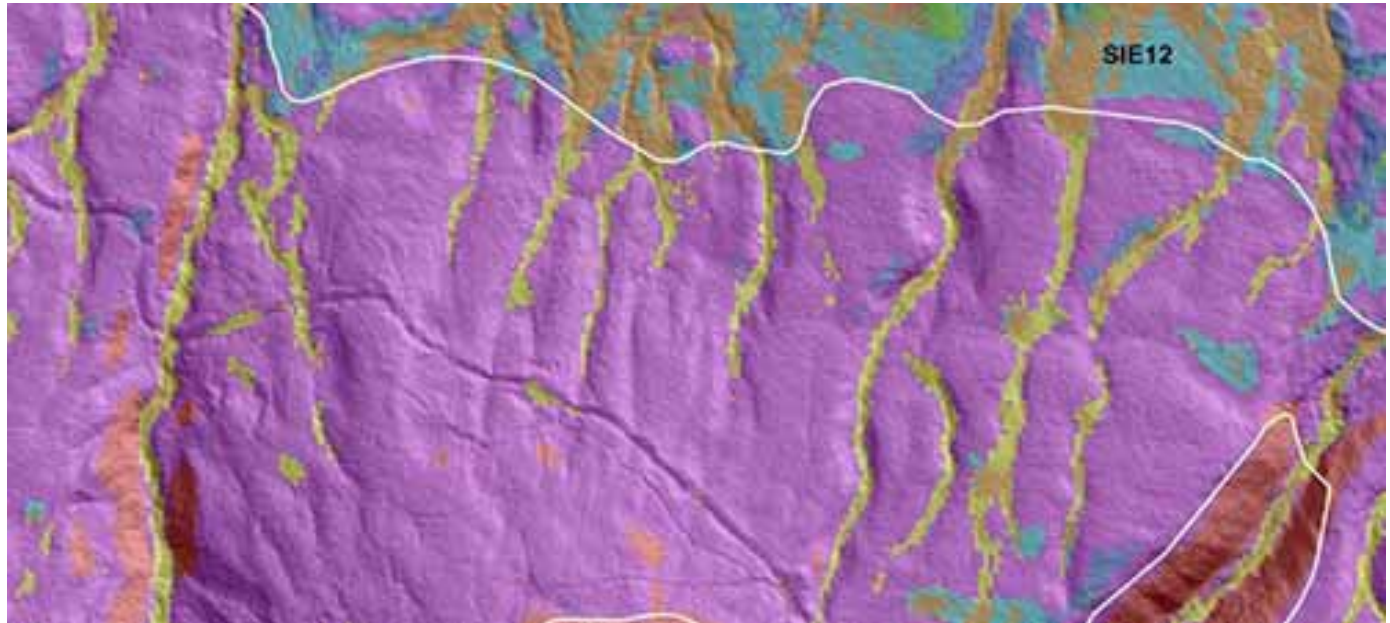


Málo se ví o působení faktorů v prostoru



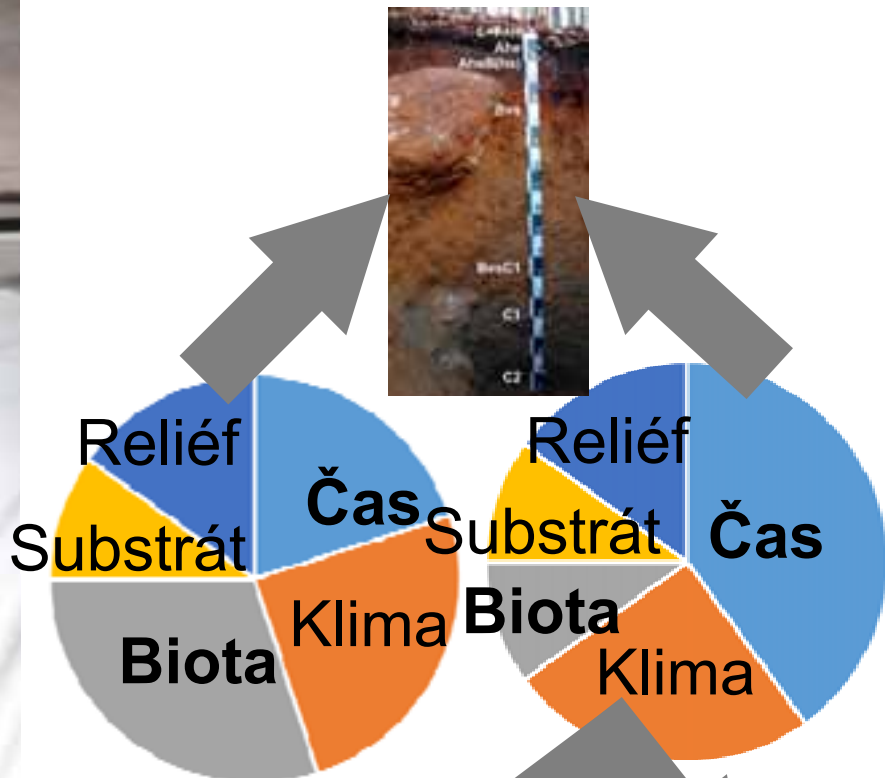
# Evoluční teorie pedogeneze

- **Prostor:** homogenní skvrny závislé na reliéfu terénu, zonalita půd
- **Čas:** sbíhavá (konvergentní) evoluce – homogenizace půdních vlastností (např. hloubky)



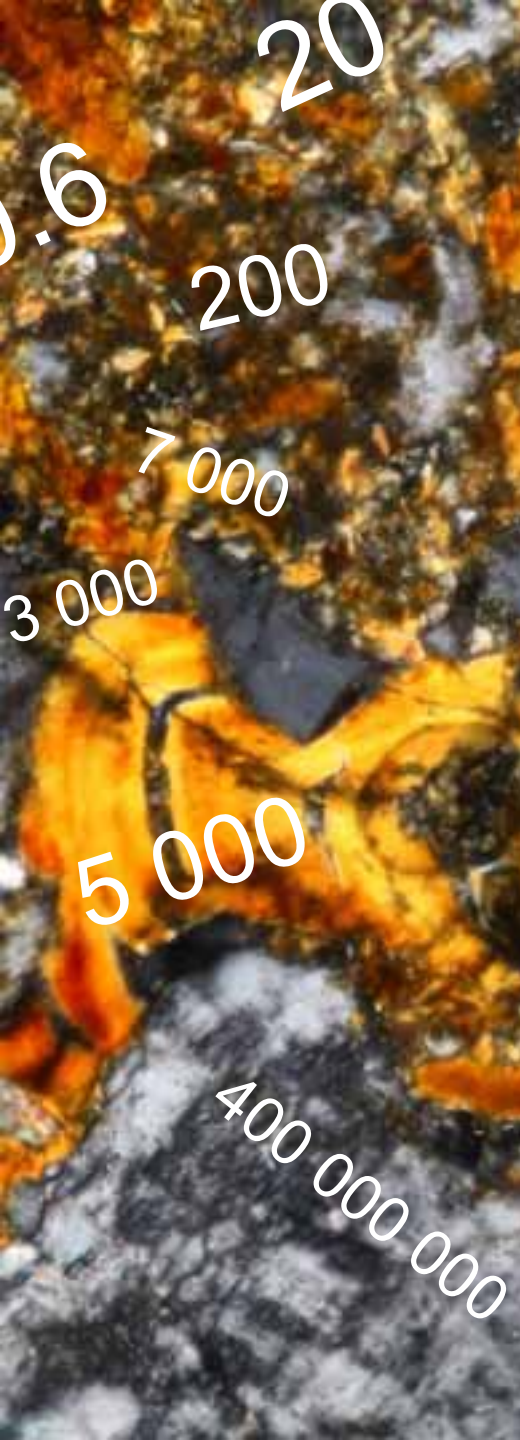
Je tento model univerzálně platný?

# Znaky-procesy-faktory



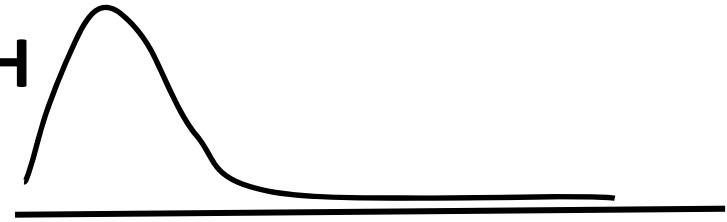


# Půda: paměť a moment

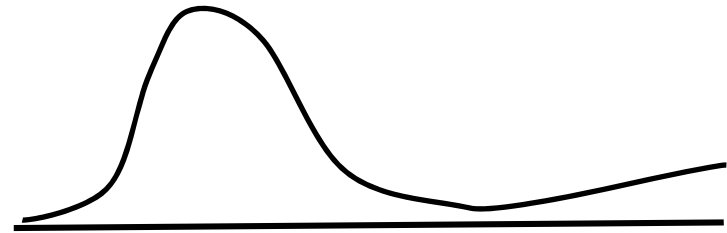


Podíl objemu (informace)

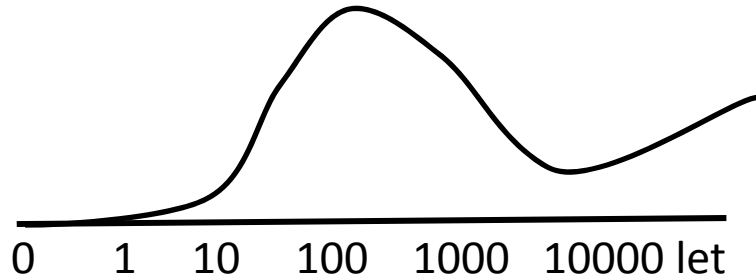
**L+F+H**



**A**



**B**







# Dynamika půdotvorných faktorů

Stabilní, predikovatelné,  
fyzikální zákony

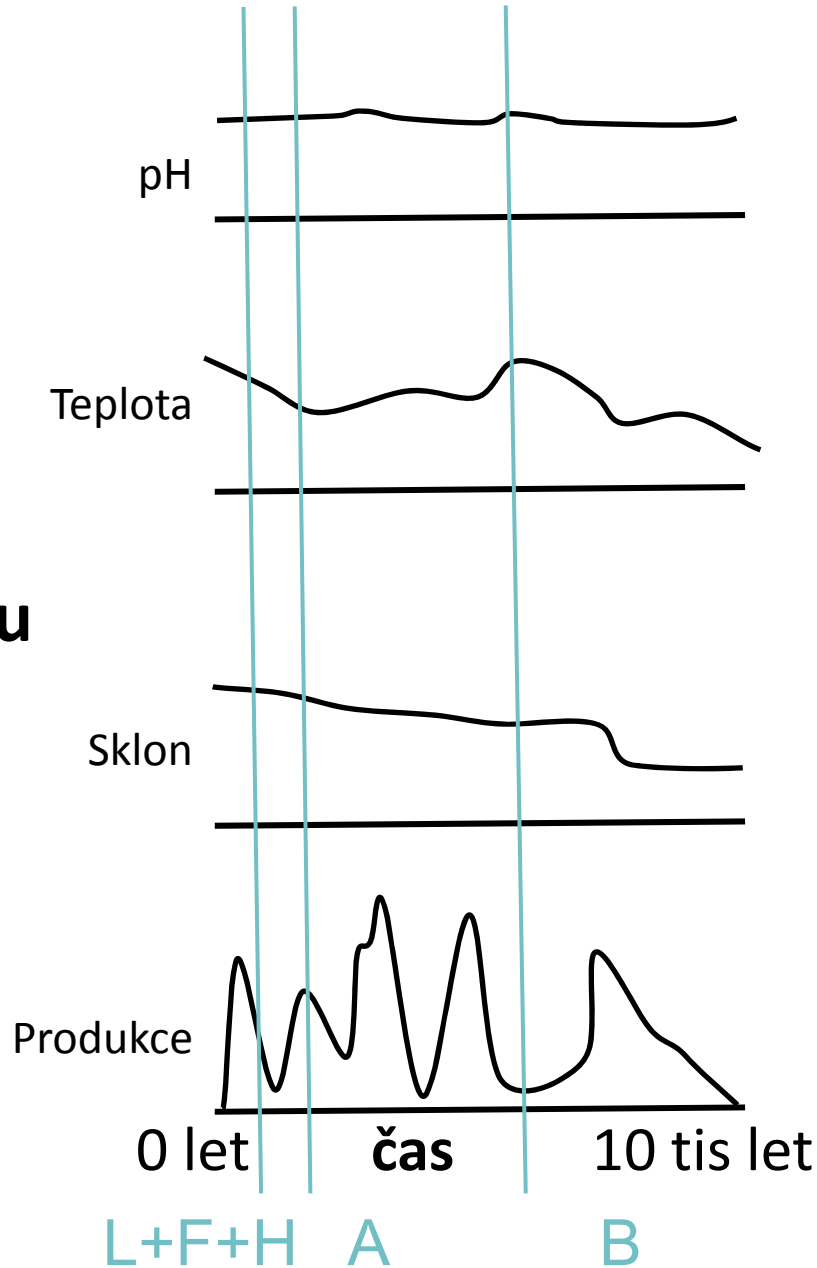
**Půdotvorný  
substrát**

**Klima**

**Reliéf terénu**

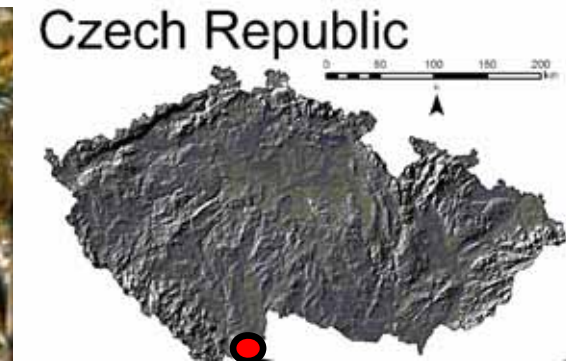
Chaos,  
? Pravidla ?

**Biota**



**Dominance buku, Žofínský prales, 730-837 m n.m.,  
74 ha, žula**

(nížiny homogennější)



Skutečná

pestrost půd





Dynamický rovnováha a půdní klimax

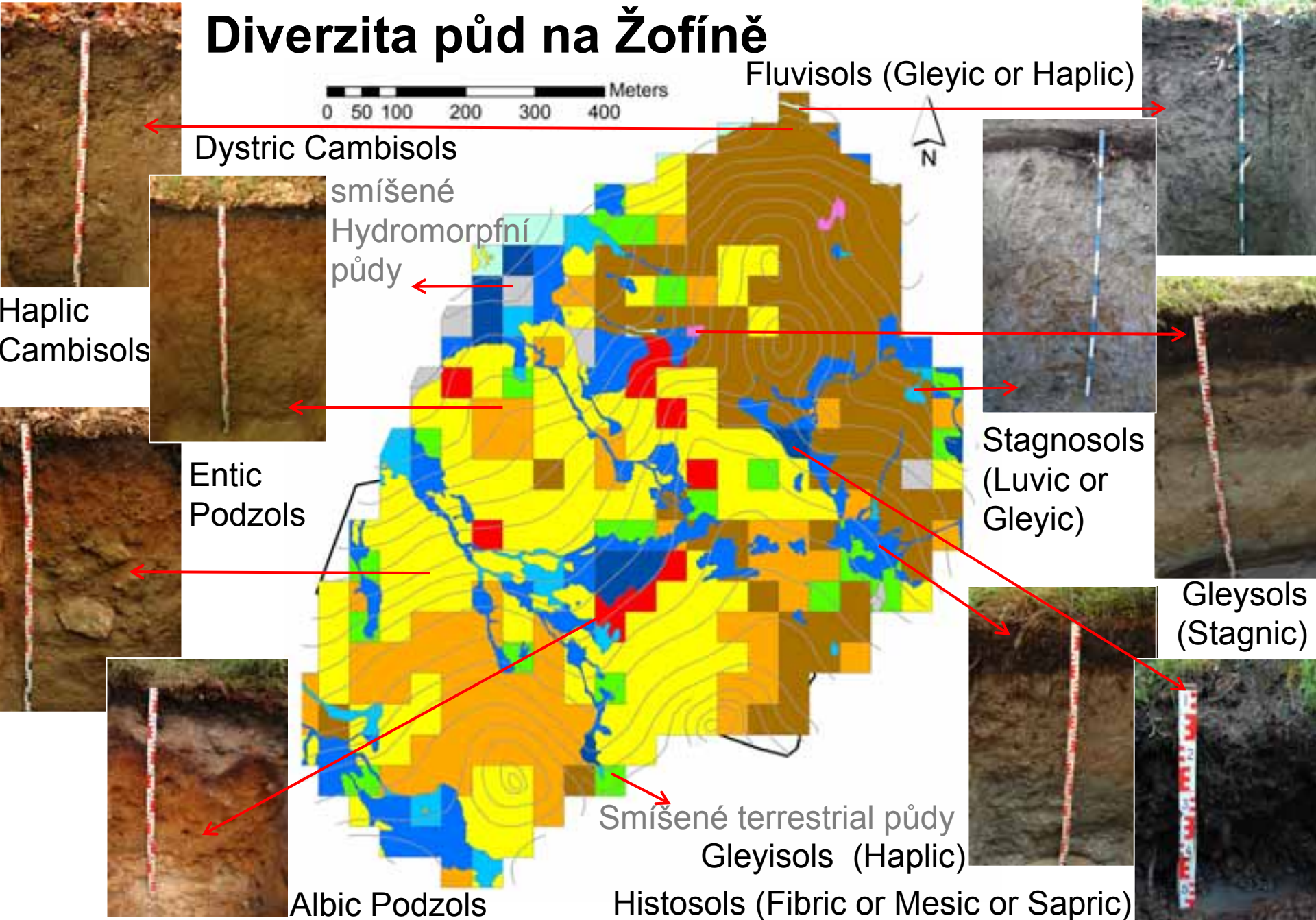


Co byste tu nečekali?





# Diverzita půd na Žofíně

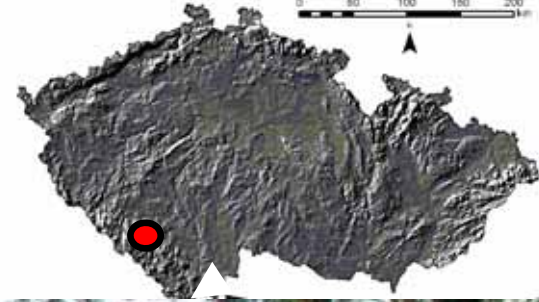




# Smrko-bukový prales, Boubínský prales, 925-1105 m n.m., 46 ha, rula



Czech Republic





# Půdní jednotky (referenční třídy) v Boubíně

Dystric Cambisols

Stagnosols

(dle WRB 2007, 2014)  
Říjen 2014

Legend

Gleysols

- no data
- Albic Podzols
- Cambisols
- Entic Podzols
- Gleysols
- Histosols
- Leptosols
- Stagnosols

100 50 0 100 Meters



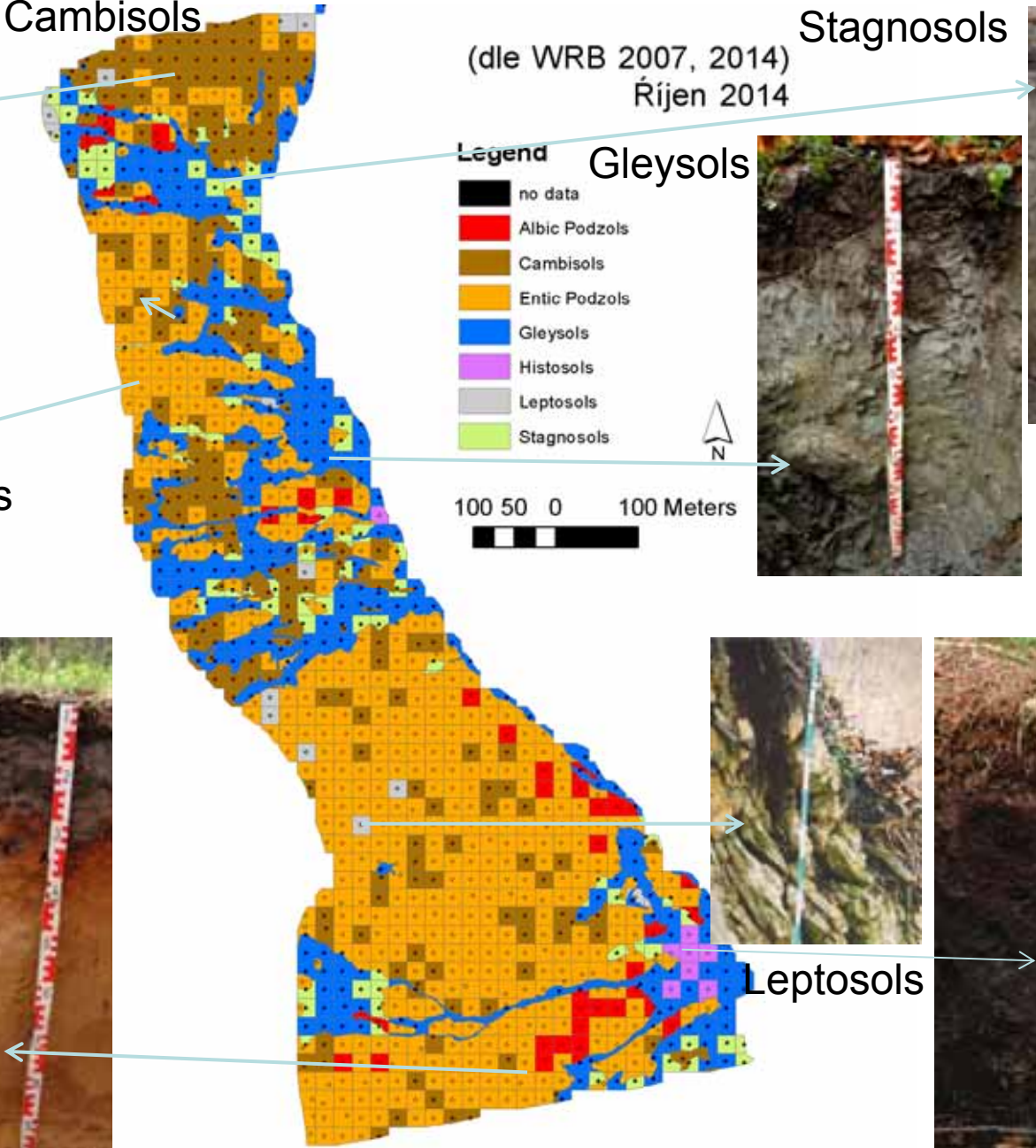
Entic  
Podzols

Histosols



Leptosols

Albic  
Podzols



# Spojení mezi body čtvercové sítě,

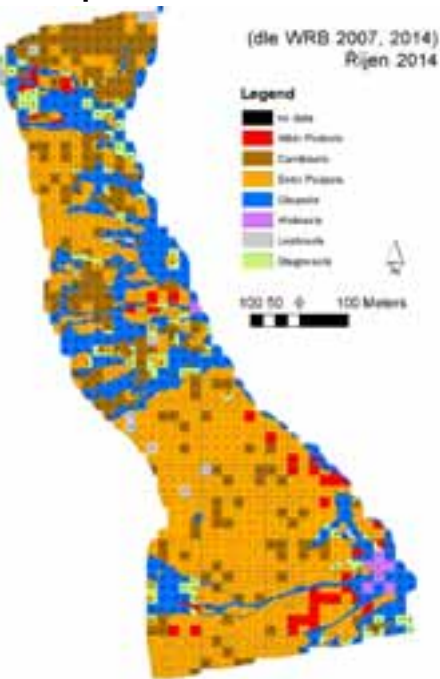
37 půdních jednotek

Náhodný

Významně častější než náhodný

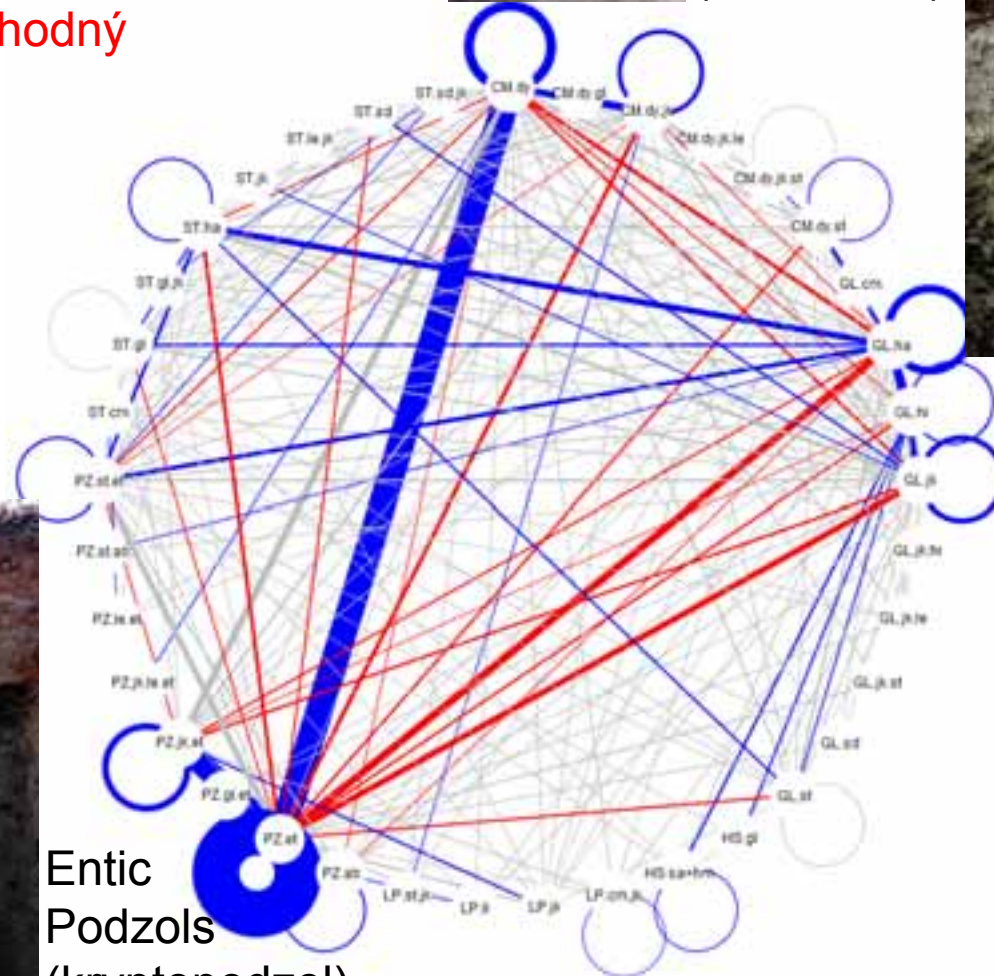
Významně vzácnější než náhodný

Spektrální rádius = 14.7



Dystric  
Cambisols  
(kambizem)

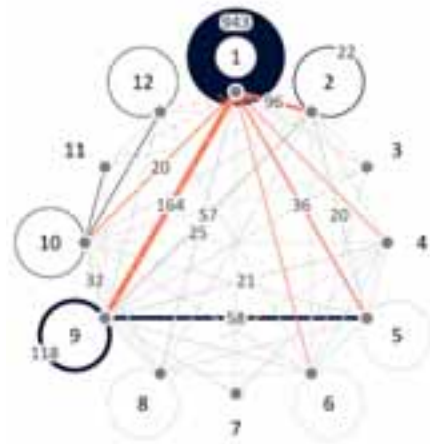
Haplic  
Gleysols  
(glej)



Entic  
Podzols  
(kryptopodzol)



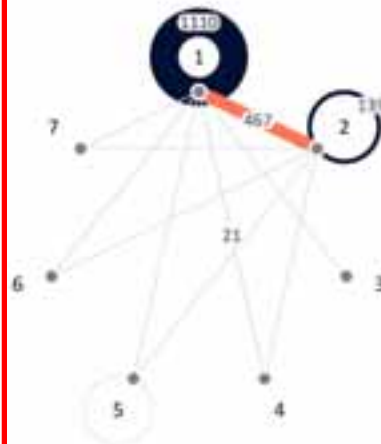
Spektrální rádius = 8.0



Ovlivnění vodou



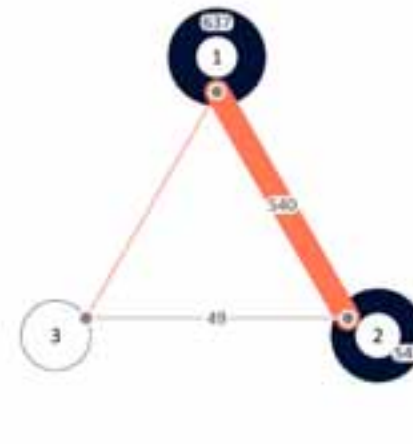
3.5



Množství skeletu



2.0




Podzolizace





**Horské smrčiny, 1290-1645 m n.m.,**  
Calimani (vulkanit, RO), Giumalau (fylit, RO), Syvulja (pískovec, UA)



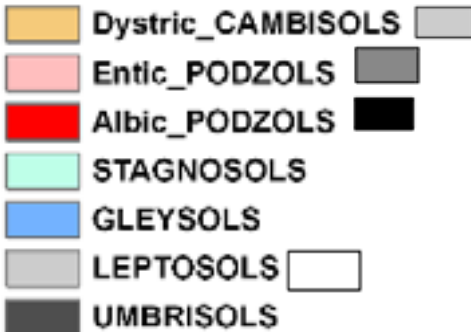
An aerial photograph of a vast, dense forest landscape. The forest is a mix of green and brown, suggesting a mix of tree species or perhaps some areas of thinning. In the background, there are several rounded mountain peaks under a blue sky with scattered white clouds. The overall scene is a wide, open natural area.

Pastva na polonině (nebo kamenné sutě)

**Pralesy**

Lesnický management

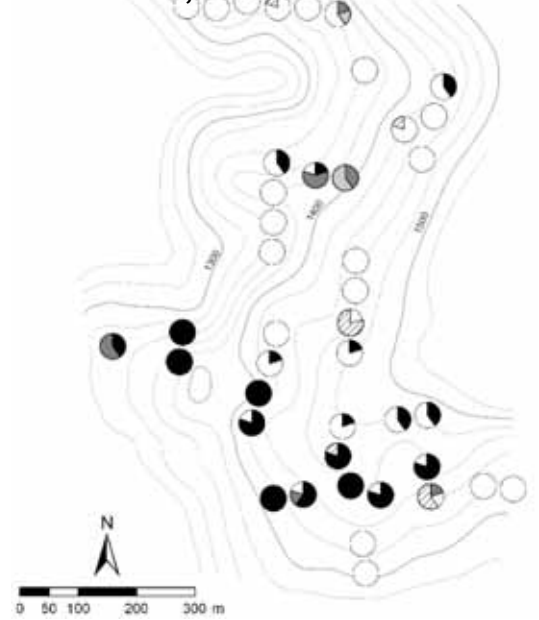
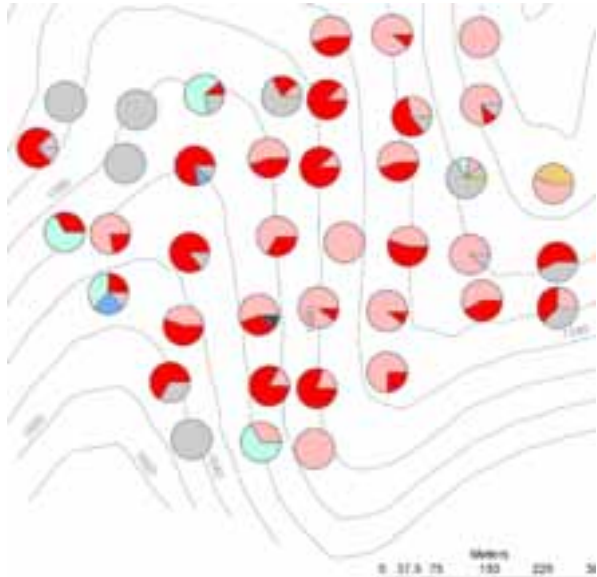
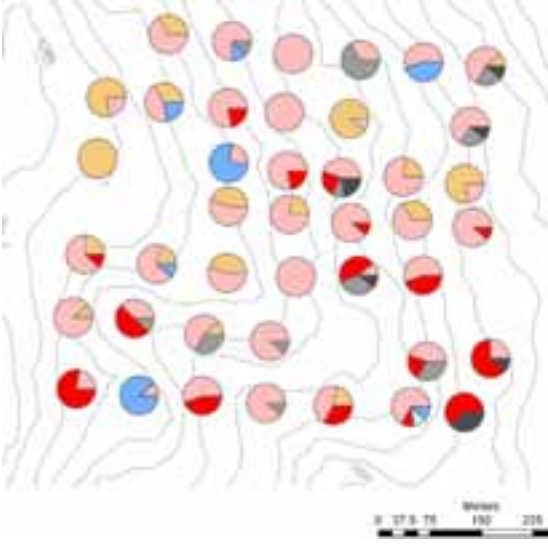
# Diverzita půd v horských smrkových pralesích



Giupalau, (Rominia)  
 phillite, 1290-1515 m a.s.l.

Calimani, (Rominia)  
 andesite, 1460-1645 m a.s.l.

Syvulja, (Ukraine)  
 sandstone, 1330-1485 m a.s.l.



Valtera, M., Šamonil, P., Boublík, K. 2013. Soil variability in naturally disturbed Norway spruce forests in the Carpathians: bridging spatial scales. *Forest Ecol. Manag.* 310: 134-146.

Valtera M., Šamonil P., Svoboda M., Janda P. 2015. Effects of topography and forest dynamics on soil variability in natural *Picea abies* mountain forests. *Plant and Soil* 392: 57-69.



# Pattern of soils in Zofin Primeval Forest

Fluvisols (Gleyic or Haplic)



Dystric Cambisols

~~Matečná hornina~~

Mix  
wet  
sites

~~Klima~~

~~Reliéf terénu~~

Entic  
Podzols

Biomechanický a  
biochemický vliv  
stromů ??



Gleysols  
(Stagnic)

Mix  
terrestrial

Gleyisols  
(Haplic)

Albic Podzols

Histosols (Fibric or Mesic or Sapric)

**Hypotéza klíčové role biomech. a biochem. vlivu stromů  
Existuje vnitřní struktura disturbančního režimu lesa?**



# Biochemický vliv stromů na půdu



Různí dekompozitoři



- Dekompozice listů
- Dekompozice kmenů
- Dekompozice kořenů

■ ...

■ ...

Podzol  
pod  
ležícím  
kmenem





# „Basket Podzols“ pod pahýlem stromu



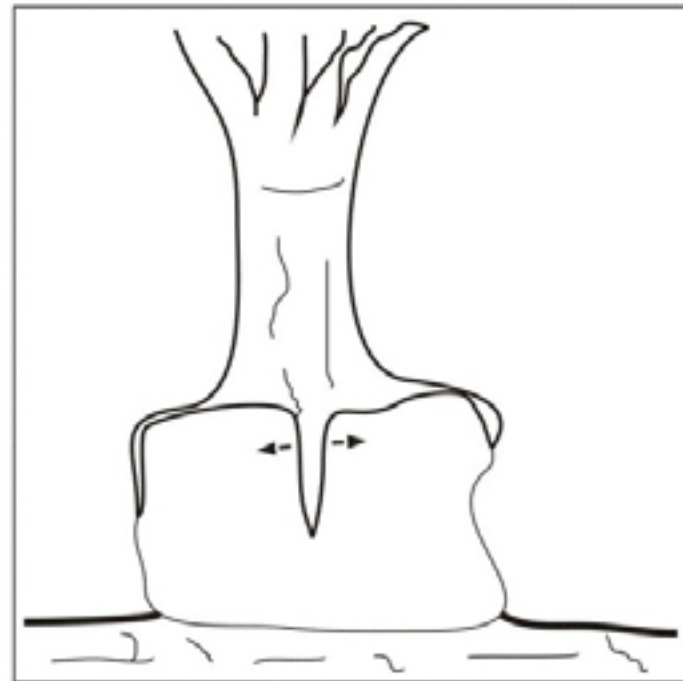


# Pedogeneze pod pahýly stromů

- Podzoly-jedlovec-Michigan
- Kryptopodzoly-JD+BK-Žofín
- Kambizemě-JD+BK-Gorce (PL)

-----Albic Podzols-----	<p><i>Tsuga canadensis</i></p>	
-----Entic Podzols-----	<p><i>Abies alba</i></p>	
-----Entic Podzols-----	<p><i>Fagus sylvatica</i></p>	
-----Haplic Cambisols-----	<p><i>Abies alba</i></p>	
-----Haplic Cambisols-----	<p><i>Fagus sylvatica</i></p>	

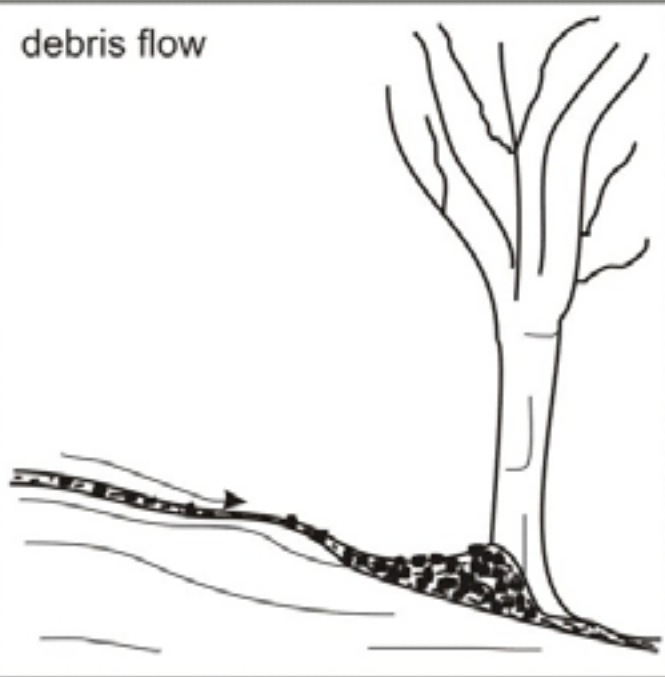
# Biomechanické vlivy stromů na půdu



- **Pronikání kořenů do podloží**
- Zabránění pohybu půdy a regolitu
- Nadzvedávání půdy při růstu kořenů
- Tlak kořenů na okolní půdu / skálu
- Vyplňování prostoru po rozpadlých kořenech, pahýlech půdou
- Vývraty
- Pohyb půdy při pohybu kořenů (např. při vichřici)
- ...

# Biomechanické vlivy stromů na půdu

debris flow

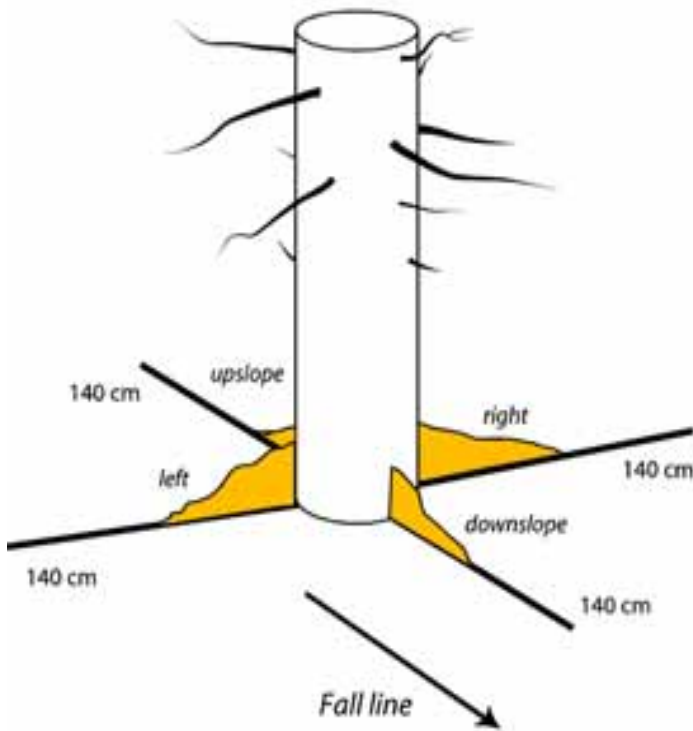


- Pronikání kořenů do podloží
- **Zabránění pohybu půdy a regolitu**
- Nadzvedávání půdy při růstu kořenů
- Tlak kořenů na okolní půdu / skálu
- Vyplňování prostoru po rozpadlých kořenech, pahýlech.
- Vývraty
- Pohyb půdy při pohybu kořenů (např. při vichřici)
- ...





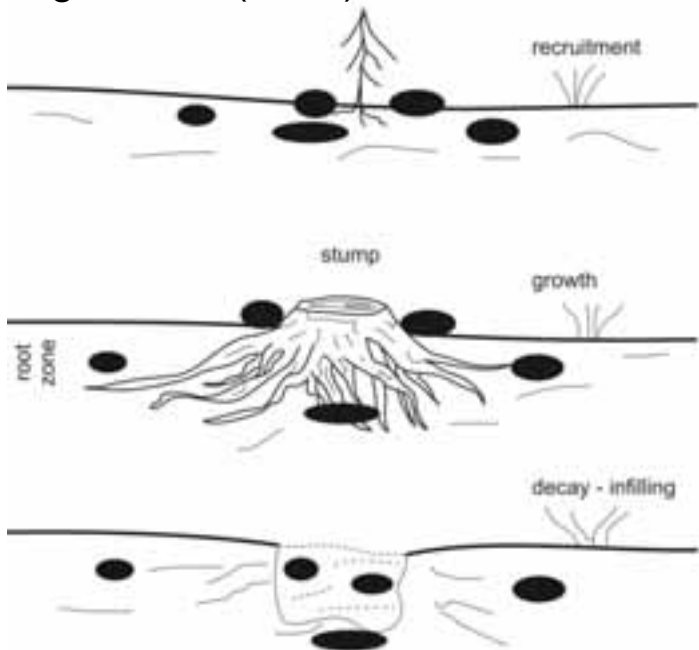
# Biomechanické vlivy stromů na půdu



- Pronikání kořenů do podloží
- Zabránění pohybu půdy a regolitu
- **Nadzvedávání půdy při růstu kořenů**
- **Tlak kořenů na okolní půdu / skálu**
- Vyplňování prostoru po rozpadlých kořenech, pahýlech.
- Vývraty
- Pohyb půdy při pohybu kořenů (např. při vichřici)
- ...



Fig: Pawlik (2013)

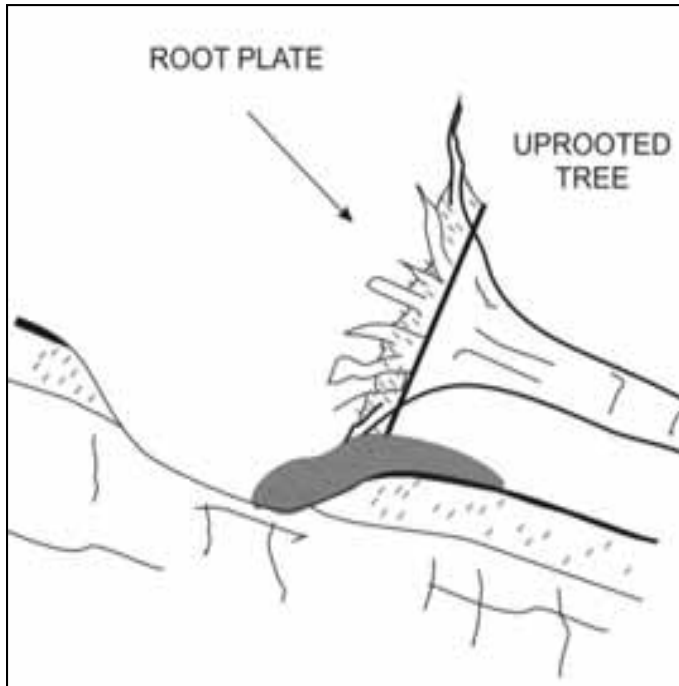


# Biomechanické vlivy stromů na půdu

- Pronikání kořenů do podloží
- Zabránění pohybu půdy a regolitu
- Nadzvedávání půdy při růstu kořenů
- Tlak kořenů na okolní půdu / skálu
- **Vyplňování prostoru po rozpadlých kořenech, pahýlech**
- Vývraty
- Pohyb půdy při pohybu kořenů (např. při vichřici)
- ...



# Biomechanické vlivy stromů na půdu

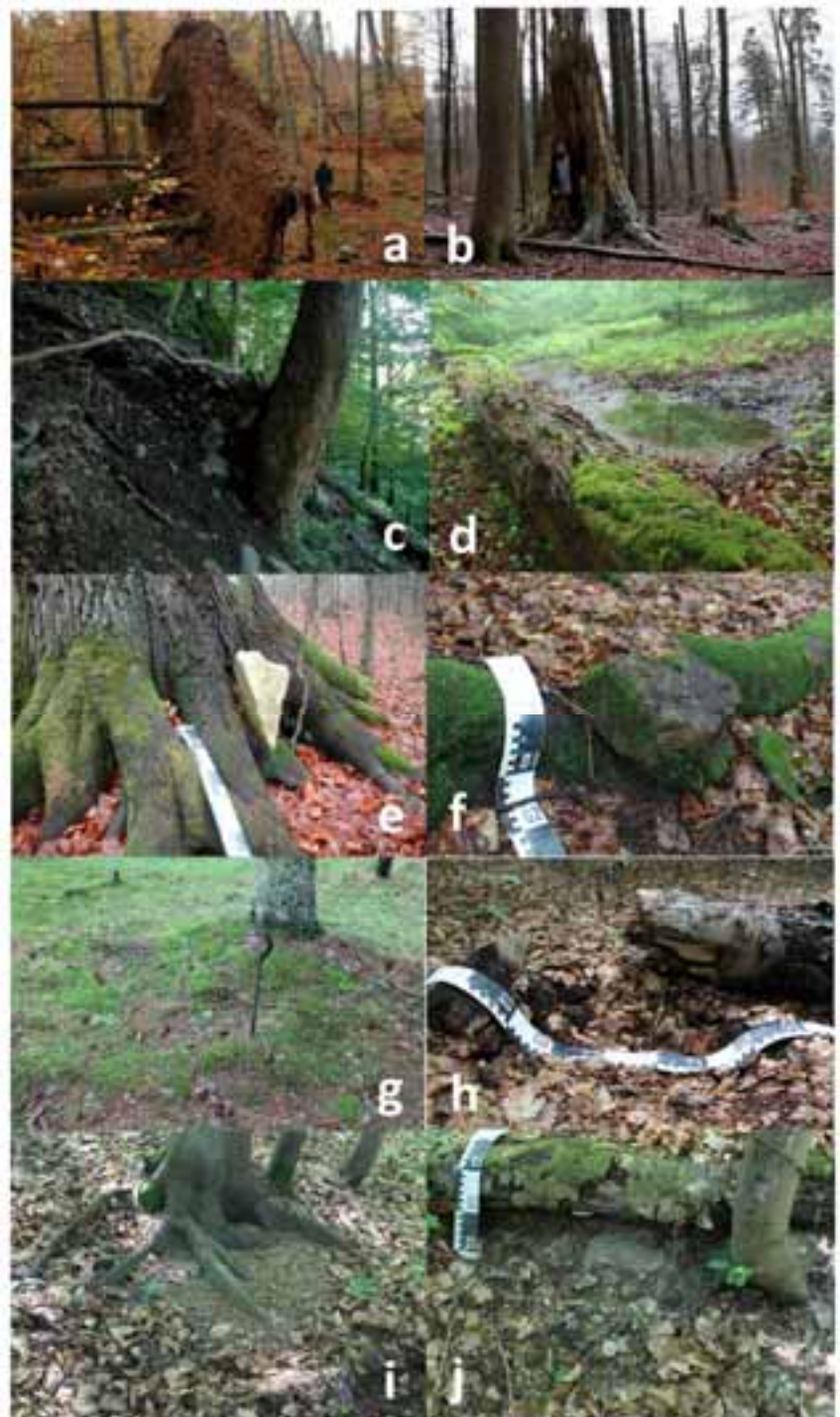


- Pronikání kořenů do podloží
- Zabránění pohybu půdy a regolitu
- Nadzvedávání půdy při růstu kořenů
- Tlak kořenů na okolní půdu / skálu
- Vyplňování prostoru po rozpadlých kořenech, pahýlech.
- **Vývraty**
- Pohyb půdy při pohybu kořenů (např. při vichřici)
- ...



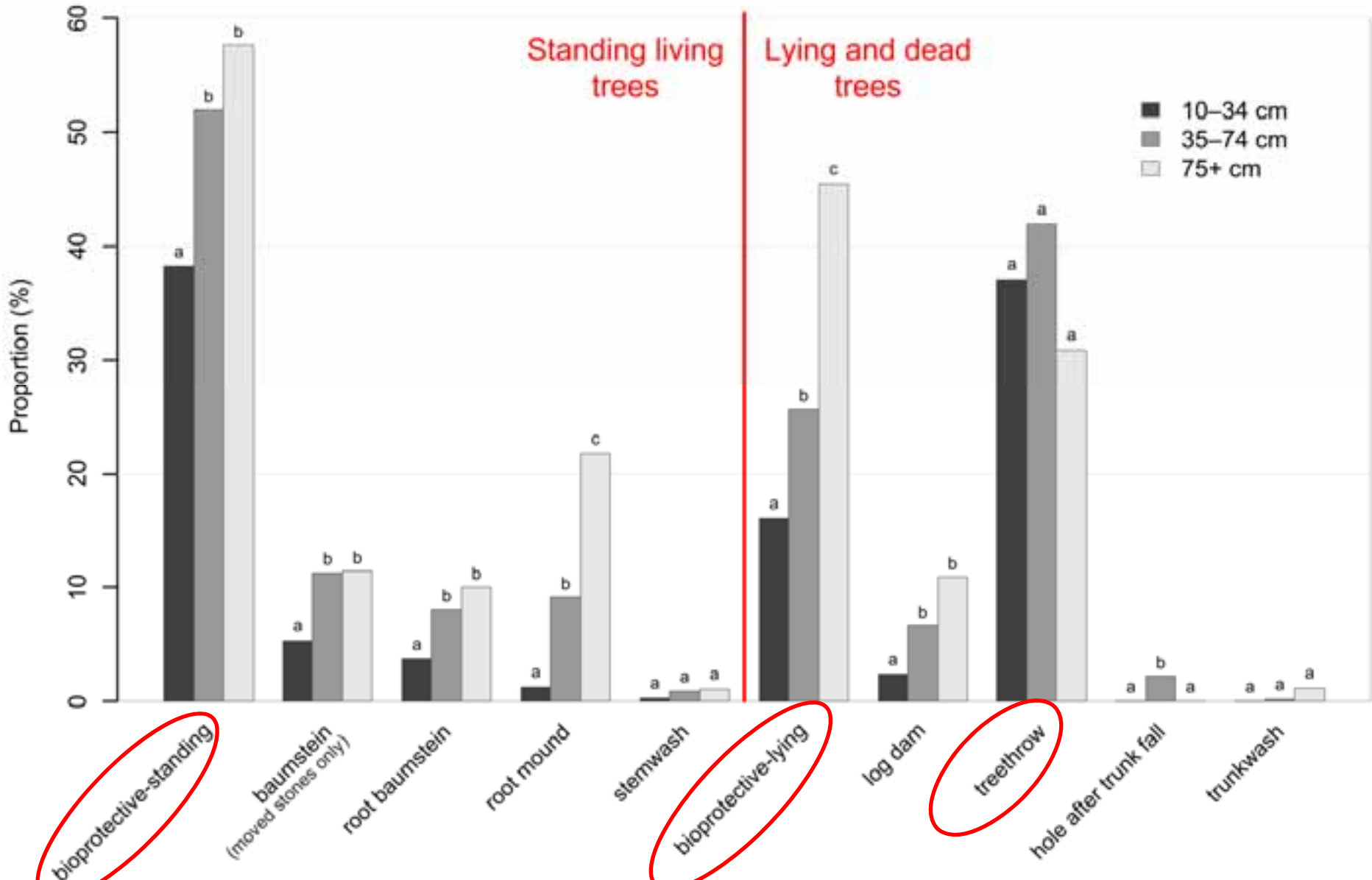


# Biomechanické vlivy stromů Boubínský prales



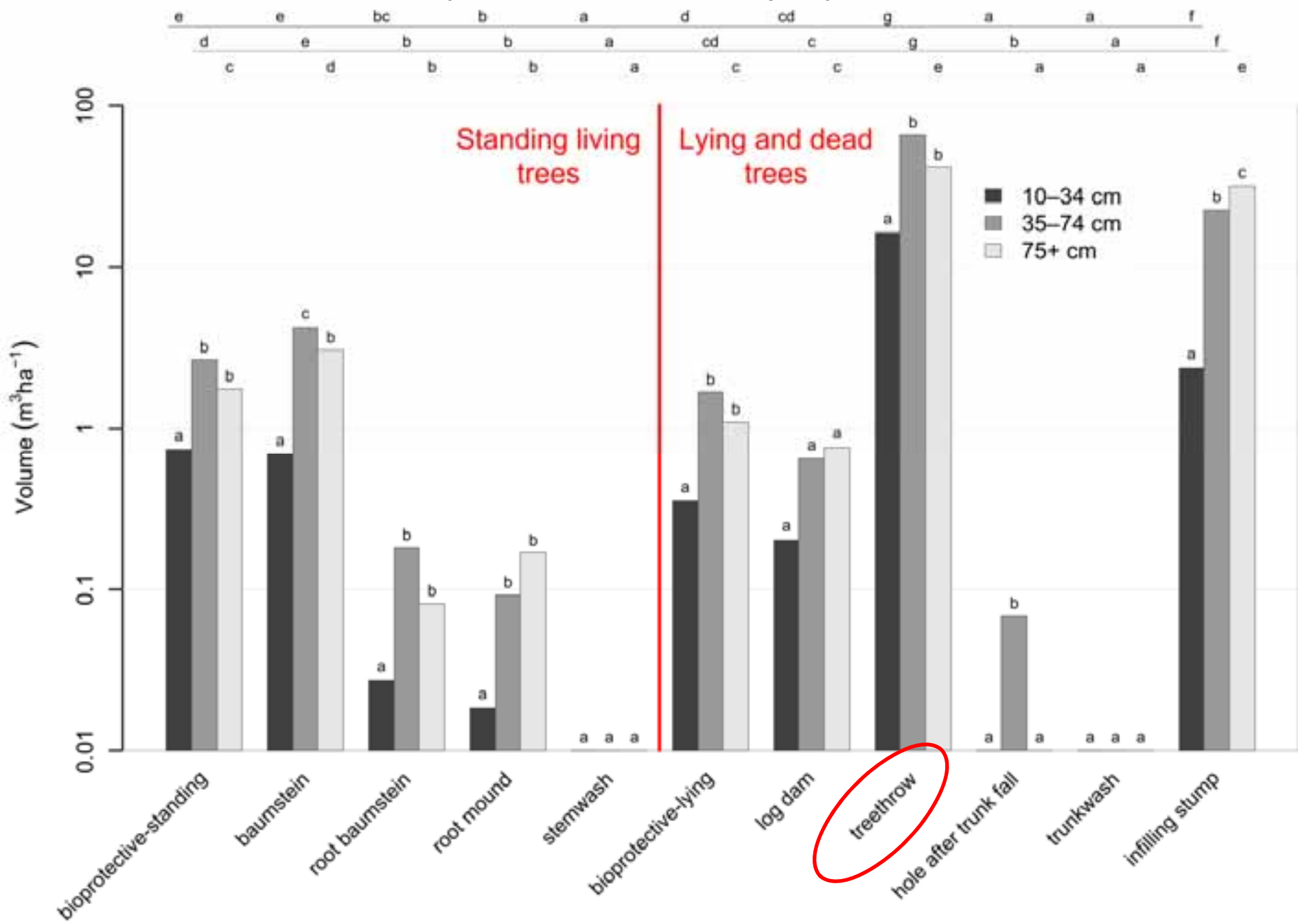
# Biomechnaické vlivy stromů – Boubín, frekvence

g e de bc ab f cd g a a  
 g d cd cd ab e c f b a  
 e b b c a de b cd a a



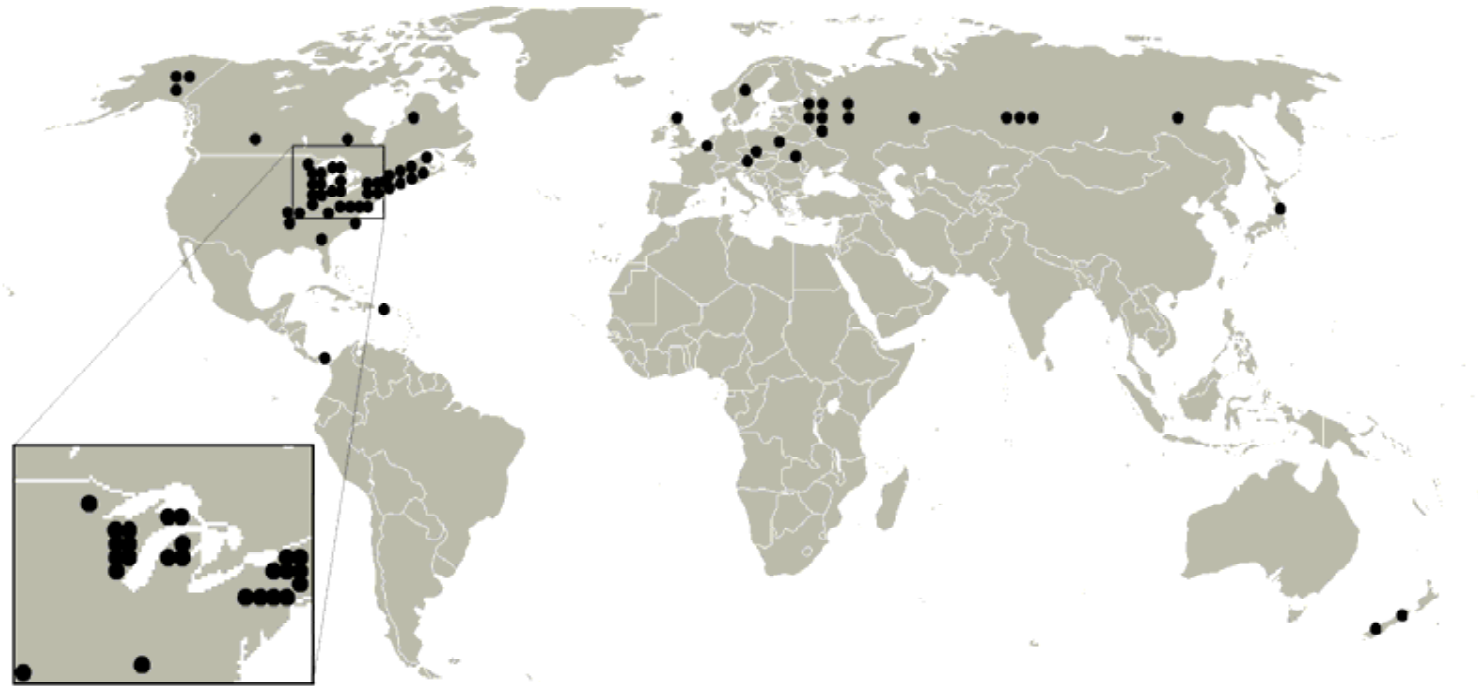


# Biomechnaické vlivy stromů – Boubín, objemy



# Lokalizace studií o vlivu vývrátů na pedogenezi

(1939-2009)

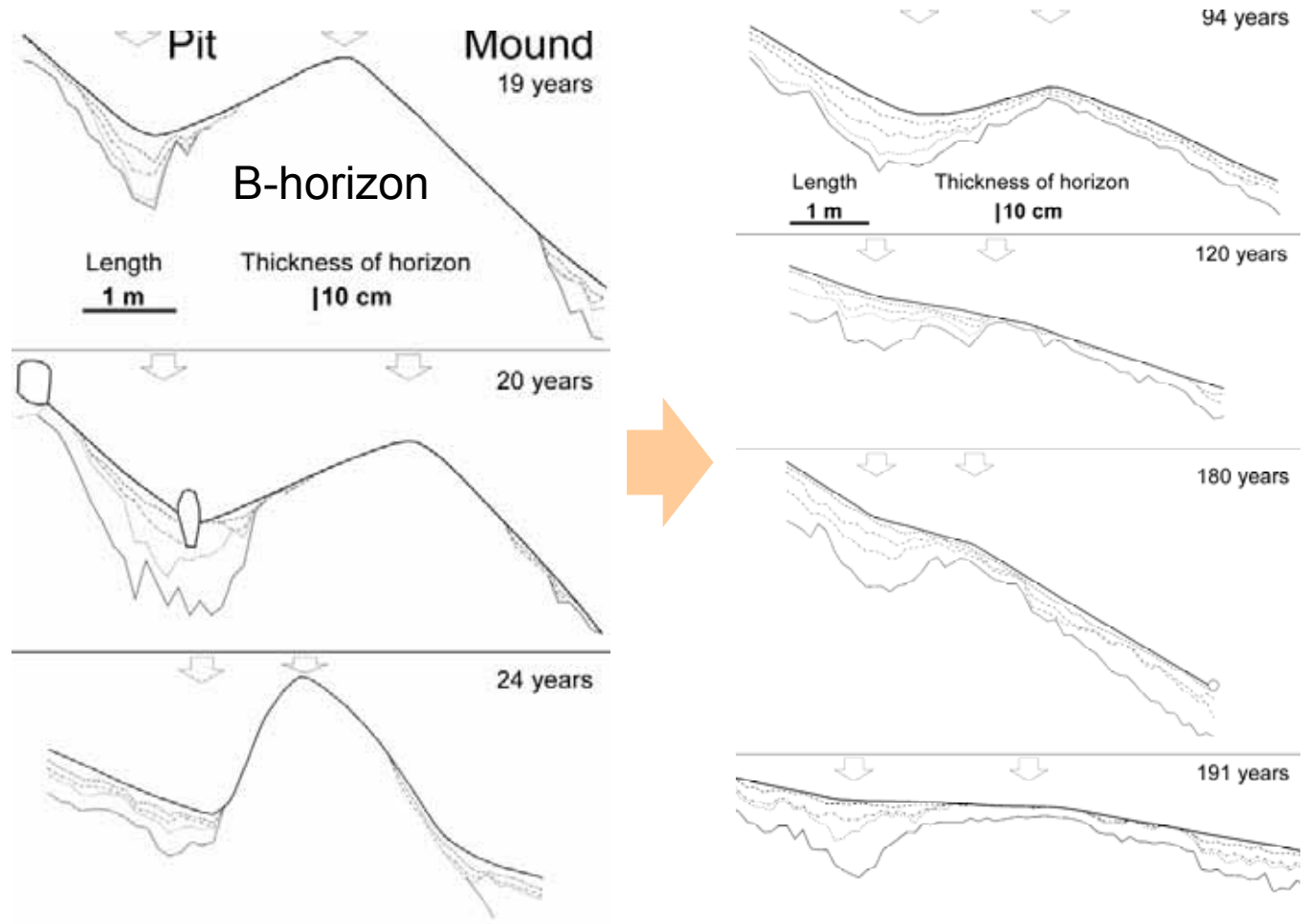


Relativně známý proces, některé biomy ale dosud bez výzkumu

# Kambizemě na flyši (Razula, Beskydy)

## Trvání vývratů do 220 let

L – litter, F – fermentation hor., H – humification hor. A – upper mineral hor.





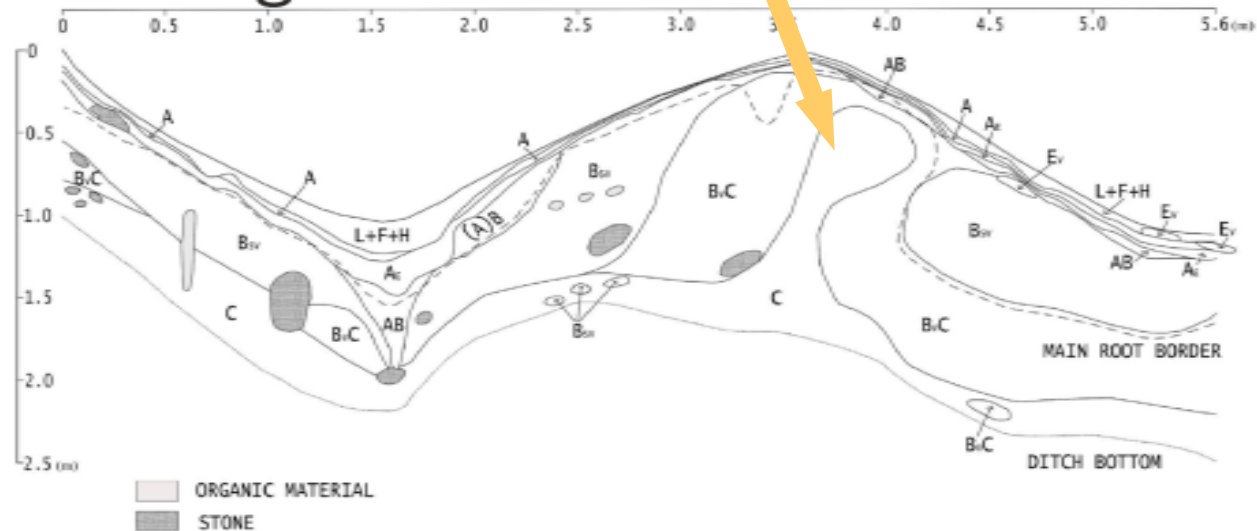
# Kryptopodzoly na žule (Žofín)

Tvorba spodického horizontu ve vyzdviženém substrátovém horizontu

Trvání > 1700 let



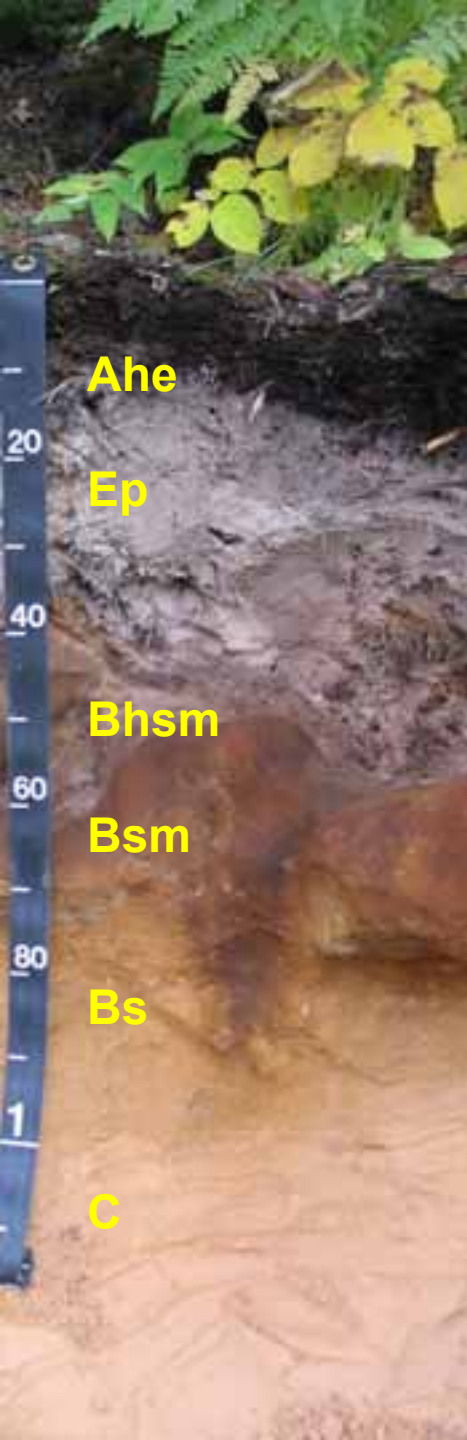
Real age 1882 AD



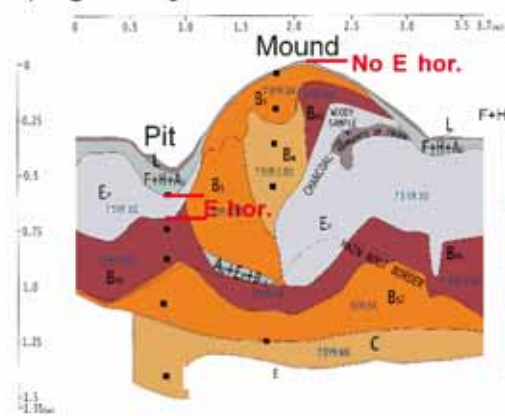
Šamonil P., Daněk P., Schaetzl R.J., Vašíčková I., Valtera M. 2015. Soil mixing and evolution as affected by tree uprooting in three temperate forests. *Eur. J. Soil Sci.* 66: 589-603.

# Podzoly na outwash, (Michigan)

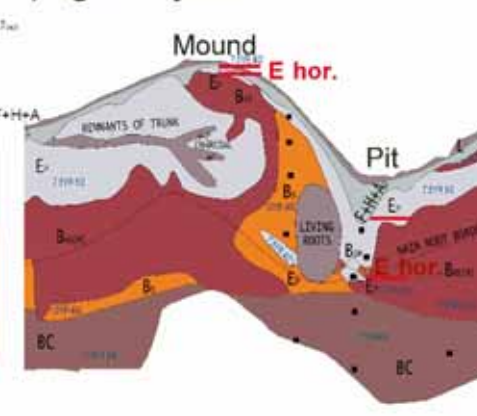
Trvání > 6000 let, různé cesty vývoje půd, rozbíhavá (divergentní) evoluce



a) Age 170 years



b) Age 910 years



c) Age 5230 years





**Terén po zarovnání vývratu**

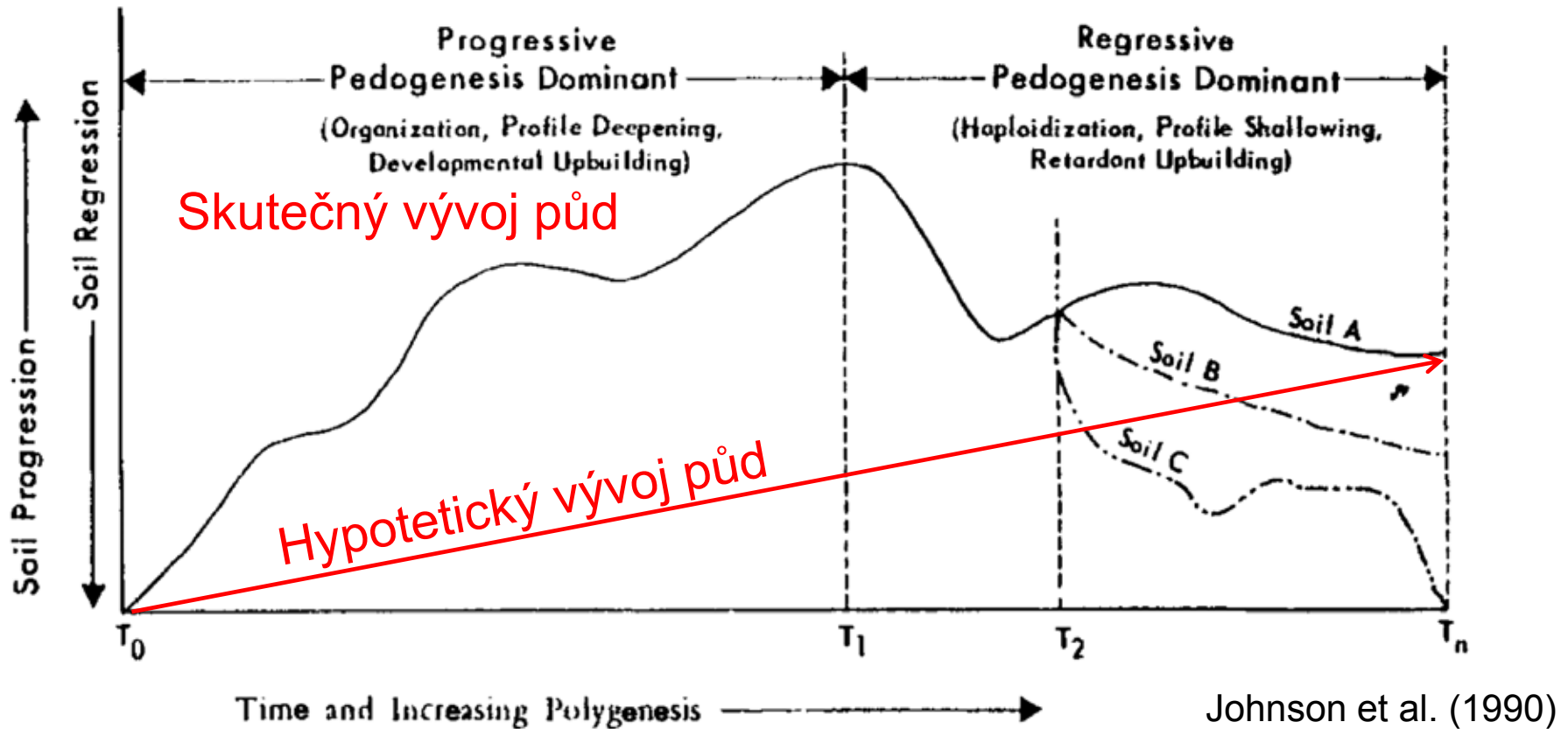
Stará vývratová deprese?



Foto: R. Schaetzl, Michigan



# Obecně platí



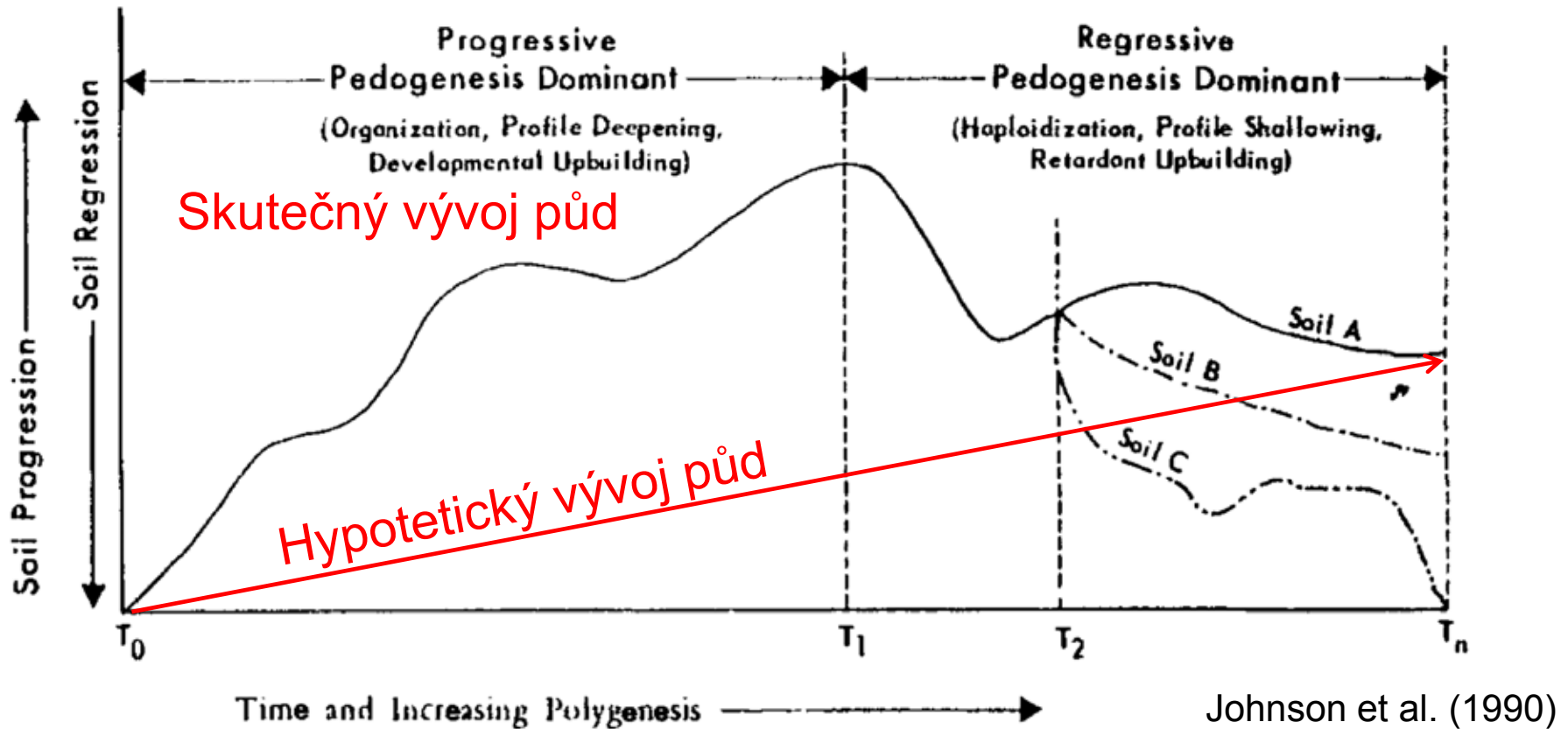
*Jaké příklady polygeneze znáte?*

Překvapivě intenzivní procesy

Polygeneze (včetně zpětného vývoje)

Stupeň vývoje půd  $\neq$  stáří půd

# Obečně platí



*Jaké příklady polygeneze znáte?*

Chaotický vs. nechaotický mód vývoje půd  
Vývojové linie vs. evoluční pojetí pedogeneze

Luvizem modální



Foto: D. Vavříček

Pseudoglej luvický



Foto: P. Šamonil





# (Para)rendzina kambická

Melanizace+dekacidifikace  
-> br(a)unifikace

sekvence horizontů

O

Am

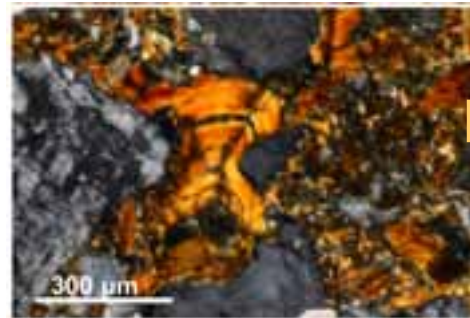
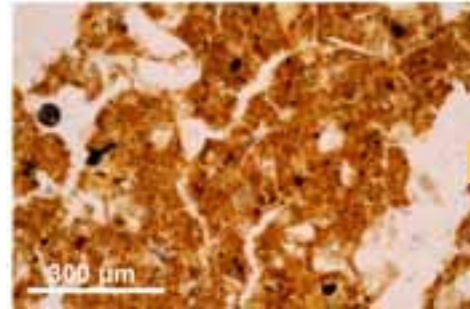
(Bv)

C

# Bisequal soils

„dvousekvenční půdy“?

Michigan, USA



Sekvence  
horizontů

O

A

Ep

Bhs

Bs

C=E

Bt

C

**Boubínský  
prales**





## Bisequal soils

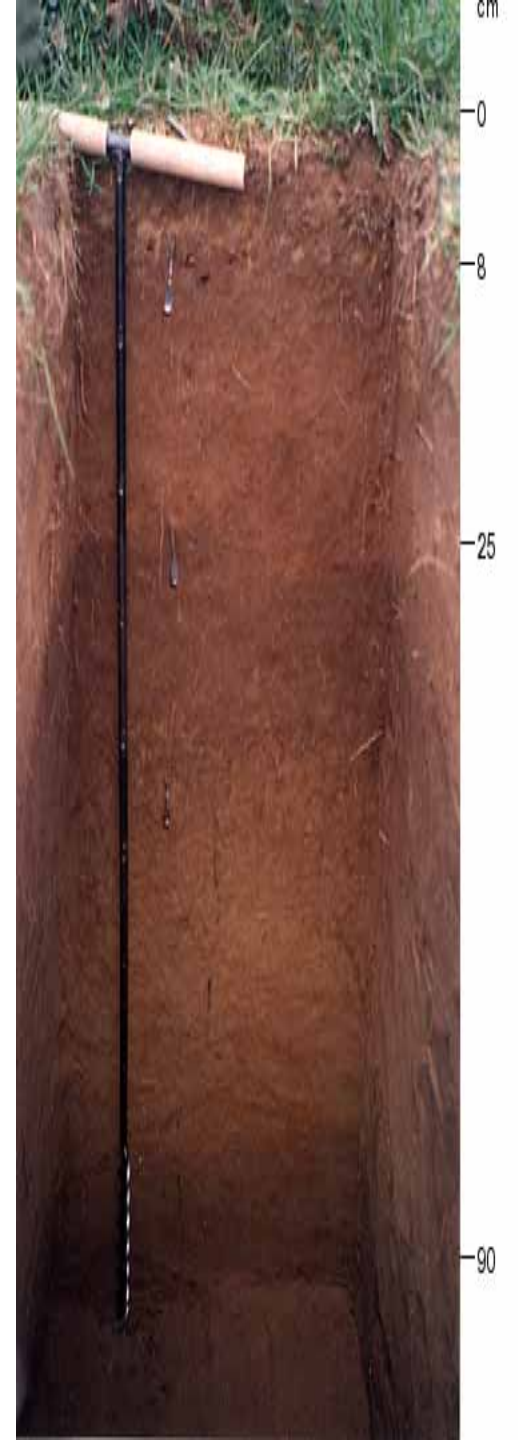
? „dvousekvenční půdy“?

Michigan, USA

Dekalcifikace ->

Illimerizace ->

Podzolizace







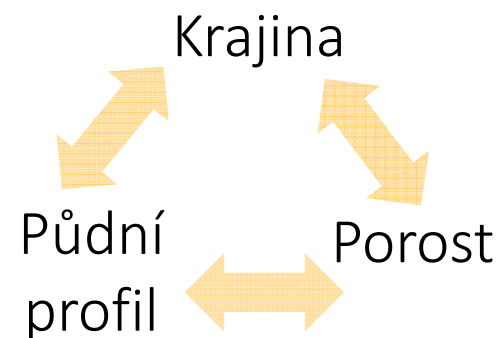
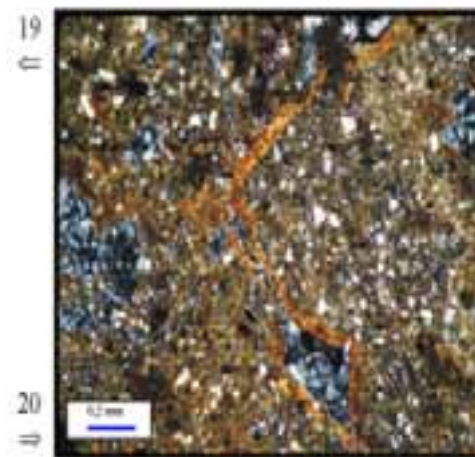
?







## Změny v krajině po odlesnění



Retrográdní vývoj v nížinách  
Hnědozem → pseudočernozem

L. Smolíková, R. Schaetzl





Stopy po kořenech stromů pod travinnou vegetací

2010/06/08

Foto: J. Phillips



# Posun horní hranice lesa

- **vývoj klimatu**
- impakt člověka (pastva aj.)
- přirozené disturbance

Podzoly



Umbrisoly





# Posun horní hranice lesa

- vývoj klimatu
- **impakt člověka (pastva aj.)**
- přirozené disturbance





# Posun horní hranice lesa

- vývoj klimatu
- impakt člověka (pastva aj.)
- **přírozené disturbance**

Úroveň krajiny

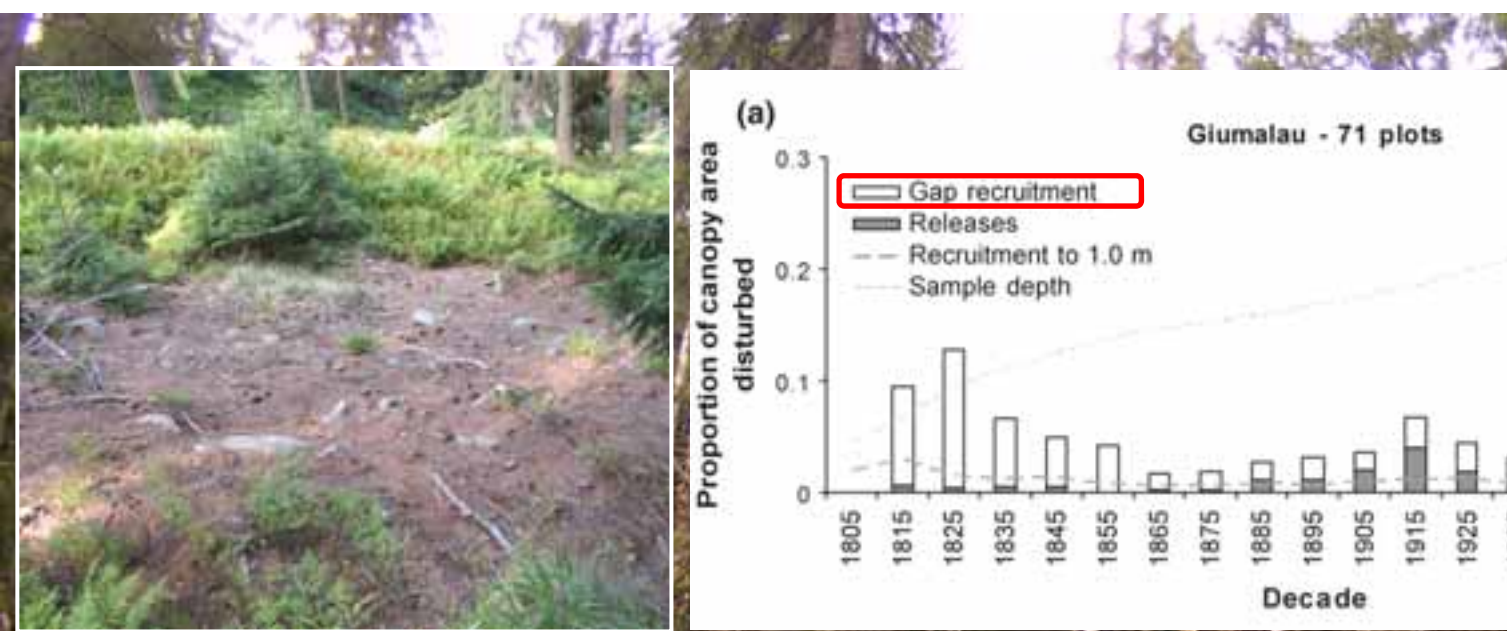


Úroveň porostu

Lokální úroveň







Blokovaná  
obnova lesa  
graminoidy a  
kapradinami  
v horské  
smrčíně po  
disturbanci

**Anomálie -> součást „cyklu“ lesa**



**Mikrostanoviště  
mají jedinečné  
mikroklimatické  
podmínky**

**Jedinečná  
pedogeneze**

**Diverzita stanovišť' ≠ Druhová diverzita**





Vývraty významně  
ovlivňují mocnost  
regolitu a pohyb  
svahovin

Vliv na rychlost  
zvětvování





# Čas

## Bodové procesy

Stáří stromu přesahuje i 500 let

Rozklad kmene přesahuje i 200 let

Trvání vývratu přesahuje i 6000 let

# Interakce stromy-půda







## Rotační perioda

### North America

Bowers (1987)	Alaska	8,000-10,000 yrs
<b>Bormann et al. (1995)</b>	<b>Alaska</b>	<b>200-400 yrs</b>
<b>Phillips and Marion (2006)</b>	<b>Arkansas</b>	<b>11,235 yrs</b>
Brewer and Merritt (1978)	Michigan	3,751-5,000 yrs
Schaetzl and Follmer (1990)	Michigan	< 1,000 yrs
Denny and Goodlett (1956)	Pennsylvania	300-500 yrs

### Eurasia

Šamonil et al. (2009)	Czech Rep.	1,250 yrs
Šamonil et al. (under review)	Czech Rep.	1,370 yrs
Naka (1982)	Japan	treefall rate 0.84 tree/ha·year (overstory trees)
Falinski (1978)	Poland	2.0-4.5 tree/ha·year is uprooted
Skvorcova and Ulanova (1977)	Russia	2,000-3,000 (5,000) years
Vassenev and Targuilian (1995)	Russia	Each point of nature ecosystems has been 10-20-times uprooted during the Holocene. Rotation period is in the case of pits 500-1,000 years; 2,000-3,000 years for organo-mineral mounds and 5,000 years for organic mounds.
Karpachevskiy et al. (1980)	Russia	1,000-2,000 years

### Australia (and Oceania)

Burns et al. (1984)		600-1,700 years
---------------------	--	-----------------



**Rotační perioda 300 let**

**Rotační perioda 3000 let**

**Rotační perioda**

## North America

Bowers (1987)

**Bormann et al. (1995)**

**Phillips and Marion (2006)**

Brewer and Merritt (1978)

Schaetzl and Follmer (1978)

Denny and Goodlett (1956)

Alaska

**Alaska**

**Arkansas**

Michigan

3,750 yrs

< 1,000 yrs

300-500 yrs

## Eurasia

Šamonil et al. (2009)

Šamonil et al. (under review)

Naka (1982)

Falinski (1978)

Skvorcova and Ulanova (1977)

Vassenev and Targuilian (1995)

Czechia

Czech Rep.

Japan

Poland

Russia

Russia

**ALE, pravděpodobnost zmlazení stromu a nové disturbance stejná !!!**

**Vnitřní struktura disturbančního režimu uvnitř lokality**

1000-2000 year (overstory tree)

noted

2.0-4.0

2,000-3,000

Each point of natural disturbance has been 10-20-times up during the Holocene. Rotation period for organo-mineral mounds is 500-1,000 years, 1,000-3,000 years for organic mounds

been 10-20-times up during the

500-1,000 years, 1,000-3,000 years

organic mounds



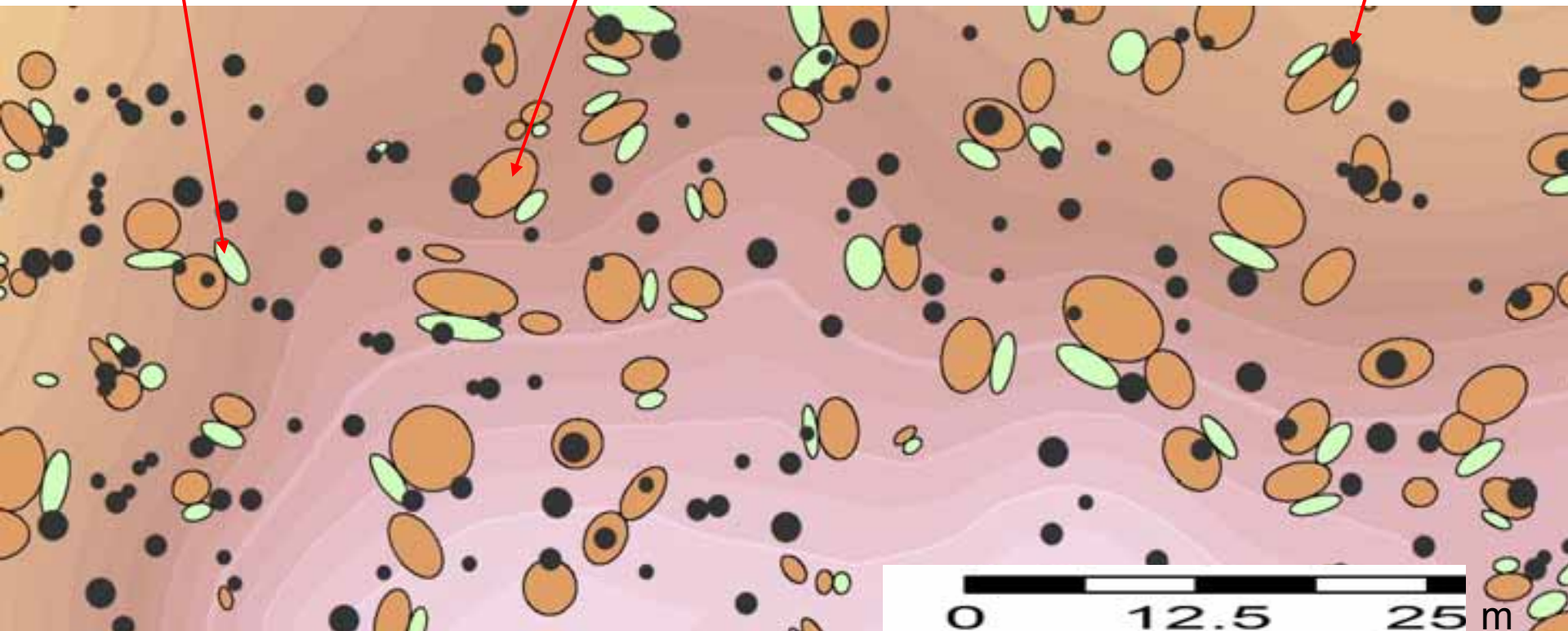


# Vývraty působí na regeneraci stromů

deprese

kupa

strom







Buk X smrk

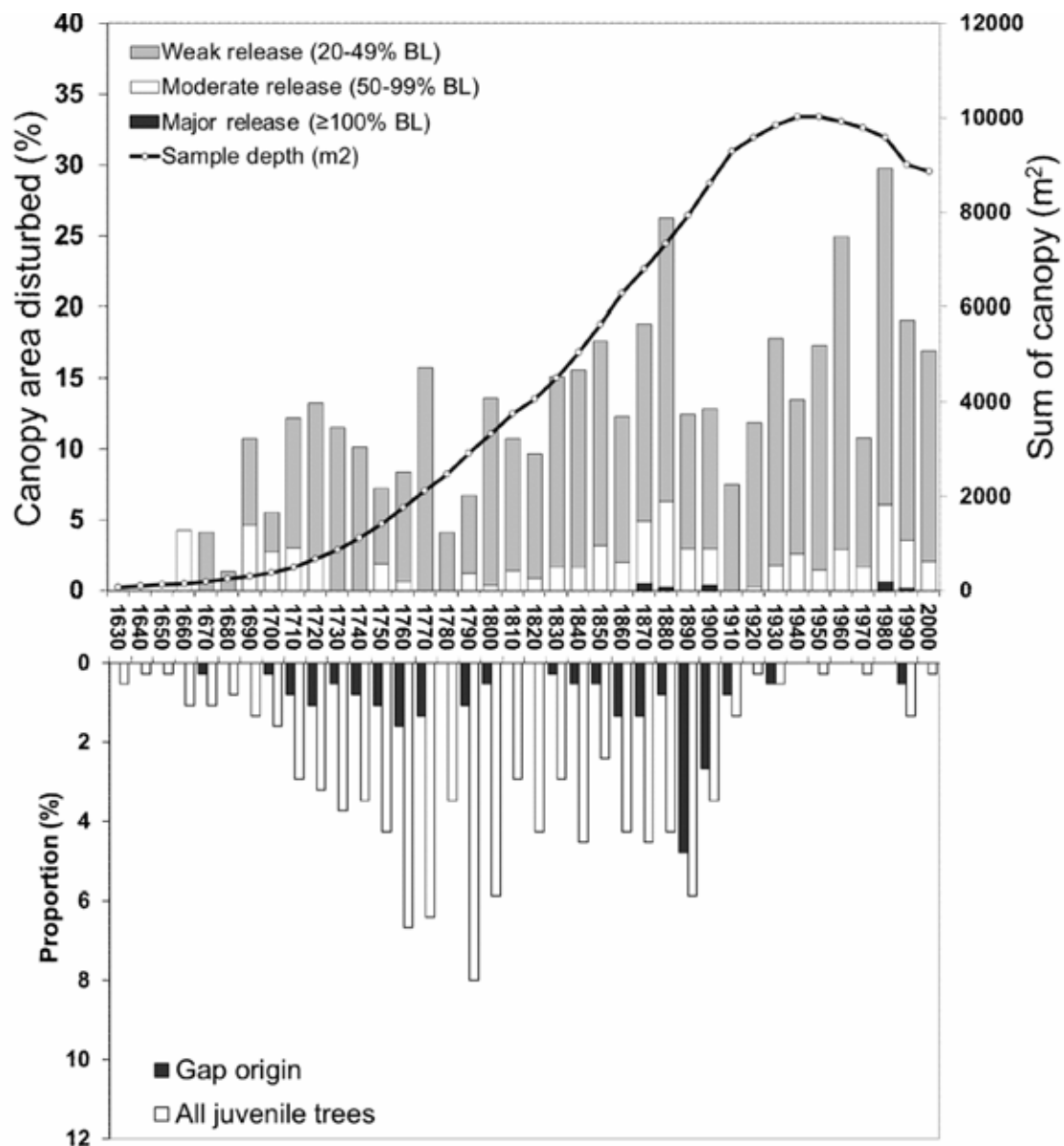
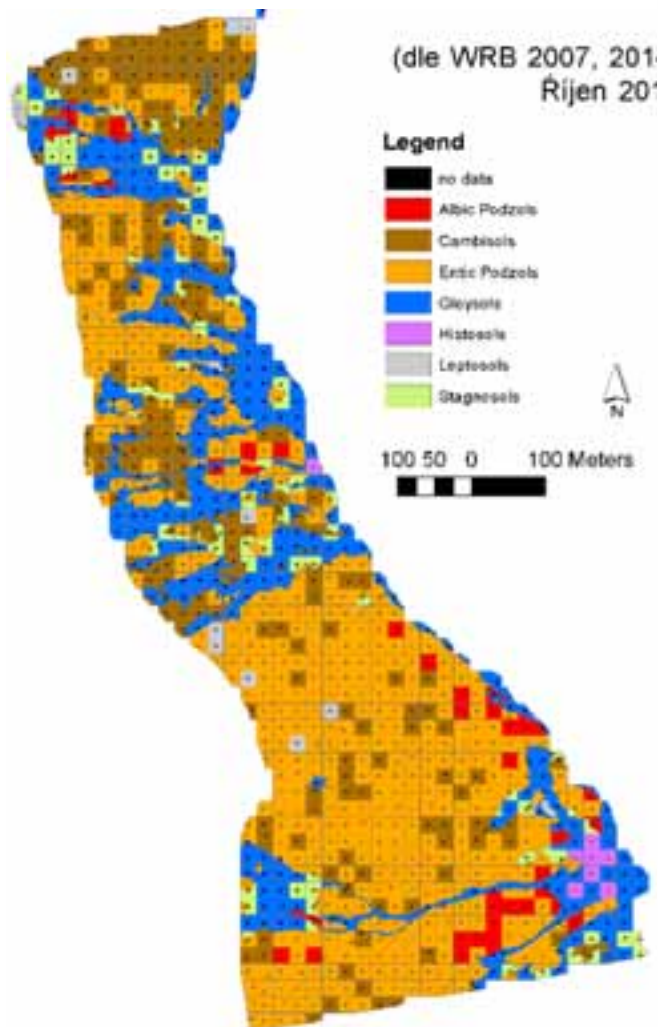


strategie

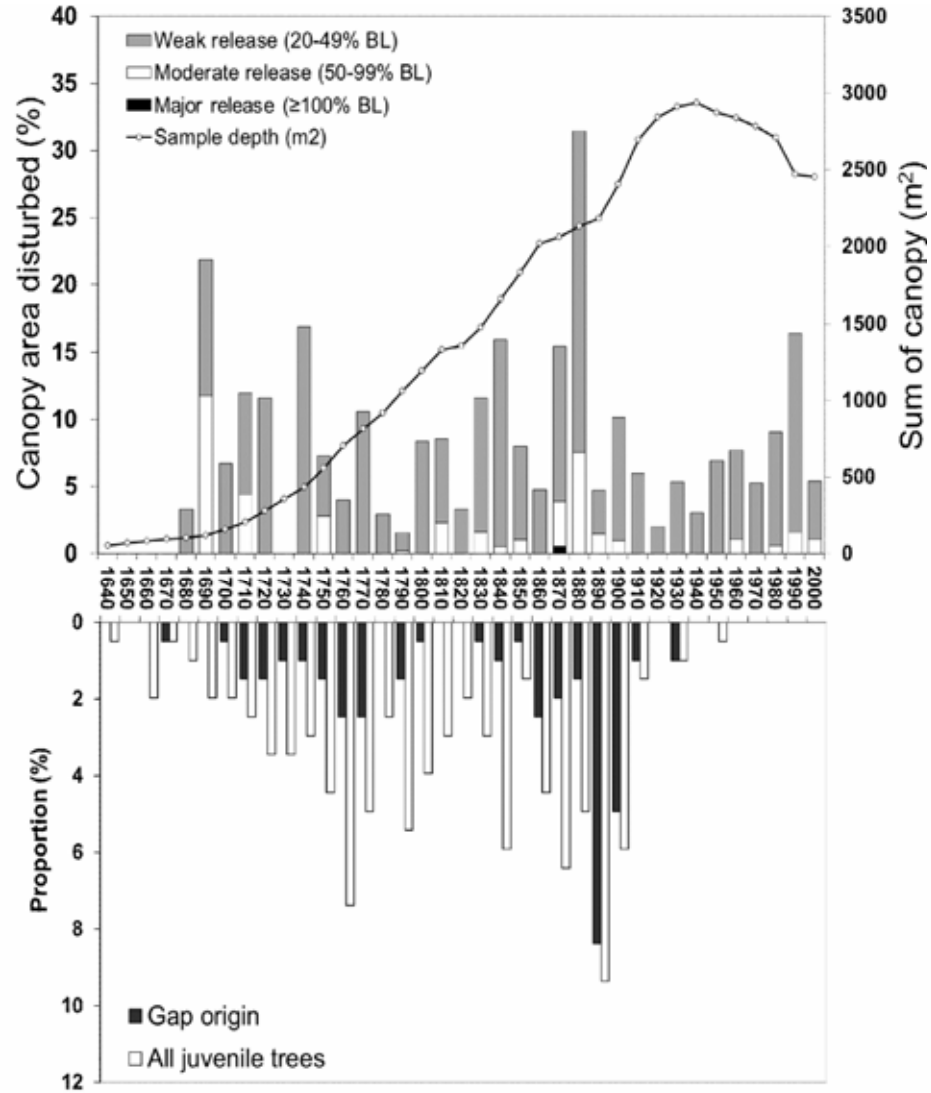


# Boubínský prales

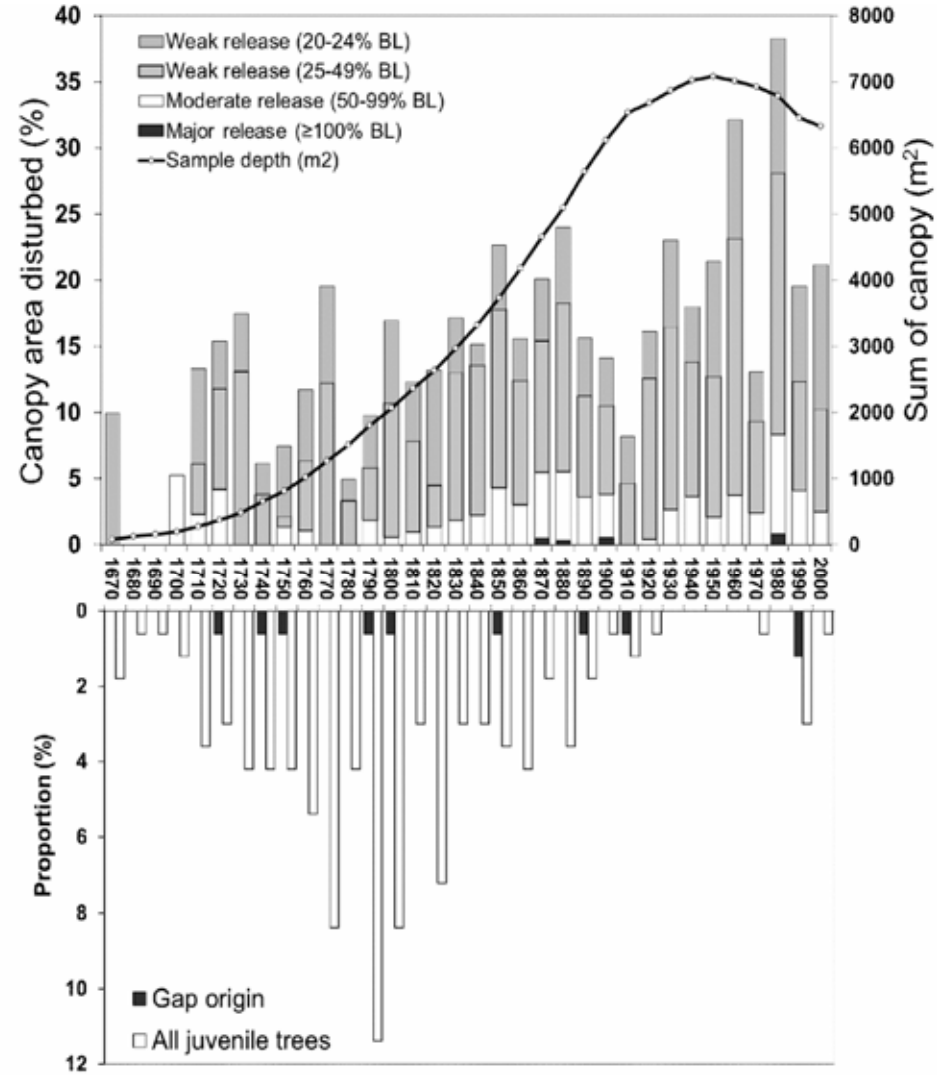
## Sumární disturbanční historie



# Smrk



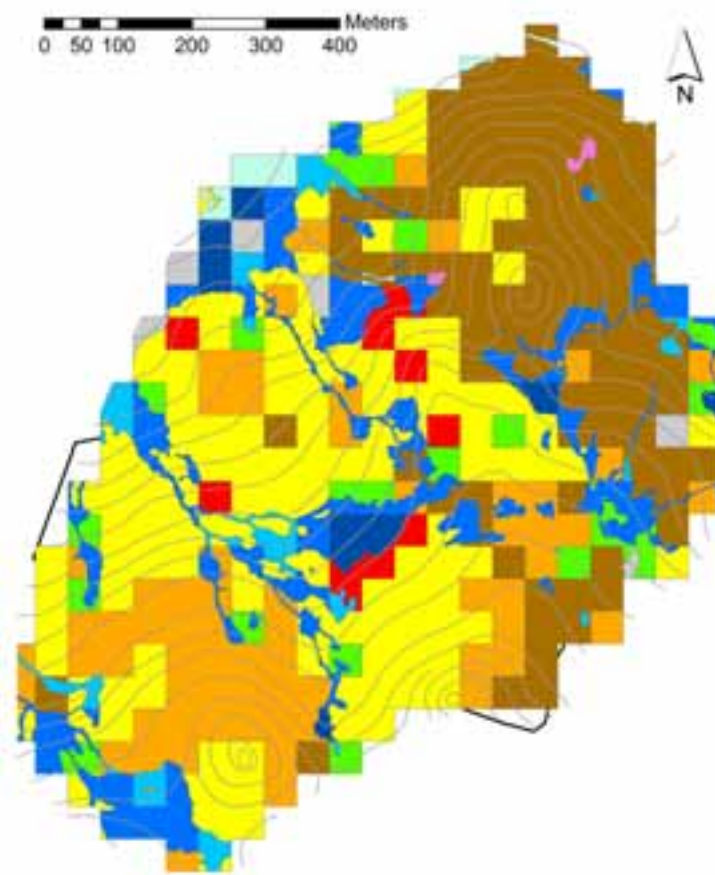
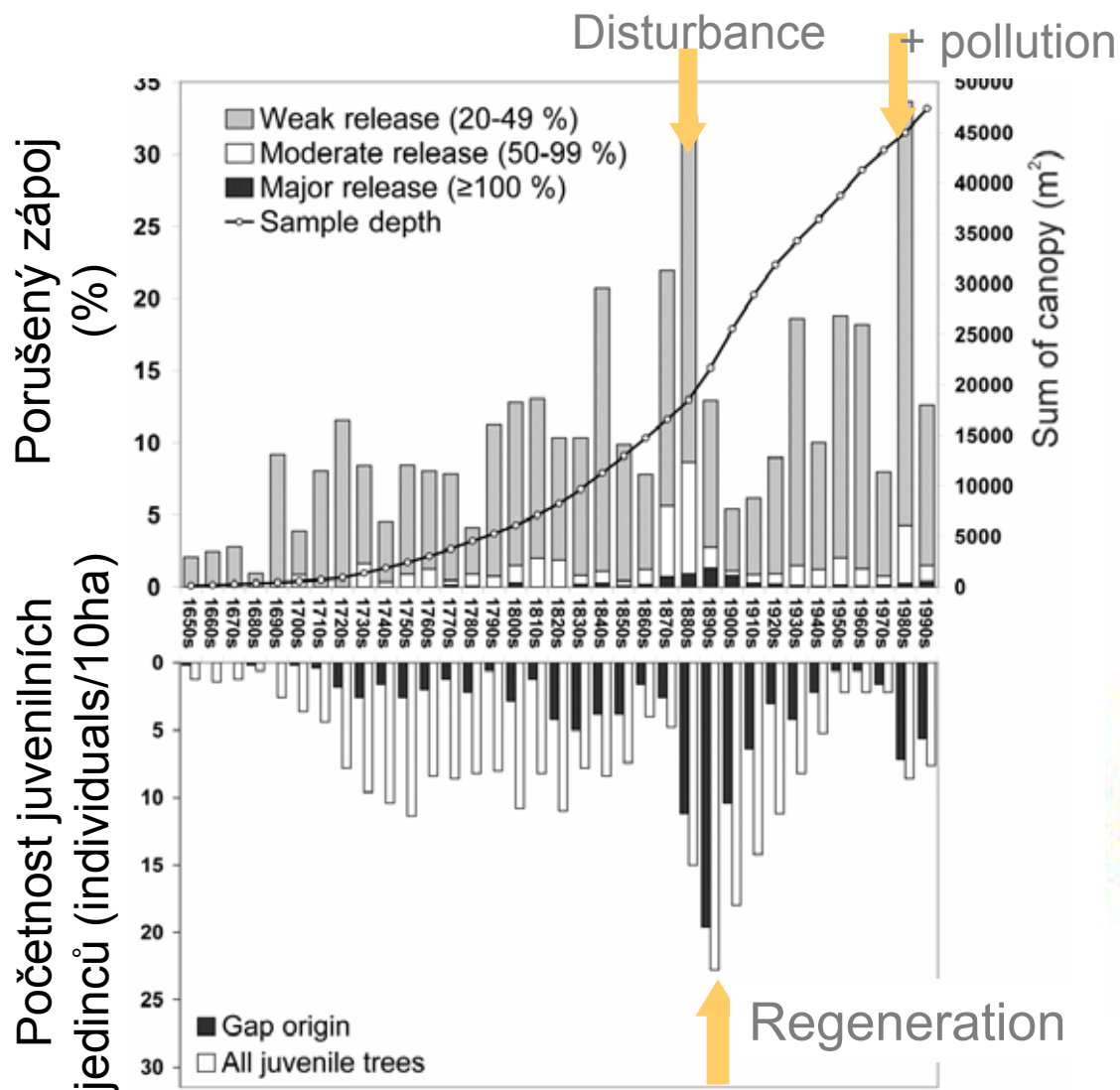
# Buk





# Žofínský prales

## Sumární disturbanční historie



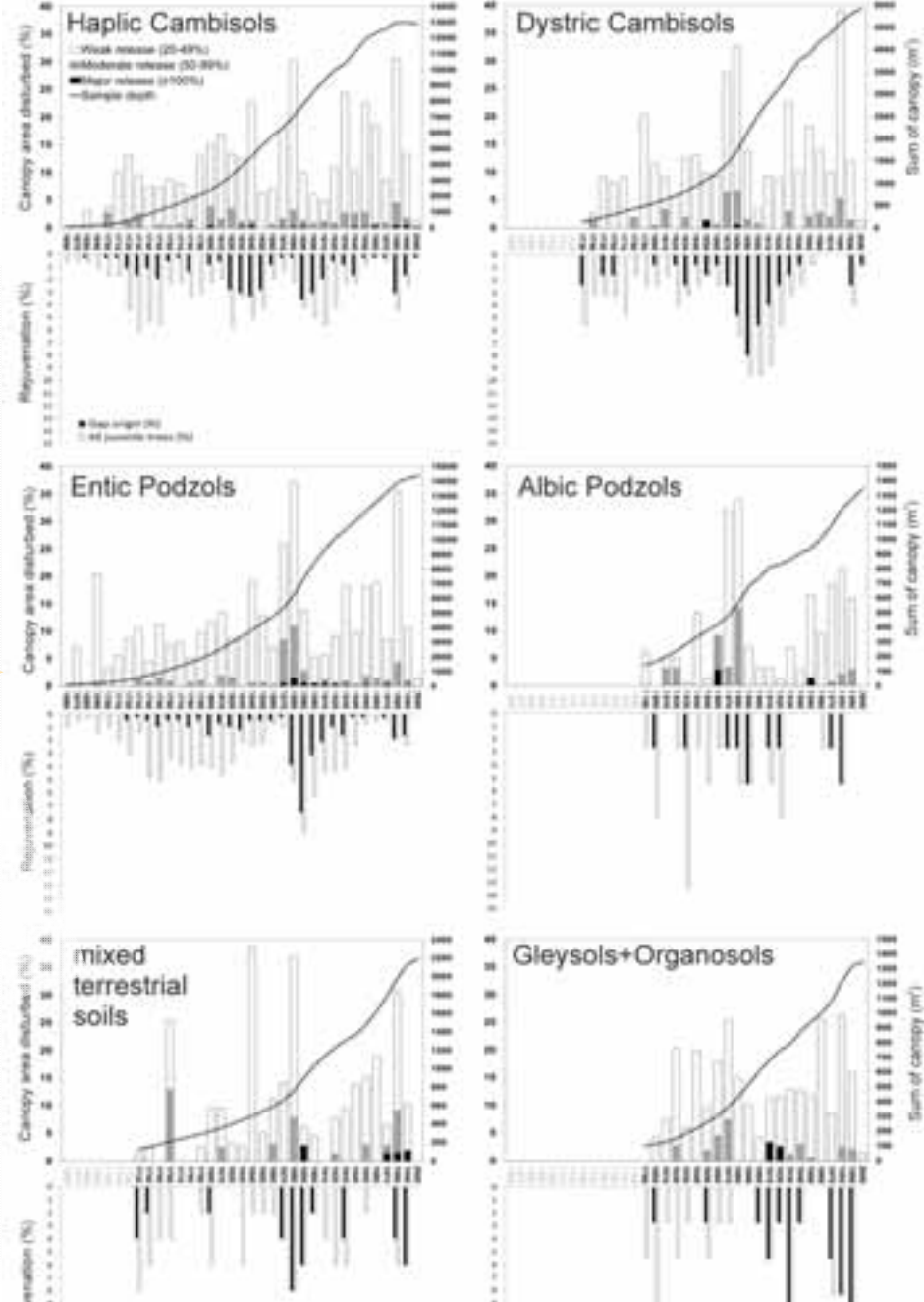
# Dilčí disturbanční minulost



**Hypotézy:**

(i) Na Žofíně existuje komplexní disturbanční režim,

(ii) Půdy mají vlastní specifickou disturbanční minulost



Šamonil P., Vašíčková I., Daněk P., Janík D., Adam D. 2014. Disturbances can control fine-scale pedodiversity in old-growth forest: Is the soil evolution theory disturbed as well? *Biogeosciences* 11, 5889-5905.

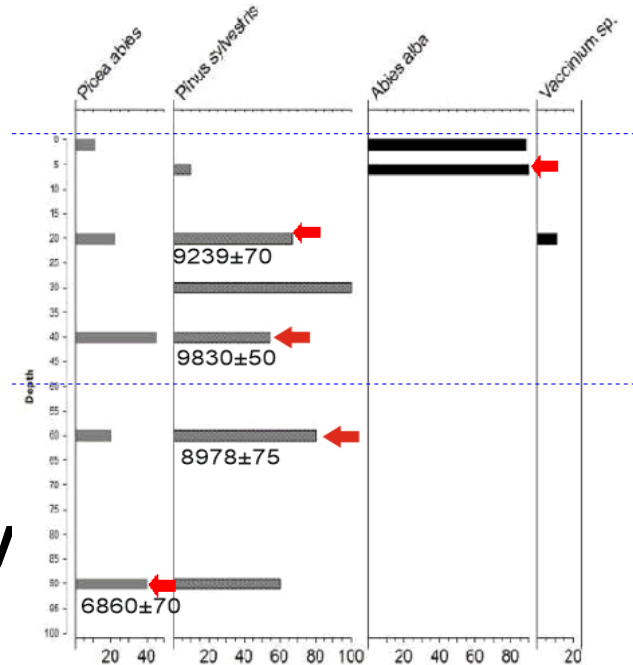


# Borovice-smrk-jedle-buk

## Druhové složení a stáří uhlíků

Potvrzeno prostorovou statistikou, radarem a pedoanthrakologií

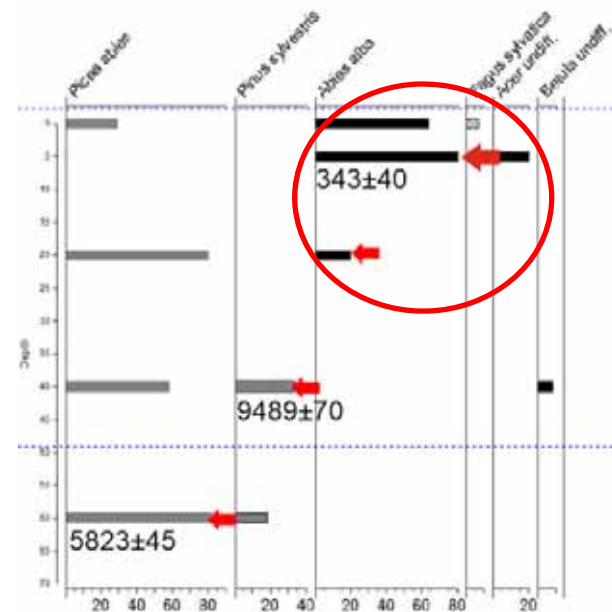
Podzoly



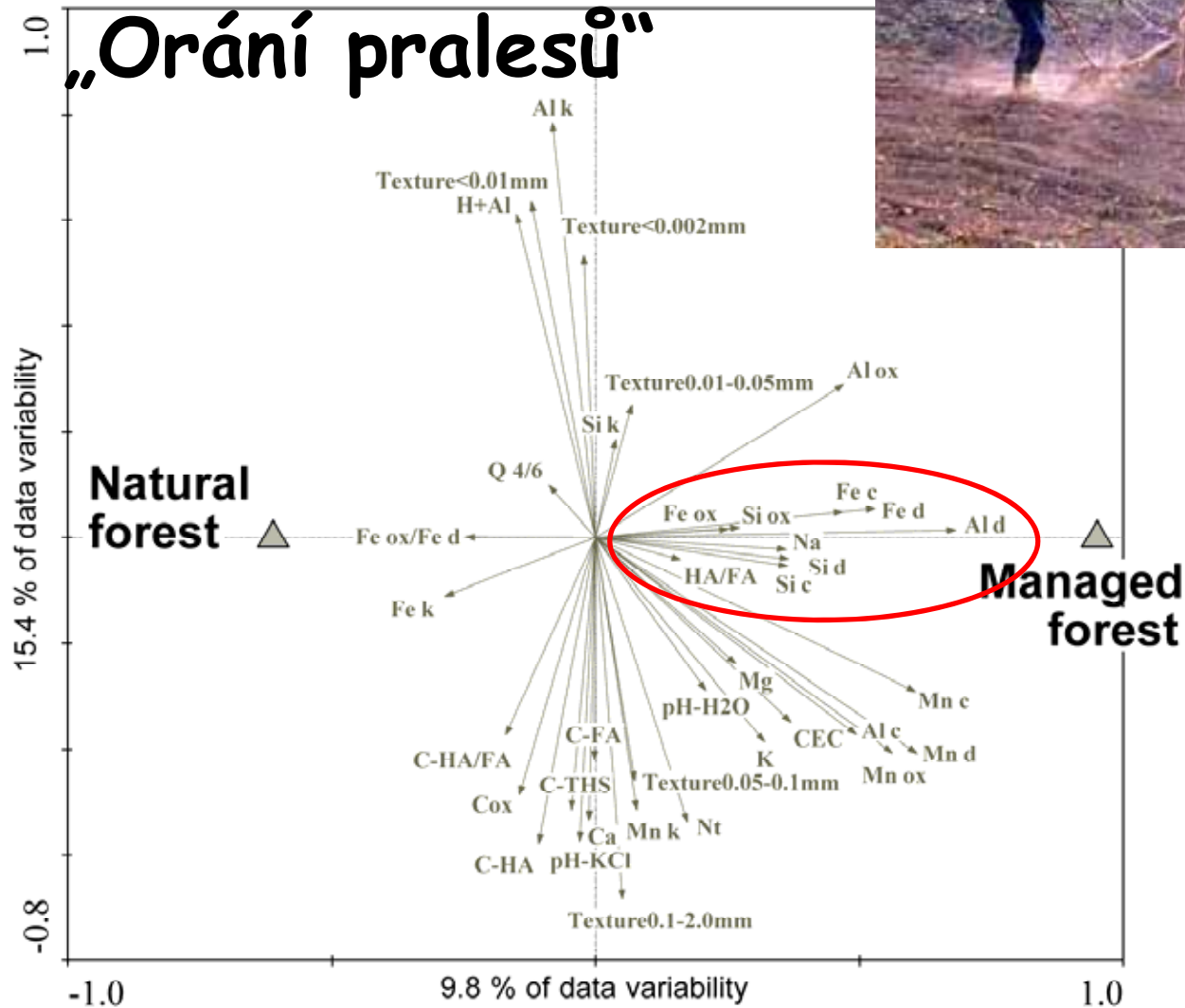
Hypotézy:

- (i) Na Žofíně existuje komplexní disturbanční režim,
- (ii) Půdy mají vlastní specifickou disturbanční minulost

Kambizemě



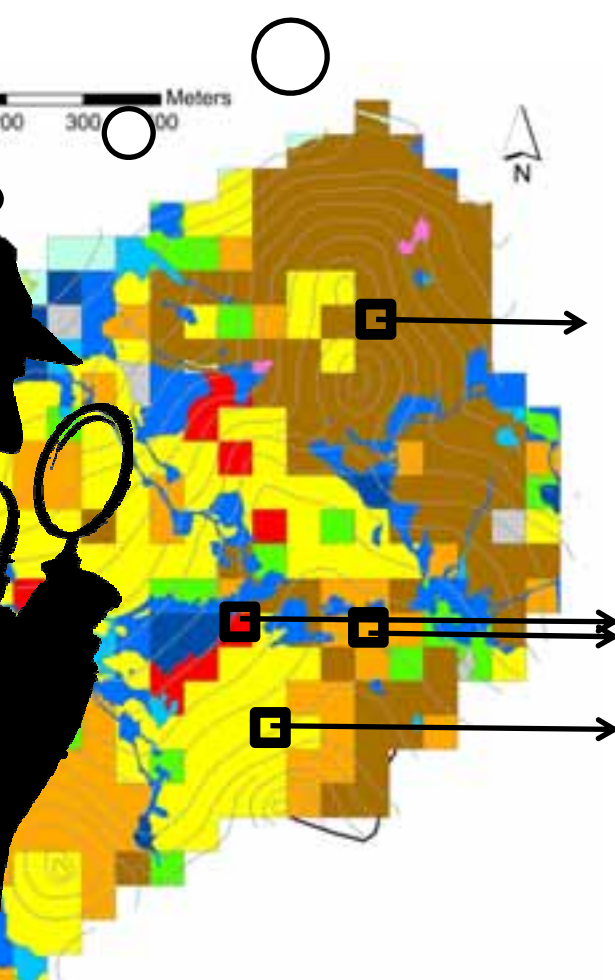
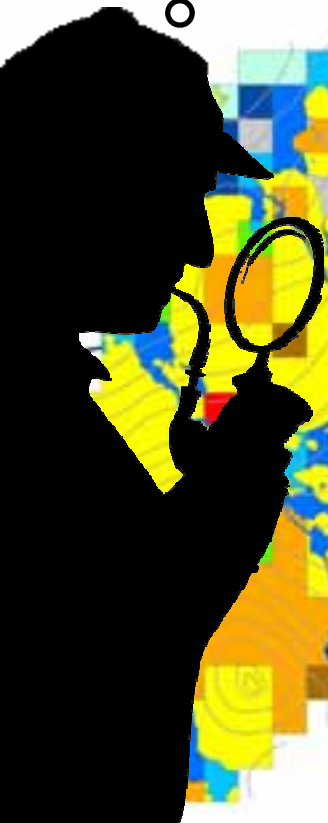
# Impakt člověka





Přímý důkaz o biomechanickém a  
biochemickém vlivu stromů dodá geofyzika  
a pedoantrakologie, ha, ha, ha

0 50 100 200 300 400 Meters



Kambizemě modální



Kambizemě dystrické



Kryptopodzoly



Podzoly



Gradient zvětrávání  
a vyluhování  
půd

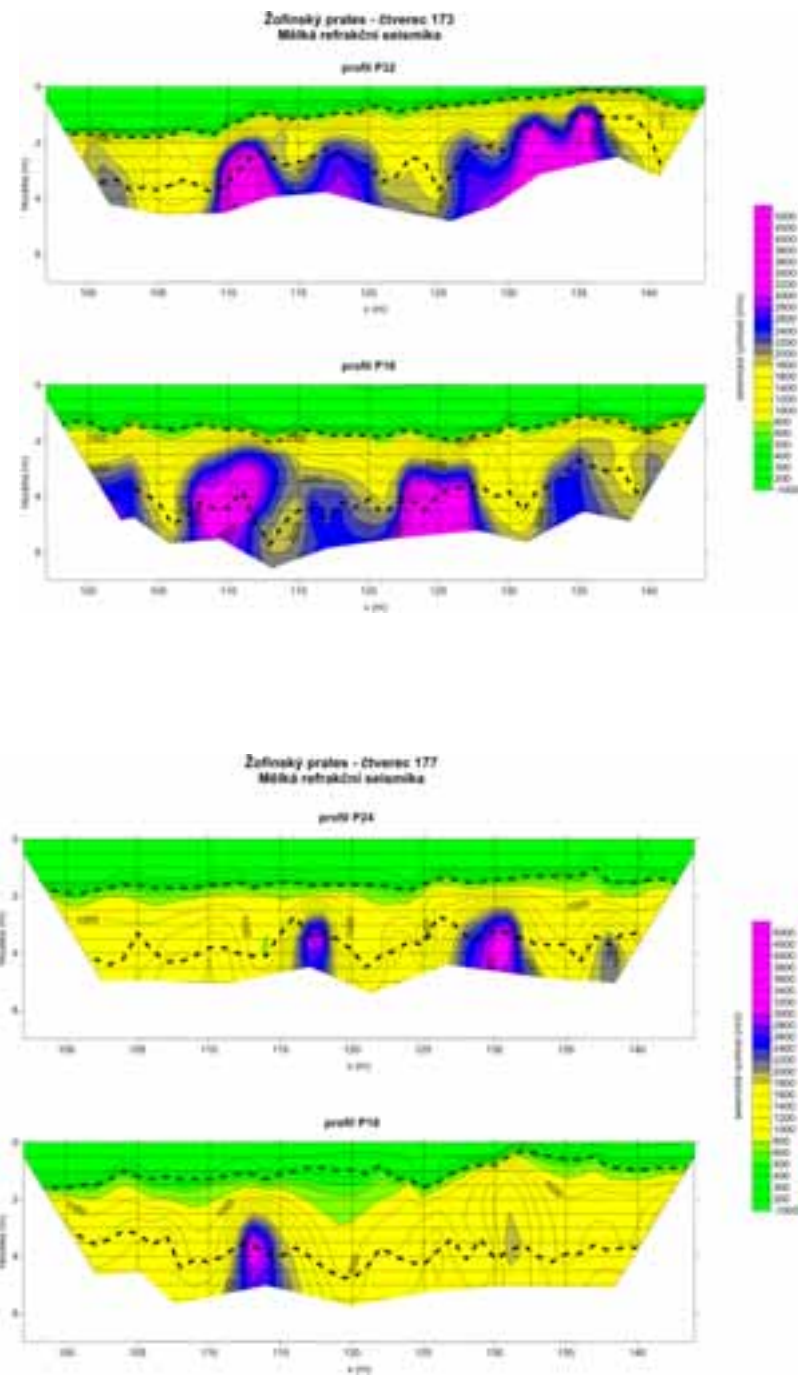
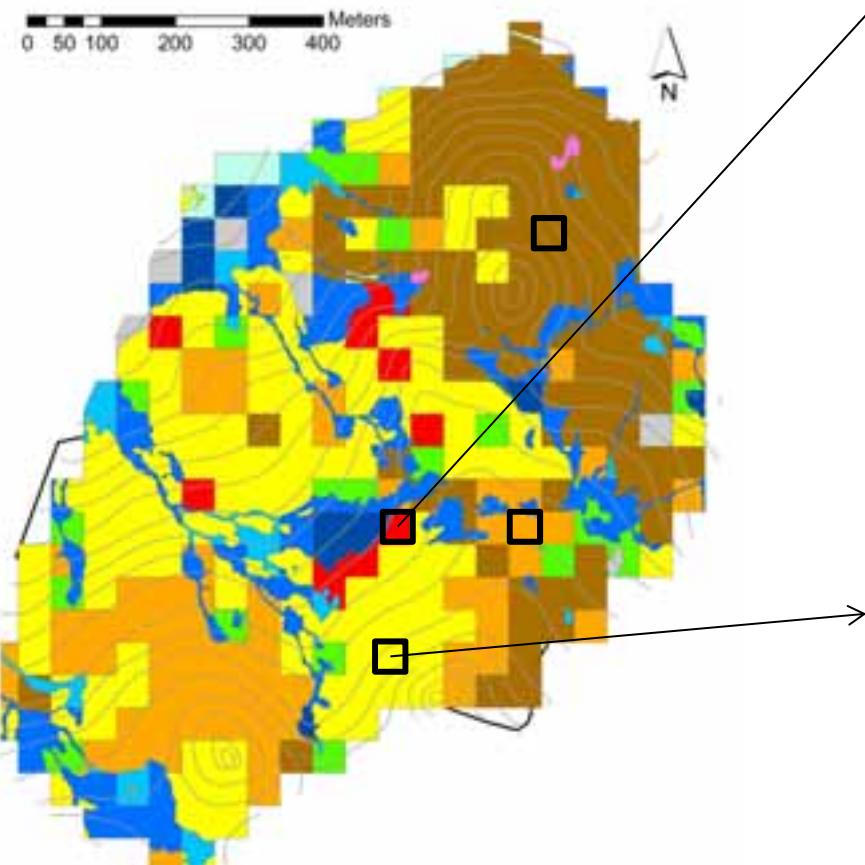




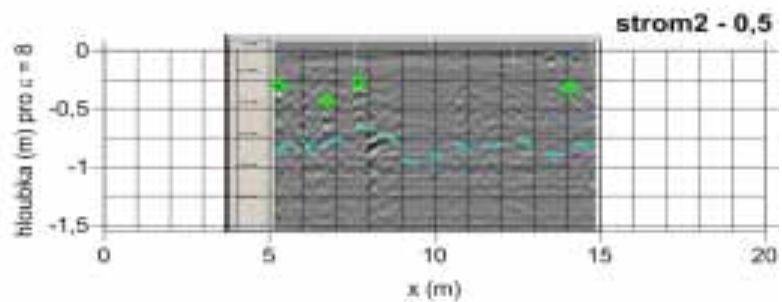
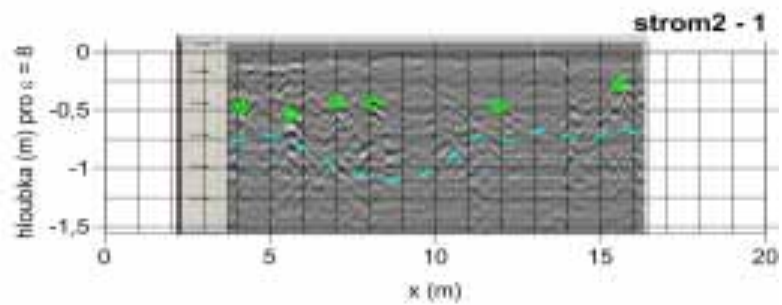
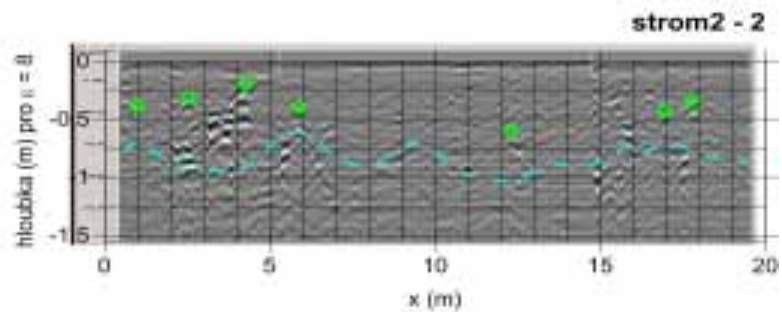
# Seismická sonda

Hlubší půdy blízko vrcholu  
Komplexní vývoj krajiny

0 50 100 200 300 400 Meters



# Porušení regolitu kořeny

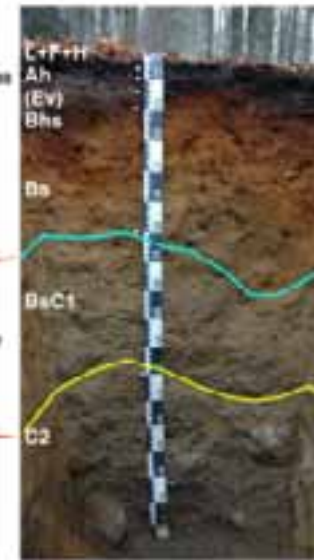
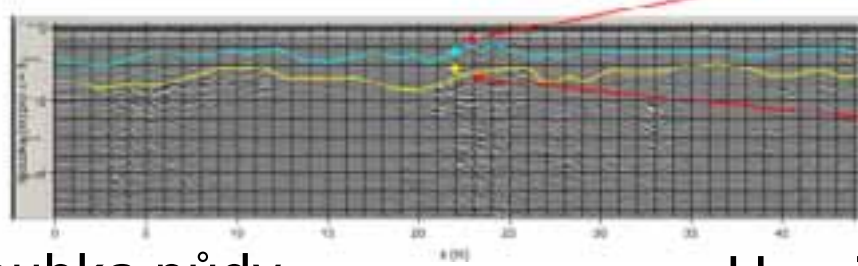
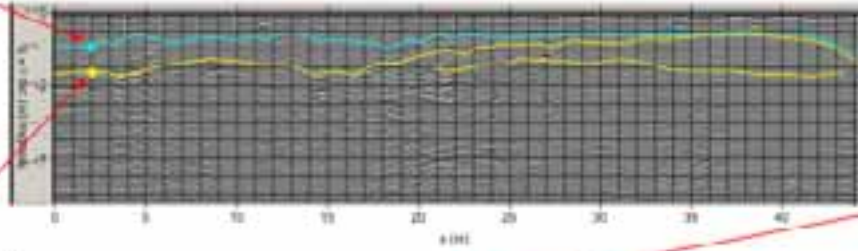
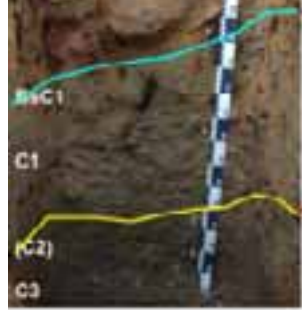
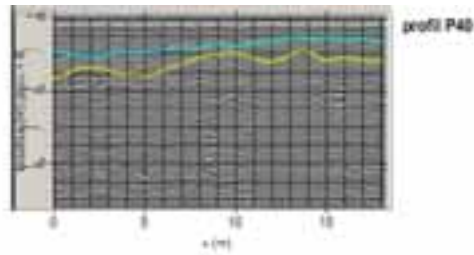


Předběžné výsledky





# GPR záznam Albic Podzols



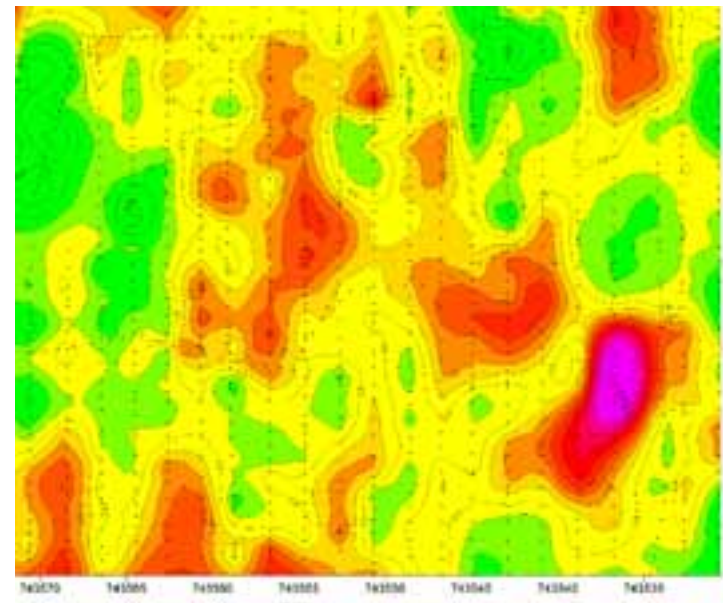
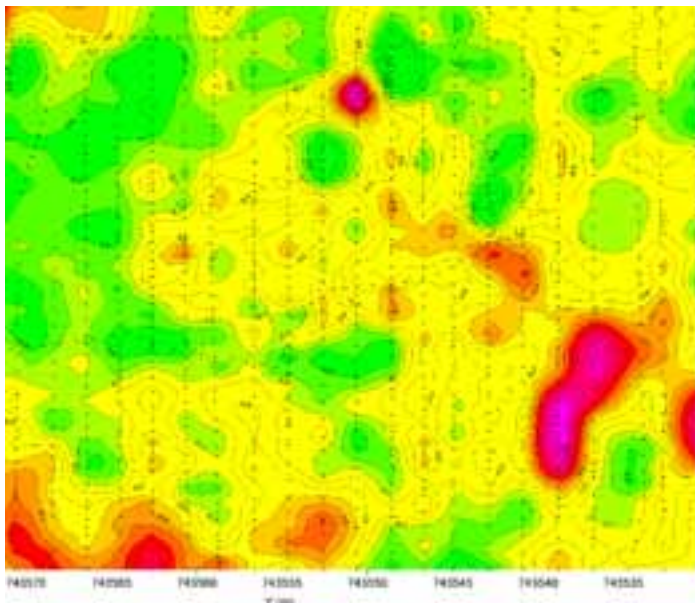
profil P20

profil P22

C2

Genetická hĺbka pôdy

Hranice kompaktného regolitu





# Závěry:

- Disturbance jsou přirozenou a nutnou součástí vývoje lesních půd
- Silné zpětné vazby mezi stromy a půdou
- Stromy urychlují nebo zpomalují podzolizaci
- Očekávaná ztráta komplexity půd v důsledku lesnického managementu nebo odlesnění
- Biomechanické a biochemické vlivy stromů omezují (skrze frekvenci, intenzitu a prostorovou ne-náhodnost) platnost tradičníhoho konceptu pedogeneze
- *Steady-state* může být relativně vzácný
- Komplexní prostorový vztah mezi stromy a půdou
- Vliv stromů může působit na tvorbu ekologických nik

# Spolupracovníci

Dušan Adam

Vojtěch Beneš

Přemysl Bobek

Pavel Daněk

Libor Hort

David Janík

Kamil Král

Pavel Unar

Ivana Vašíčková

Martin Valtera

Tomáš Vrška



[www.pralesy.cz](http://www.pralesy.cz)

GAČR 16-15319S



Děkuji  
za p

o

z

o

r

n

o

s

t

