

# Ekologie lišejníků

## 4. lekce

Vztah lišejníků a prostředí,  
přizpůsobení  
bioindikace

# Vztah lišejníků a prostředí – extrémní biotopy

dáno charakterem prostředí, ovlivňuje morfologii, růst a fungování lišejníků

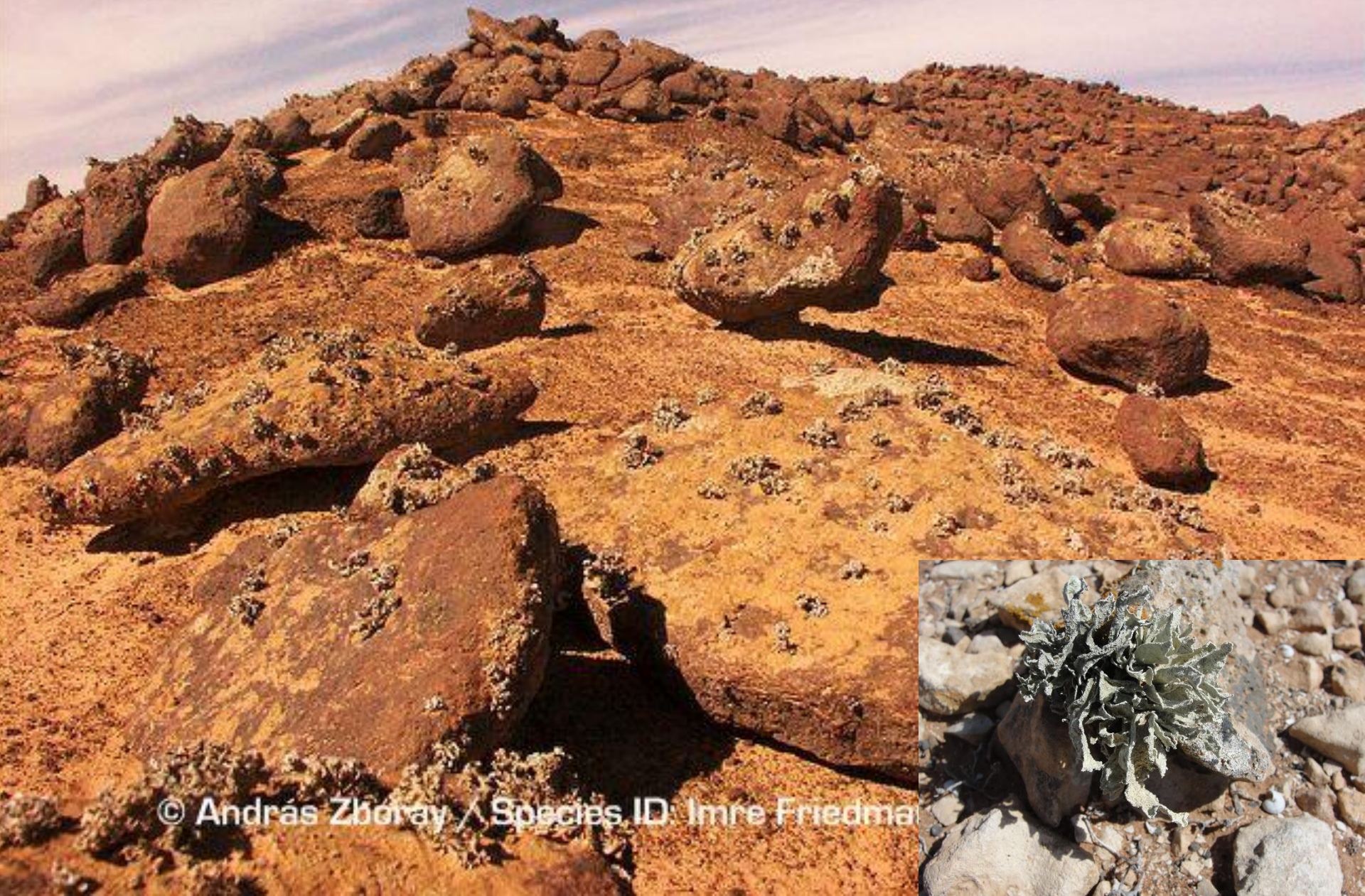
## Horké a suché ekosystémy (pouště)

- málo vody, velké změny teplot v rámci dne, intenzivní sluneční záření, salinita, silné suché větry, eroze, prach-písek.

pouze velmi málo jiných druhů, než korovitých – příklad Blízkého východu - *Ramalina maciformis*, *Teloschistes lacunosus* (Galun 1963)









## Horké a suché ekosystémy (pouště)

- většina Austrálie, Sahara, Jihoafrická republika, Arabské pouště, Gobi, Sonora, Chile....
- málo dřevin, srážky pod 250 mm/rok, teploty dne nad 40 st., v noci k nule i pod nulu
- hlavní faktor – **málo vody**. Lišejníky v terénních proláclinách, zastíněných místech, mlžných vádích, rosa často postačí k růstu –

*Ramalina maciformis* až 40 % saturace vzdušnou vlhkostí. Za sucha lišejníky nepoškozovány teplem (až 70 stupňů vydrží), ale ve vlhkém prostředí a vysokých teplotách nerostou -

*Xanthoparmelia (Chondropsis) semiviridis* – charakter rozšíření odpovídá výskytu pouze zimních dešťů.





# Horké a suché ekosystémy (pouště)

mlžné pouště – Chile, Negev, Namibie, různé rozdíly v intenzitě a době.

Vagantní růstová forma – nepřichyceny k substrátu, kouleny větrem

*Aspicilia esculenta*, *fruticulosa*











Barchan sand dunes, Turkmenistán (zarůstající duna na okraji pouště, *Xanthoparmelia* sp.)



## Horké a suché ekosystémy (pouště)

U nás někdy *Neofuscellia pulla* var. *pokornyi* tvoří vagantní formu vláhojevné pohyby (rozvinutí) hydrocházie, „fenster flechten“ – nad substrát jen kus s tlustou kůrou, zbytek ukotven pod povrchem toto všechno stabilizační význam pouštních ekosystémů („cryptocrust“, „soilcrust“)





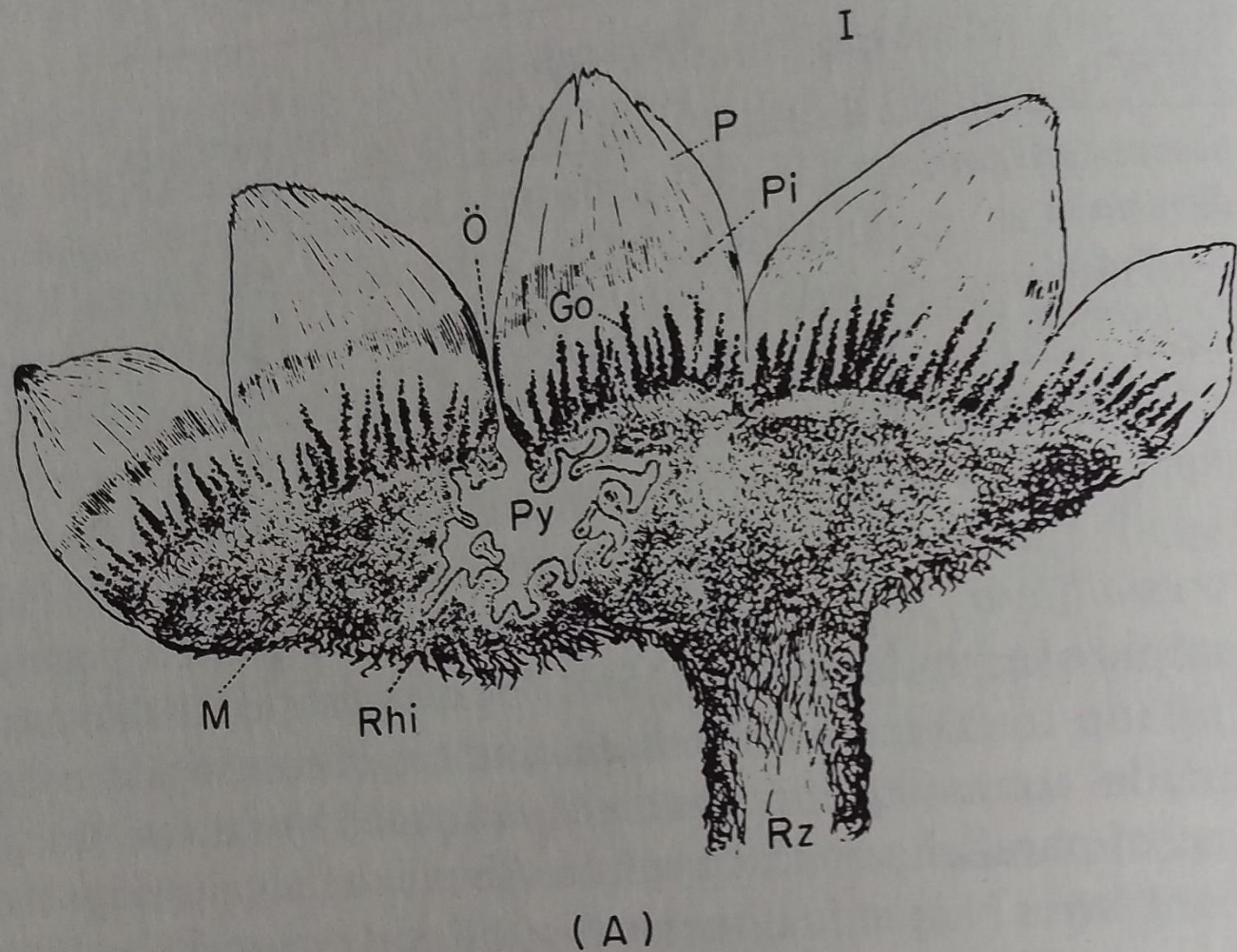
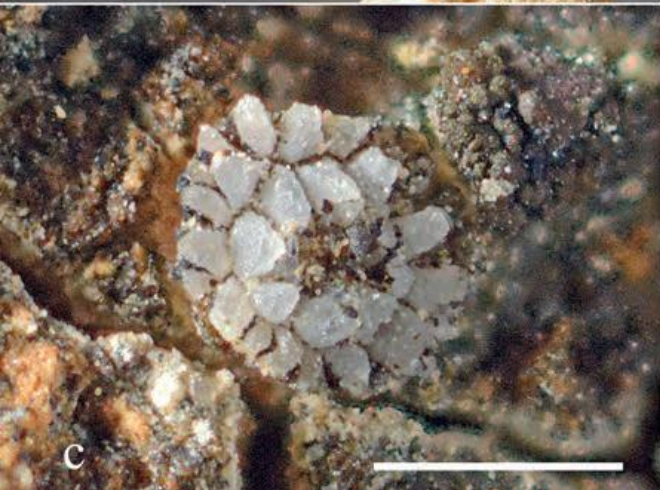


FIG. 16. Special kinds of adaptations to the desert environment in South Africa:  
 (A) *Lecidea crystallifera* cross section of the thallus. P, cortex cone; Pi, pigment stratum;  
 Go, chains of phycobionts; Py, pycnoconidia; Ö, aperture of the pycnoconidia; M, medulla;  
 Rhi, rhizinic hyphae; Rz, rhizoidal string. (B) *Buellia* sp. on a quartz block. I, general view of  
 the thallus on the quartz (natural size); II, course

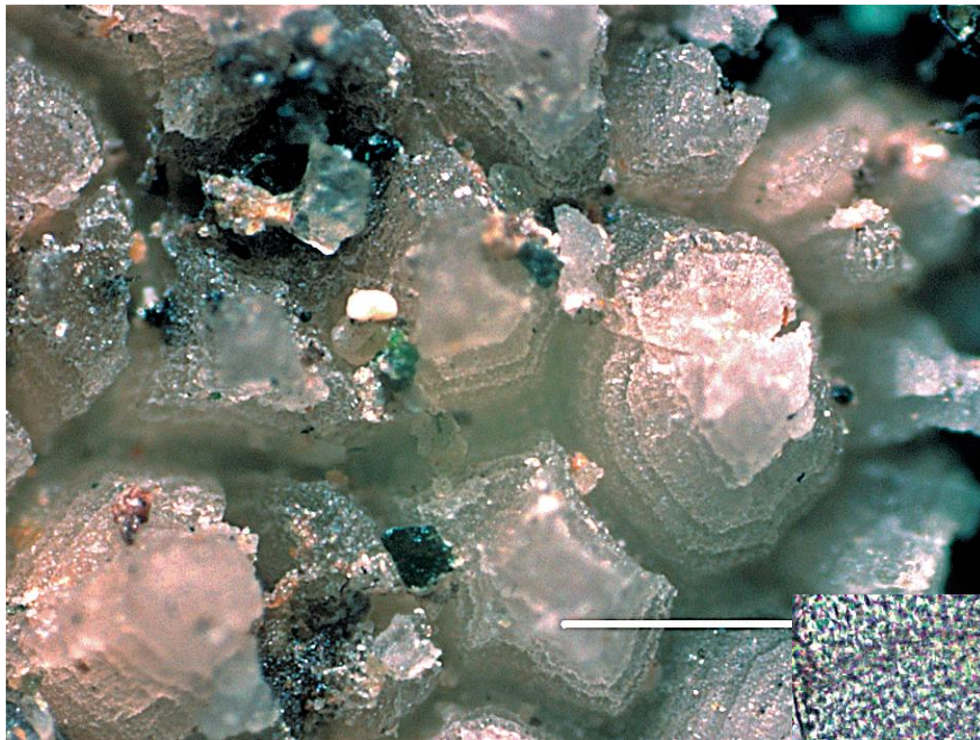




**Fig. 1:** *Endocarpon crystallinum*, O-L-203077. **A** – habitus, **B** – older squamule, **C** – young squamule, **D** – squamules with substrate removed, showing the attachment organ (“Rhizinenstränge”). Scale bars = 1mm.

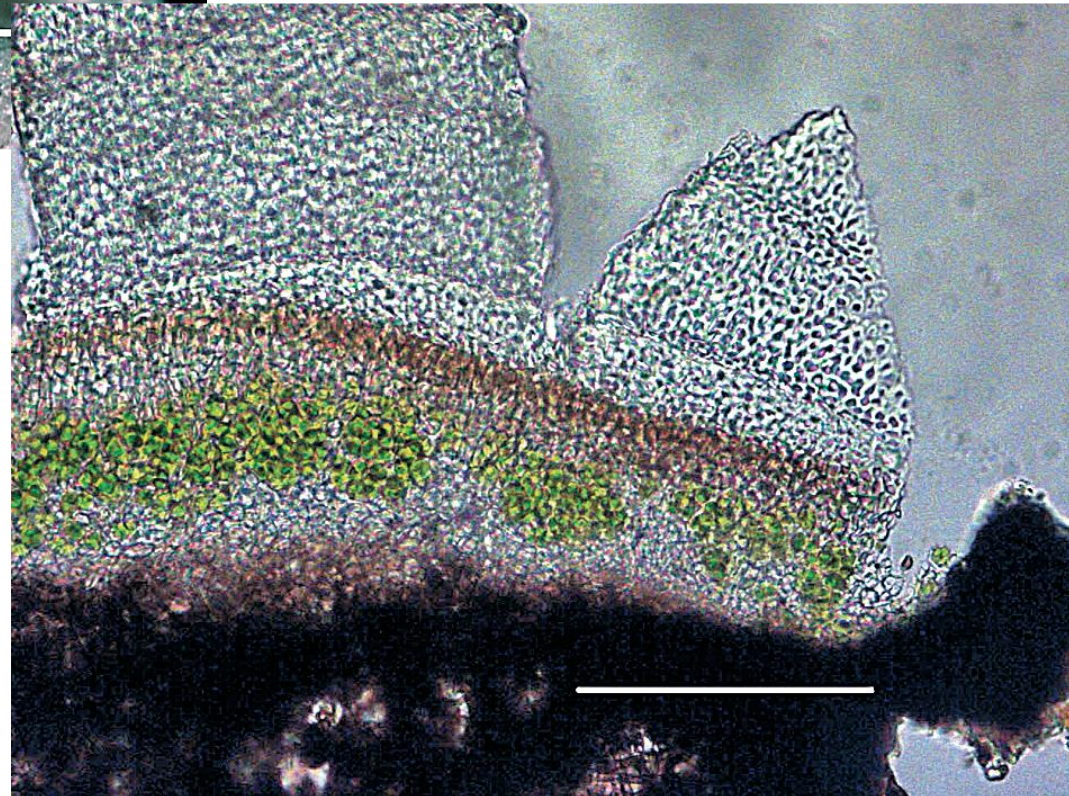
**Timdal. E.:** *Endocarpon crystallinum*, found in Crete, a window-lichen new to Europe. *Herzogia* **30** (1), 2017: 309–312



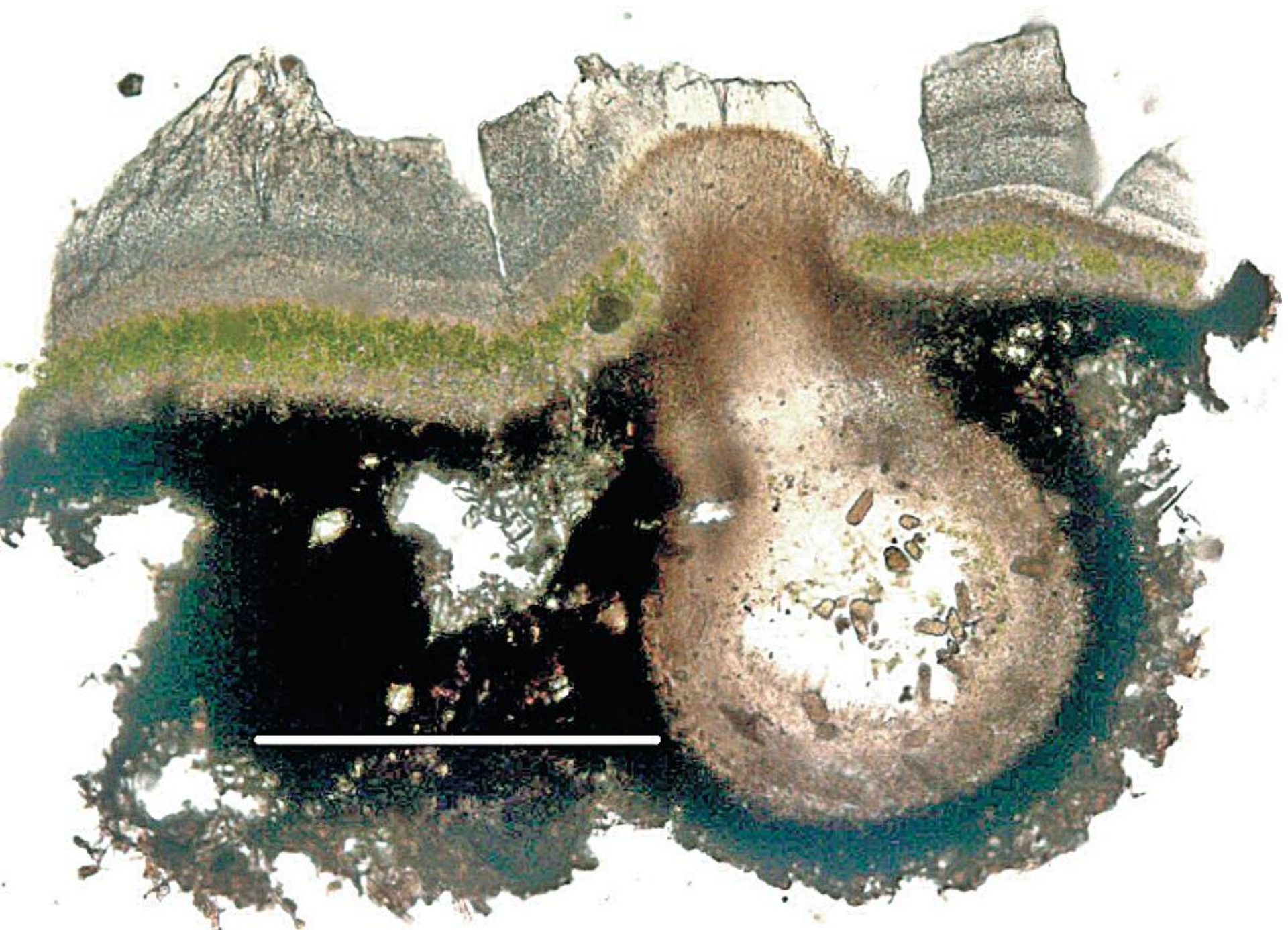


Макрый Т.В. : (2015): ENDOCARPON CRYSTALLINUM (VERRUCARIACEAE) – НОВЫЙ ДЛЯ РОССИИ ВИД ЛИШАЙНИКА ИЗ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ. Растительный мир Азиатской России, 2015, No 3(19), с. 10–15.

**Рис. 1.** *Endocarpon crystallinum*:  
1, 2 – общий вид; 3, 4 (срез) – эпинекральный слой; 5 – срез таллома с перитецием, ризоидным тяжем и подслоевищем; 6 – эксципул; 7 – шейка перитеция с перифизами; 8 – споры.  
Масштабная линейка: 1 – 2 мм; 2 – 1 мм; 3 – 0.2 мм; 4, 6, 7 – 100 мкм; 5 – 300 мкм; 8 – 50 мкм.







*Endocarpon crystallinum*, Makryj (2015)



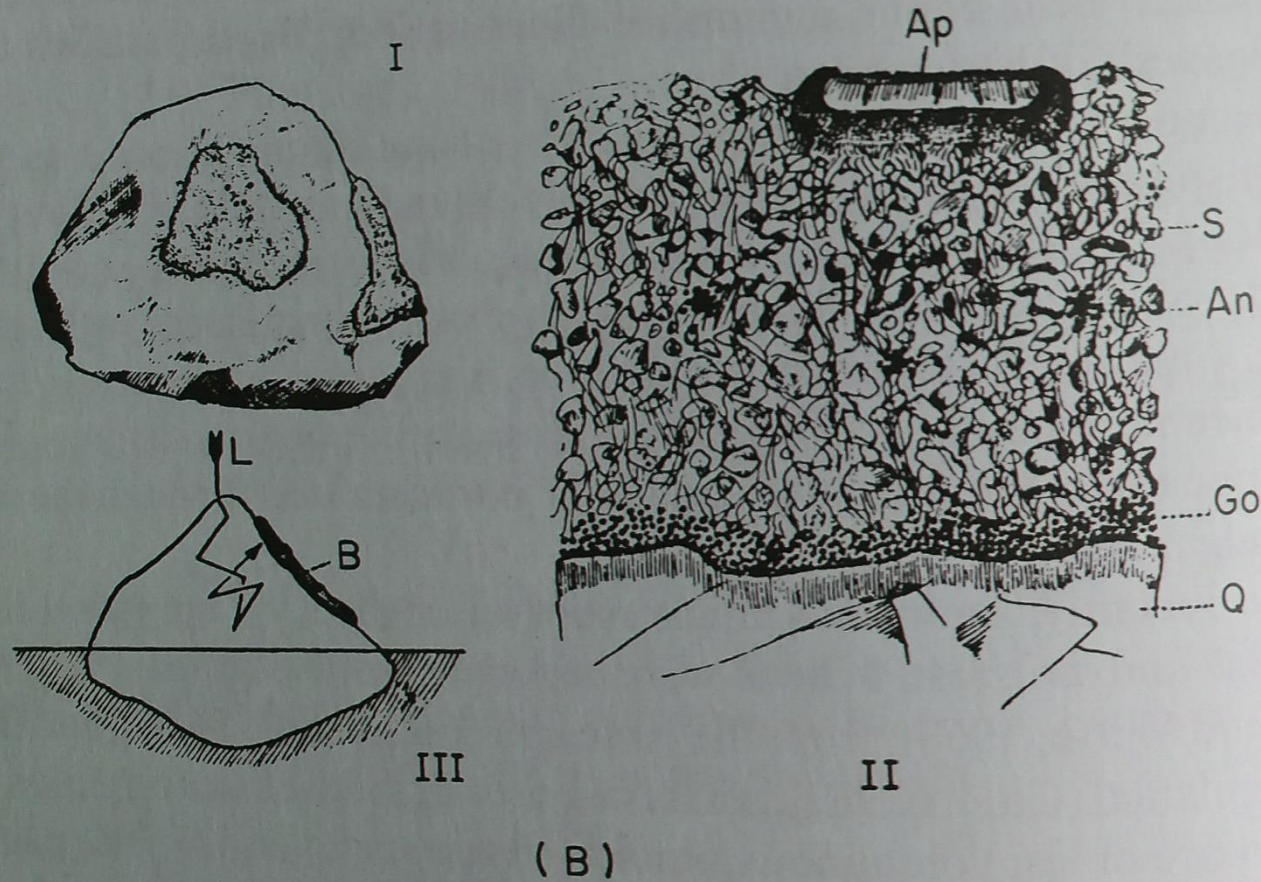
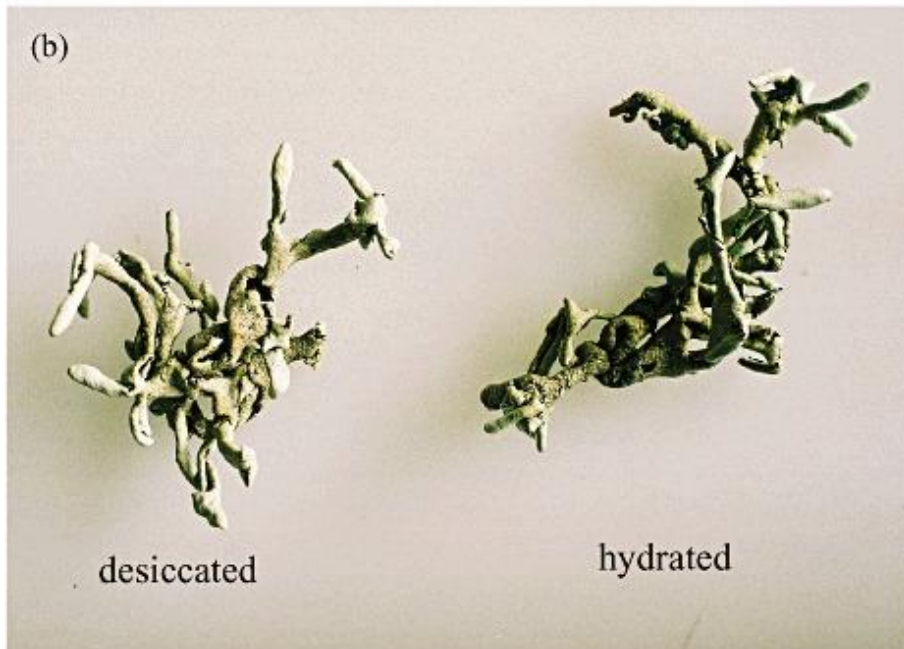
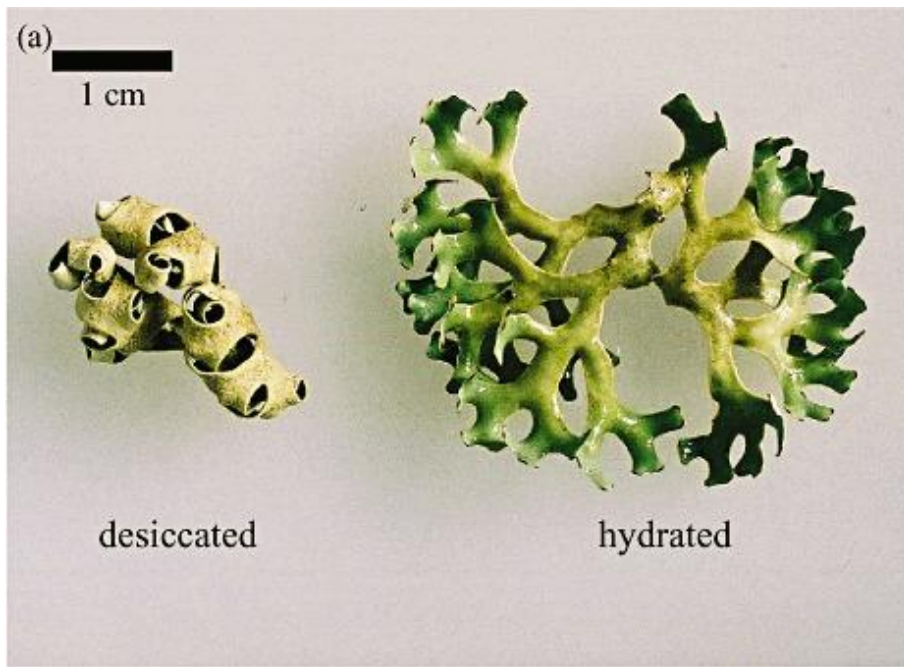


FIG. 16. Special kinds of adaptations to the desert environment in South Africa: (A) *Lecidea crystallifera* cross section of the thallus. P, cortex cone; Pi, pigment stratum; Go, chains of phycobionts; Py, pycnoconidia; Ö, aperture of the pycnoconidia; M, medulla; Rhi, rhizinic hyphae; Rz, rhizoidal string. (B) *Buellia* sp. on a quartz block. I, general view of the thallus on the quartz (natural size); II, cross section of the thallus; III, model of the course of light to the phycobionts of the inverse thallus. (Ap, apothecium; S, hyphae with soil particles; An, groups of phycobionts; Go, phycobiont layer; Q, quartz; L, incident light; B, thallus. (From Vogel, 1955.)





**Desiccated and hydrated forms of (a) *Chondropsis semiviridis* and (b) *Xanthoparmelia coinvoluta*.**

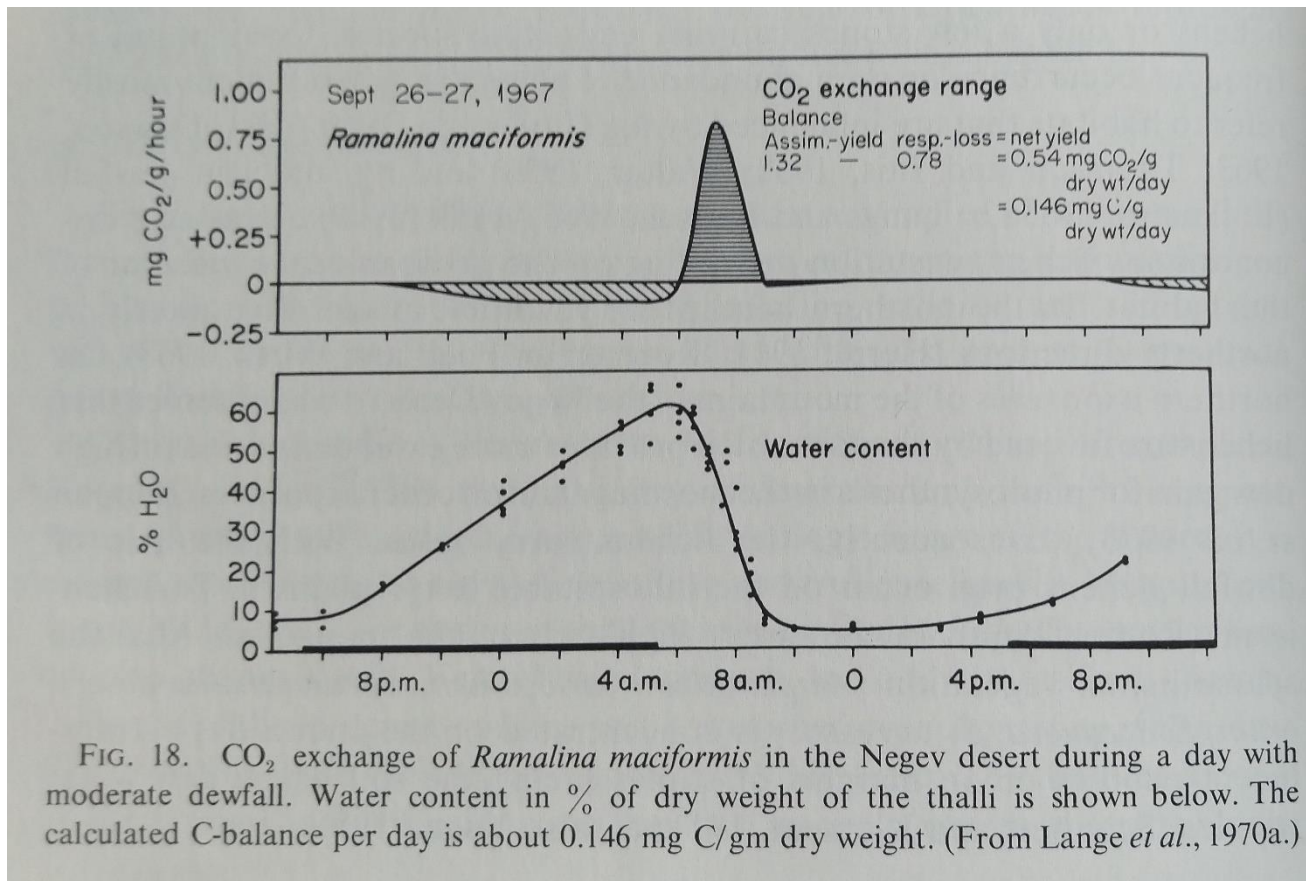
Photographs by David Hollingworth. (De Vries et Watling 2008, Austral Ecology)



## Horké a suché ekosystémy (pouště)

Někdy dokonce lišejníky rostou na spodní straně průhledných kamínků či na okrajích – inverzní stélky (Schubert et Klement 1971, Rodin 1963) – Turkmenistán, Altaj.

Mlha je (dle Lange et al. 1970) dostupná cca 2-3 hodiny denně, tj. dostatečně dlouho pro růst lišejníku (i při výdeji na dýchání v noci).





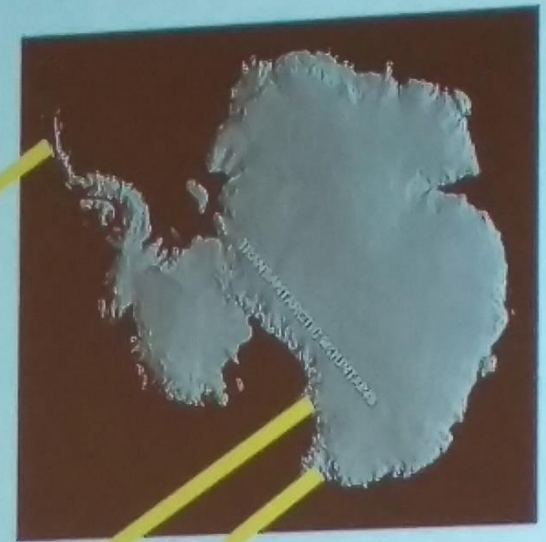
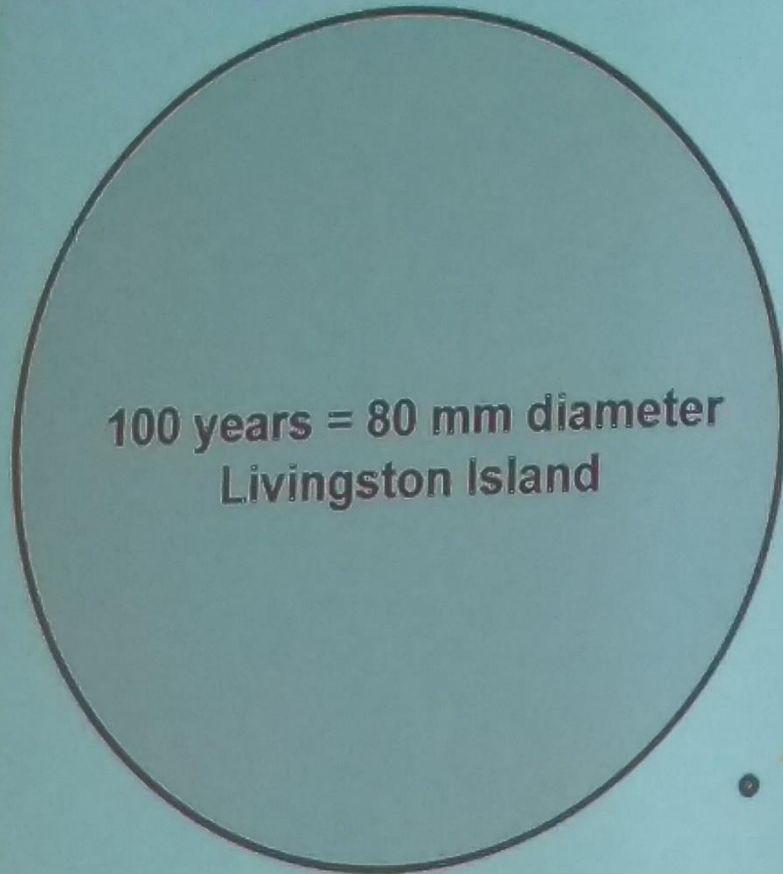
## Polární a alpské oblasti

krátké vegetační období, nízké teploty, dlouhá období mrazů, metabolismus i pod nulou, nejčastěji korovité druhy s přitisklou stélkou v extrémních oblastech chladu, čím větší sezónnost, tím více keříčkovitých a lupenitých. Mnohé rody jak polár, tak pouště – extrémy (*Rhizocarpon*, *Buellia*, *Lecanora*, *Lecideia*)  
(Siple 1938 – 7 druhů lišejníků blízko jižního pólu)





## Lichen growth in 100 years



100 years = 6 mm diam.  
Hallett



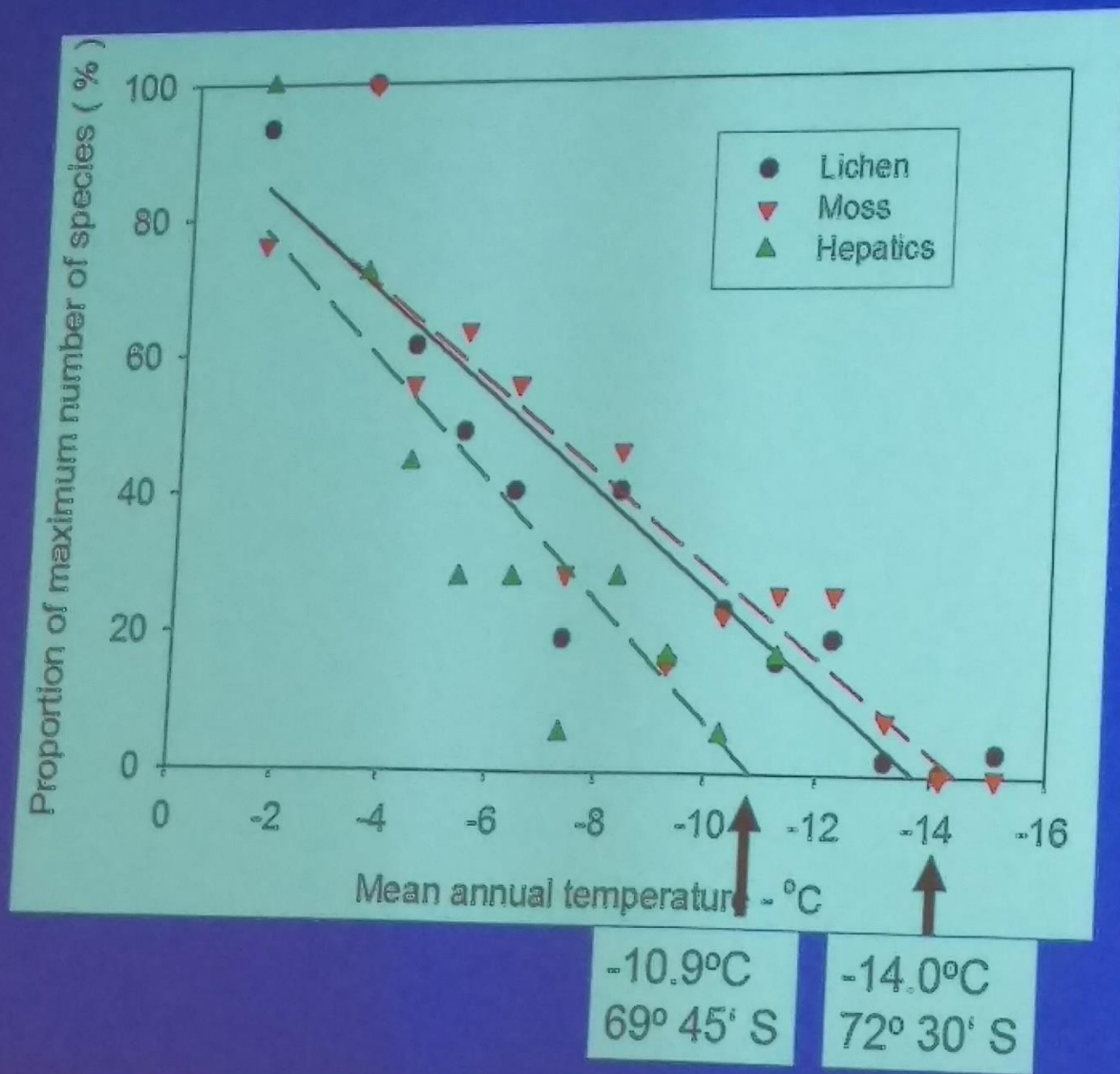
100 years = 1 mm diam.  
Taylor Valley

### Gradient 3: growth rates (about 100 times for lichens)

Sancho, L. G., Green, T. A., & Pintado, A. (2007). Slowest to fastest: extreme range in lichen growth rates supports their use as an indicator of climate change in Antarctica. *Flora*202(8), 667-673.

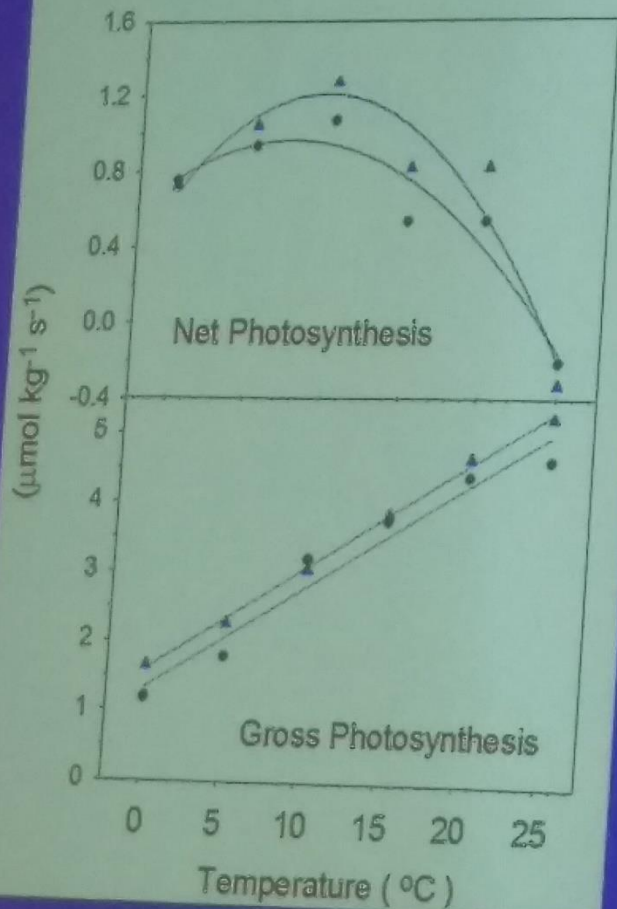


Lichens, mosses and hepatics normalised to 100% for maximum number of species versus Mean temperature





# Photosynthesis and temperature of *Umbilicaria decussata*



▲ Livingston Island – 62°S

● Mt Kyffin – 84°S

22 degrees Latitude apart

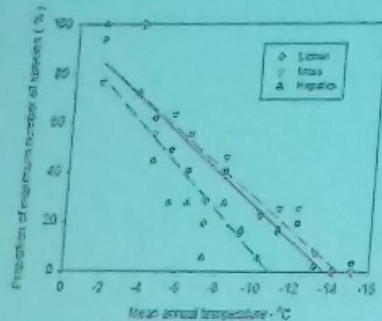
Samples collected at exactly same time.

Identical optima

NO apparent Adaptation



# Summary




## Macroenvironmental zone

Biodiversity increases driven by:

Increased productivity due to longer active periods due to longer melt periods (warmer) and increased precipitation (also more niches).

Opportunities for different life strategies targeting growth rather than survival, broader range of species.



Precipitation



Temperature

Temperature strongly influences lichen growth rates in northern peninsula

Snow kill has now become important due to increased snow fall, longer snow duration and cooler summers; it is species-specific.

This adds another level of complexity.

Cyanobacterial lichens can't stand the cold



TABLE X  
RECORDS OF LICHENS FROM HIGH ALTITUDES

Area	Elevation (m)	Lichen species	References
Karakorum (K2)	7000	<i>Xanthoria elegans</i>	Gams (1960)
Makalu (Himalaya)	6200	"Few lichen thalli"	Swan (1961) cf. also Mattick (1953)
Mount Everest	5800-6000	15 species ( <i>Cetraria</i> , <i>Letharia</i> , <i>Placodium</i> , <i>Rinodina</i> , <i>Lecanora</i> , <i>Aspicilia</i> , <i>Acarospora</i> , <i>Gyrophora</i> , <i>Lecidea</i> )	Paulson (1925)
Sikkim (Himalaya)	5660-5880	13 species	Hooker (1855, after Singh 1964)
Khumbu Himal	5400	<i>Candelaria vitellina</i> var. <i>glacialis</i>	Poelt and Reddi (1969)
(Himalaya)	5000	<i>Candelaria nepalensis</i> <i>Parmelia sinuosa</i> , <i>Candelaria himalayana</i> <i>Coccocarpia parmelioides</i> , <i>Lecanora rubina</i> , <i>L. chondroderma</i> , <i>L. terretiuscula</i> , and others	Poelt (1963, 1966)
Wakhan mountains (Afghanistan)	5200-5,400	<i>Xanthoria elegans</i> , <i>Lecidea tessellata</i> , <i>Lecanora melanophthalma</i> , <i>L. dispersa-areolata</i> , <i>Caloplaca paulii</i> , <i>Umbilicaria decussata</i> , <i>Staurothele elopima</i>	Roemer, } cited by Poelt and Wirth (1968) Gilbert }
Kaukasus	5500	<i>Umbilicaria virginis</i>	Frey (1947)
Nevado de Toluca (Mexico)	4500	<i>Cora pavonia</i> , <i>Parmelia conspersa</i> , <i>Parmelia stenophylla</i>	Dix (1959)
Pico Espejo (Andes, Venezuela)	4750	15 species (reduced growth)	Hertel (1971)
Andes in North Chile	up to 4500	Species of the <i>Neuropogon acromelanus</i> association	Follmann (1965d)
Central West Alps	up to 4800	2 species	Gams (1960)
Mt. Rosa (Switzerland)	4638	<i>Parmelia encausta</i> , <i>Haematomma ventosum</i>	Maheu (1907)
Mt. Tacul (Savoie)	4200	<i>Solorina crocea</i> , <i>Squamaria concolor</i> , <i>Haematomma ventosum</i>	Frey (1968/1969)
Breithorn (Switzerland)	4171	<i>Stereocaulon condensatum</i> , <i>Solorina crocea</i> , <i>Squamaria concolor</i> , <i>Buellia discolor</i> , <i>Lecidea contigua</i>	Frey (1968/1969)
Grande Casse, Taren- taise (Savoie)	3861	16 species	Frey (1968/1969)
Großglockner (Austria)	3700	32 species of the genera <i>Umbilicaria</i> (4) <i>Lecanora</i> (4) <i>Parmelia</i> (2) <i>Cornicularia</i> (1) <i>Caloplaca</i> (1)	Frey (1968/1969)
Alaska	2140	18 species	Viereck (1967)



## Vlhko, mokro, voda

Většina lišejníků nesnáší trvalejší zamokření, sněhová výležiska a místa, kde je na jaře voda

Některé druhy adaptovány u vody, některé (*Verrucaria silicea*, *V. praetermissa*) ve vodě trvaleji.

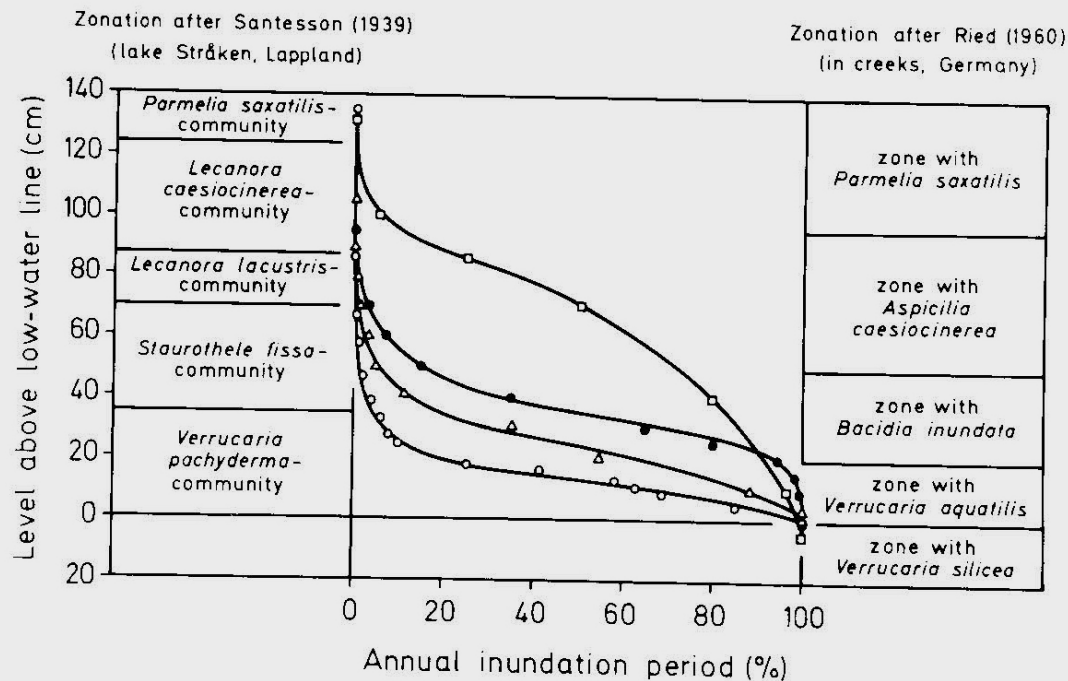
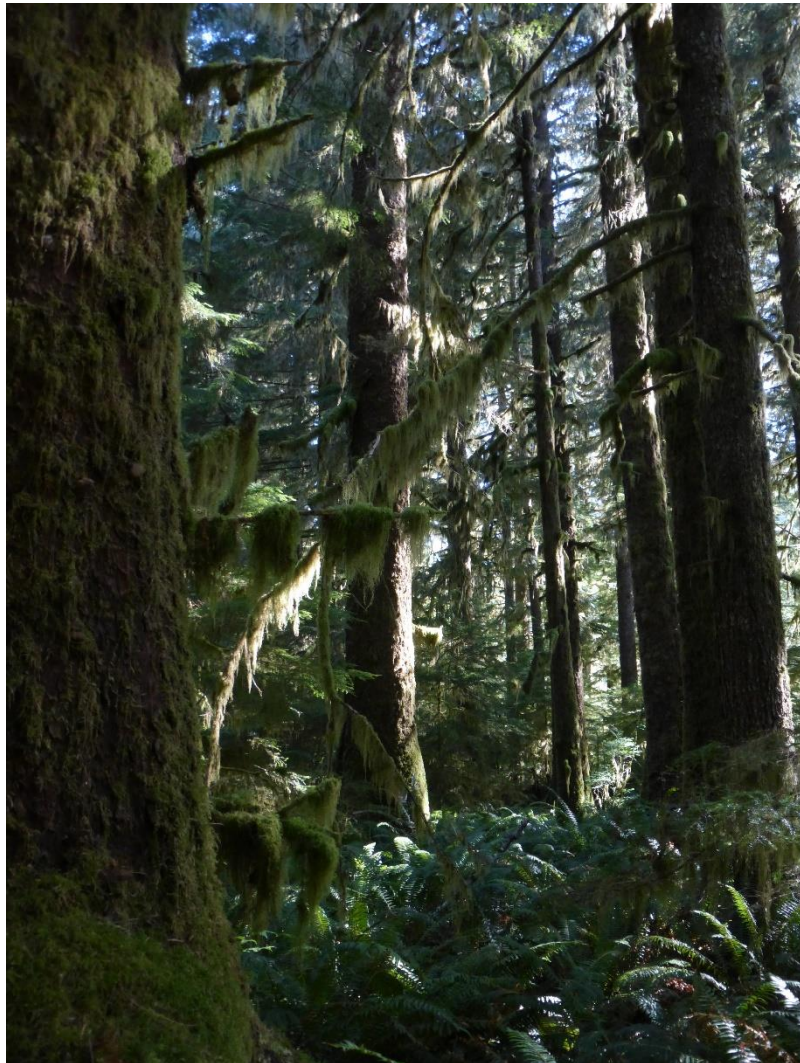


FIG. 19. Relation between the annual period of inundation (percents, abscissa) and elevation above the low waterline of different lakes and creeks (cm, ordinate), compared with zonations of different lichen communities as observed by Santesson (1939) at Lake Straken and by Ried (1960a) in Central European creeks. □, Lake Straken (average of 8 years); Δ, Seebach near Lunz; ○, Mauerbach (Wienerwald); ●, typical curve for European water levels.



## Deštné lesy

Mnoho habitatů, dominují cyanolišejníky, a lišejníky s řasou  
Trentepohlia - limity nedostatek světla a moc vlhka. Koruny, paseky,  
hory, foliikolní druhy. Rozdíl temperátní deštné lesy a tropické deštné  
lesy.







Pacific Rim National Park, Broken Islands, temperate rainforest – West B.C., Canada







## The Wet Coast Weather Report

January Average

5°C (40°F.)

July Average

15°C (59°F.)

300 cm (120")

per year

75% falls from

November to April

Snow is rare  
Average 220 days  
frost-free per year

Storm winds  
may gust to  
130 km/h (80 mph)





# Bioindikace a lišejníky





# Lišejníky – důležité charakteristiky pro bioindikaci

- duální organismy
- široké spektrum osidlovaných substrátů
- dlouhá životnost, pomalý růst
- nemají ochranné vrstvy
- kontinuální metabolismus



# Bioindikace

SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, eutrofizace,  
ekologická kontinuita,  
radioaktivní prvky,  
globální oteplování,  
forest management,  
těžké kovy, fluor...





# Metody bioindikace

- floristicko-chorologické
- transplantační
- fytoocenologické
- anatomicko-fyziologické
- fumigační experimenty
- dynamika v čase- monitoring
- fyzikálně-chemické (biochemické) analýzy (vodivost, obsah těžkých kovů)





# Účinky škodlivin na lišejníky

- snížení reprodukčního potenciálu (gener. i veg. množení)
- redukce růstu,
- blednutí,
- změna chloroplastů (degradace chlorofylu na feofytin),
- zvětšení vakuol,
- rozpad membránové integrity
  
- atp.

*Lecanora conizaeoides*





# Milníky bioindikace znečištění ovzduší

**1866:** Nylander, „hygiomètres sensibles“, Paříž

**1891-1901:** Arnold (Mnichov)

**1924:** Sernander, „lichen desert“, Stockholm

1959: Rošková a Kmoch, Plzeň, 1. čs. bioind. práce

**1966:** Brodo, Long Island, zdokonalil metodu transplantace, keříčkovité lišejníky

**1962:** Pišút, Rudňany, železářny, měď, (charakter terénu)

1966: LeBlanc a Rao – zkoumali poblíž měřicí stanice škodlivin



**1969:** Kofler, vliv SO<sub>2</sub> na klíčení askospor

**1970:** Hawksworth et Rose „Qualitative scale for estimation sulphur dioxide air pollution in England and Wales using epiphytic lichens“, London

V kontextu, kdy bylo dominantní znečištění způsobováno SO<sub>2</sub>, vznikla kvalitativní metoda **Hawkswortha a Rose (1970)**. Tato metoda spočívá v rozřazení kolem 80 druhů epifytických lišejníků do 11 skupin. Každé skupině je dosazena určitá hodnota koncentrace SO<sub>2</sub>. Tato metoda byla od svého vzniku velmi často používána pro svou relativní jednoduchost ke kartografii znečištění v mnohých státech Evropy (Belandria et Asta 1986; Delzenne-Van Haluwyn 1973; Déruelle 1983; Lerond 1981). U nás kvalitativní zhodnocení lichenoflóry prováděl Liška v okolí Tábora (Liška 1997).

S postupným snižováním znečištění působeného SO<sub>2</sub> někteří autoři konstatovali určitý posun mezi experimentálně zjištěnými hodnotami a přímými fyzikálními měřeními a přítomnost druhů i v jiných společenstvech - Richardson (1988), Van Dobben (1996), Seaward et Letrouit-Galinou 1991; Letrouit-Galinou *et al.* 1992; Seaward 1993). Došlo k modifikacím žebříčků (viz např. Belandria et Asta 1986; Seaward 1989; Svoboda 2002).



# Bioindikace

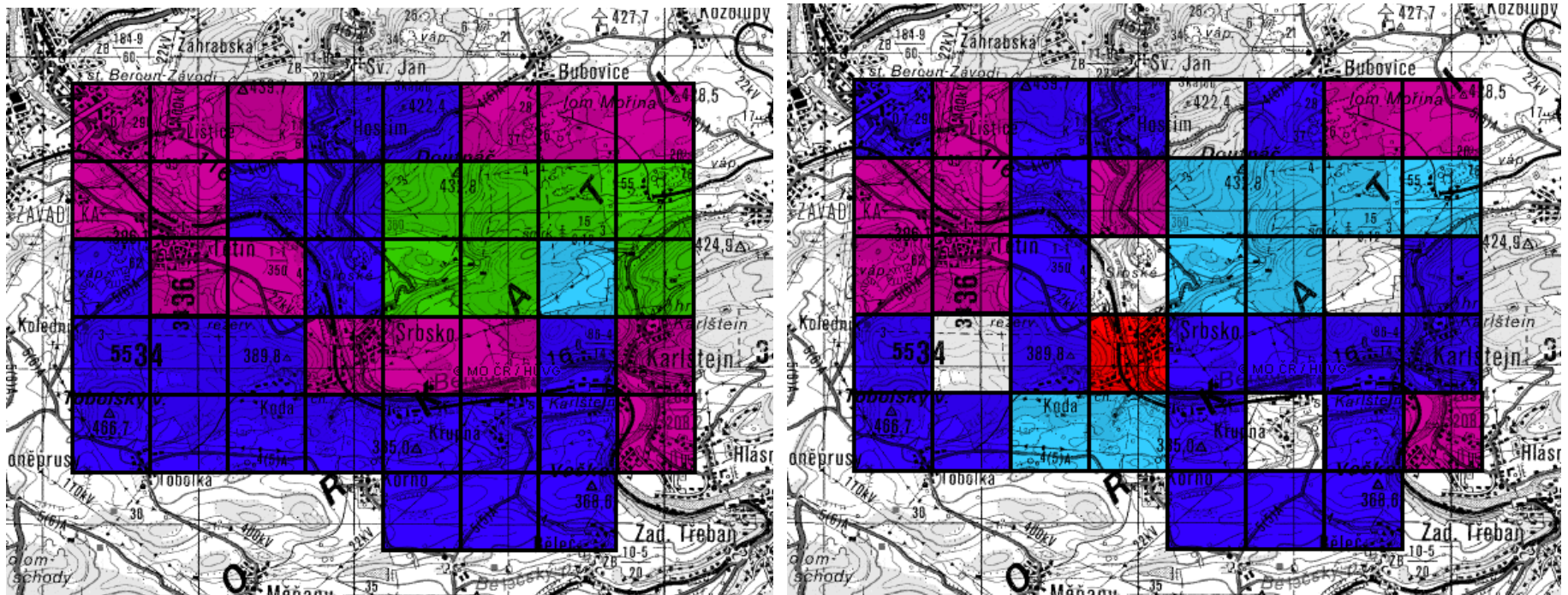
## SO<sub>2</sub>, Hawksworth a Rose (1970)

Zóna	Charakteristické druhy	SO <sub>2</sub> μg/m <sup>3</sup>
0	Epifyty chybějí.	?
1	<i>Desmococcus viridis</i> s.l. přítomen, ovšem pouze na bázi kmene.	~ 170
2	<i>Desmococcus</i> s.l. po celém kmeni; <i>Lecanora conizaeoides</i> limitována na bázi kmene.	~ 150
3	<i>Lecanora conizaeoides</i> po celém kmeni; <i>Lepraria incana</i> hojně na bázi.	~ 125
4	<i>Hypogymnia physodes</i> a/nebo <i>Parmelia saxatilis</i> nebo <i>Parmelia sulcata</i> se objevují na bázi kmene, dále se nerozšiřují. <i>Lecidea scalaris</i> , <i>Lecanora expallens</i> a <i>Chaenotheca ferruginea</i> jsou často přítomny.	~ 70
5	<i>Hypogymnia physodes</i> nebo <i>P. saxatilis</i> rostou do dvou metrů od země či více; objevují se <i>P. glabratula</i> , <i>P. subrudecta</i> , <i>Parmeliopsis ambigua</i> a <i>Lecanora chlorotera</i> ; <i>Calicium viride</i> , <i>Lepraria candelaris</i> , <i>Pertusaria amara</i> se mohou objevovat; je-li přítomna <i>Ramalina farinacea</i> a <i>Evernia prunastri</i> , tak pouze na bázi kmene; <i>Platismatia glauca</i> může porůstat horizontální větve.	~ 60
6	<i>Parmelia caperata</i> přítomna alespoň na bázi kmene, hojně <i>Pertusaria</i> ( <i>P. albescens</i> , <i>P. hymenea</i> ) a <i>Parmelia</i> ( <i>P. revoluta</i> (kromě JV), <i>P. tiliacea</i> , <i>P. exasperatula</i> (S) <i>Graphis elegans</i> ; <i>Pseudevernia furfuracea</i> a <i>Alectoria fuscescens</i> přítomné v horských regionech.	~ 50
7	<i>Parmelia caperata</i> , <i>P. revoluta</i> (kromě JV), <i>P. tiliacea</i> , <i>P. exasperatula</i> (na S) se rozšiřují na kmeni; objevuje se <i>Pertusaria hemisphaerica</i> , <i>Usnea subfloridana</i> , <i>Rinodina roboris</i> (na J) a <i>Arthonia impolita</i> (na V).	~ 40
8	<i>Usnea ceratina</i> , <i>Parmelia perlata</i> či <i>P. reticulata</i> (J a Z) se objevují; šíří se <i>Rinodina roboris</i> (J); <i>Normandina pulchella</i> a <i>U. rubigena</i> (J) jsou obecně přítomné.	~ 35
9	<i>Lobaria pulmonaria</i> , <i>L. amplissima</i> , <i>Pachyphiale cornea</i> , <i>Dimerella lutea</i> či <i>Usnea florida</i> přítomny; chybějí-li, tak korovité druhy jsou velmi dobře vyvinuty a na dobře osluněných stromech jich je i víc než 25 druhů na kmeni.	~ 30
10	<i>Lobaria amplissima</i> , <i>L. scrobiculata</i> , <i>Sticta limbata</i> , <i>Pannaria</i> ssp., <i>Usnea articulata</i> , <i>U. filipendula</i> či <i>Teloschistes flavicans</i> .	optimálně čistý vzduch



# Výsledky 3/4

## 2. Kartografie území podle výsledků metod



Hawksworth et Rose



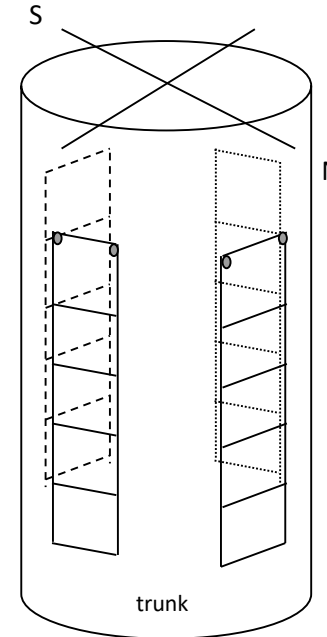
## 1970: Leblanc et De Sloover, „Index of Atmospheric Purity“, Montréal

- Metoda spočívá v pozorování epifytických lišejníků na stromech a následnou kalkulací indexu se zahrnutím různých parametrů. Vyšší hodnota signalizuje lepší kvalitu ovzduší. V původním vzorci je ovšem několik neurčitostí v pojetí některých parametrů a metoda tak nechává dost volnosti v interpretaci. Volnost interpretace ovšem znemožňuje možnosti srovnání měření jednotlivých autorů.
- Herzig *et al.* (1987) zkoumali použitelnost IAP s použitím lišejníkových snímků, kdy měřili četnosti druhů na definované mřížce o deseti polích. Z těchto hodnot počítali hodnoty IAP. Dále testovali korelaci těchto IAP s 8 různými polutanty ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , Pb, Cd, Cu, Zn, Cl, prachové částice). Nejlepší korelace ( $r = 0,98$ ) byla nalezena pro tvar  $\text{IAP} = \sum f$  (tj. součet četností druhů).



# The European Guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality (LDV method)

- sums of frequencies of lichen species on a defined portion of a tree trunk
- four cardinal points surveyed
- Lichen Diversity Value (LDV) index



Asta J. et al. (2002): Mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality, In: Nimis P.L., Scheidegger C. & Wolseley, P.A. (eds.): *Monitoring with Lichens – Monitoring Lichens.* – Kluwer Academic, Dordrecht, 273–279.

## **2002:** Asta et al., „European guideline for mapping lichen diversity as an indicator for environmental stress“, Europe

Hodnota indexu lišejníkové diversity LDV je počítána podle následujícího vzorce:

Pro strom  $i$

Strom  $i$  :  $\Sigma_1^n F_i N$  ;  $\Sigma_1^n F_i E$  ;  $\Sigma_1^n F_i S$  ;  $\Sigma_1^n F_i W$

kde je:

$\Sigma_1^n F_i$  : součet frekvencí lišejníkových druhů na mřížce

**N** : směrem na sever;

**E** : směrem na východ;

**S** : směrem na jih;

**W** : směrem na západ.

Pro čtverec  $j$

$LDV_j = M \Sigma_1^n F_j N$  , +  $M \Sigma_1^n F_j E$  +  $M \Sigma_1^n F_j S$  +  $M \Sigma_1^n F_j W$

kde je:

$M \Sigma_1^n F_j$ : průměr součtu frekvencí lišejníkových druhů na všech stromech na čtverci  $j$

**N**: mřížek orientovaných na sever;

**E**: mřížek orientovaných na východ;

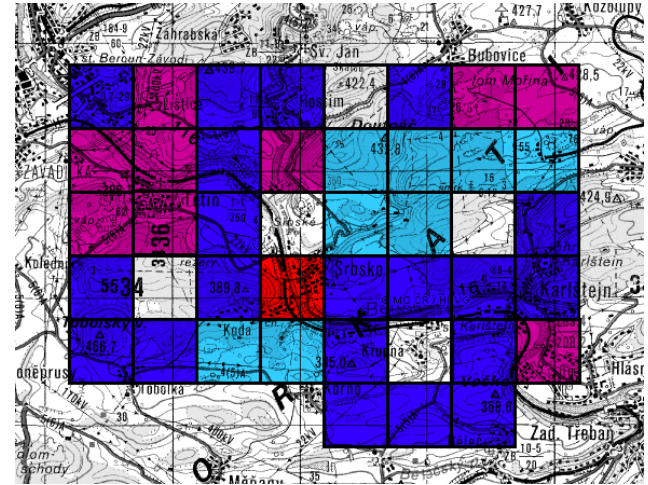
**S**: mřížek orientovaných na jih;

**W**: mřížek orientovaných na západ.



# The European Guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental quality

- standardized protocol for European monitoring of epiphytic lichens
- estimation of air pollution
- conservation biology
- ecological continuity of sites
- woodland fragmentation
- forest management as whole
- ...



# European guideline....





## Důležitá pravidla pro bioindikaci:

- dobře definovaný druh
- dobře identifikovatelný, nápadný
- růst tam, kde přístroje nemůžou
- citlivý, nízká tolerance k rozsahu faktoru
- nutná jednoduchost a nenákladnost



# Dynamika druhů v ČR

- acidofilní toxitolerantní druhy – velký nárůst ca 1950-1995, od té doby pokles vyjma Ostrava, Mostecko) (*Hypocenomyce scalaris*, *Lecanora conizaeoides*, *Scoliciosporum chlorococcum*)



*Scoliciosporum chlorococcum*,

(Grenoble-Universités)

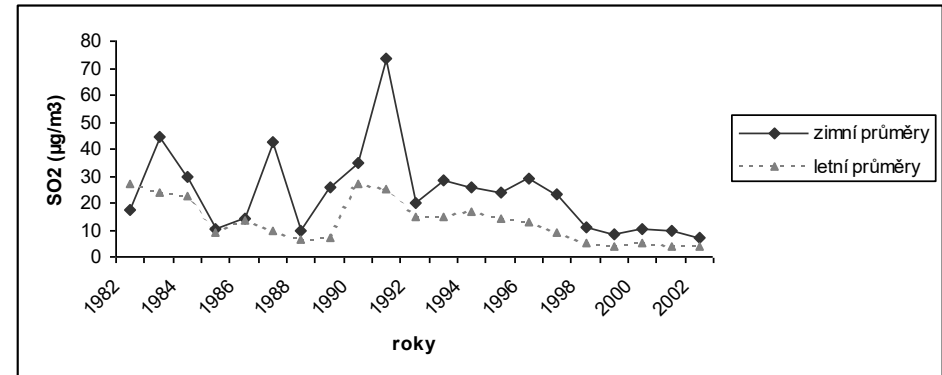
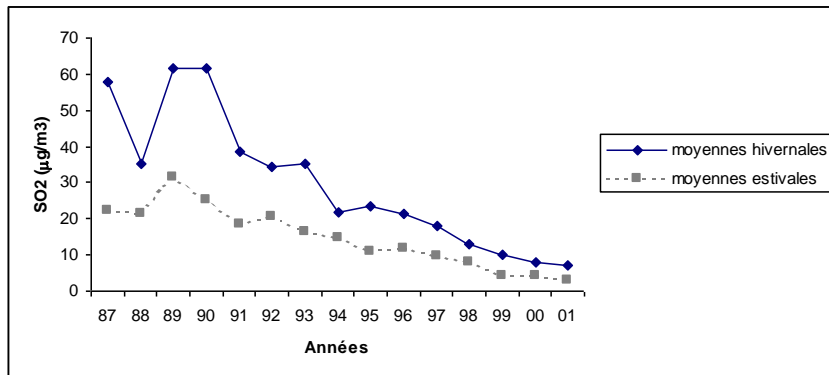


*Hypocenomyce scalaris*,  
([www.stridvall.se](http://www.stridvall.se))



*Lecanora conizaeoides*

(Český kras)



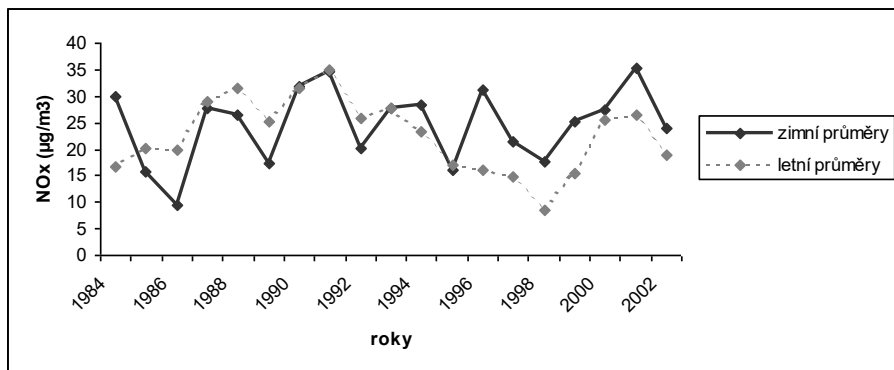


# Dynamika druhů v ČR

- nitrofilní druhy – velký nárůst za posledních 15-20 let (*Xanthorion* - *Xanthoria parietina*, *X. polycarpa*, *Candelariella*, *Phaeophyscia nigricans*, *P. orbicularis*)



(Český kras)



**Dusík je stabilní, neubývá, někde přibývá**



# Dynamika druhů v ČR

- vymizelé druhy – extrémně náchylné na  $\text{SO}_2$ , pralesovité druhy, - *Lobaria pulmonaria*, *Sticta*, ale i *Flavoparmelia caperata*, *Peltigera* sp. div. – hlavně zelené hávnatky





# Dynamika druhů v ČR

- *Flavoparmelia caperata*, *Peltigera* sp. div. – hlavně zelené hávnatky – druhy, které zmizely z velkého území ČR



**Refugia druhů** - Šumava, Žofín,  
částečně Jeseníky i jinde

## F. Rose (GB): IEC, RIEC, NIEC (Indexes of ecological continuity of ancient woodlands)

- některé druhy (*Sticta*, *Nephroma*, *Acrocordia*, *Lobaria*, *Pannaria*) rostou jen v místech s vysokou ekologickou kontinuitou v čase – tj. počítají se tyto druhy a podle nich se usuzuje na ekologické stáří porostu
- Ovlivněno znečištěním, v místech se slabším a pouze pozadovým znečištěním funguje (např. i Čechách, i když zde druhy jiné)



Rose F. (1974): The epiphytes of oak. – In: Morris M. G. & Perring F. H. (eds): The British Oak. – E.W. Classey, Farringdon, pp. 250–273.

Rose F. (1976): Lichenological indicators of age and environmental continuity in woodlands. – In: Brown D. H., Hawksworth D. L. & Bailey R. H. (eds): Lichenology: Progress and Problems. – Academic Press, London, pp. 279–307.

Rose F. (1988): Phytogeographical and ecological aspects of *Lobarion* communities in Europe. – Bot. J. Linn. Soc. 96: 69–79.

Rose F. (1992): Temperate forest management: its effects on bryophyte and lichen floras and habitats. – In: Bates J. W., Farmer A. M. (eds): Bryophytes and Lichens in a Changing Environment. – Clarendon Press, Oxford, pp. 211–233.

<http://www.thebls.org.uk/about-lichens/indices-ecological-continuity-woodland-epiphytic-lichen-habitats>