

A biodiverzitás-monitorozás alapjai: trend- és hatásmonitorozás



Lengyel Szabolcs

ELKH Ökológiai Kutatóközpont, Vízi Ökológiai Intézet, Tisza-kutató Osztály
Konzervációökológiai Kutatócsoport

Vázlat: miről lesz szó?

- biodiverzitás-monitorozás típusai
- monitorozó programok értékelése
- trend-monitorozás
 - populációk, fajok, közösségek, élőhelyek, ökoszisztemák
- hatás-monitorozás
 - elrendezések, javaslatok

Definíciók

- monitorozás: valamely objektum állapotára vonatkozó, időben megismételt, meghatározott protokoll szerinti adatgyűjtés
- populációk/fajok és élőhelyek változásainak időben ismételt rögzítése valamilyen standardhoz, korábbi állapothoz vagy cél-állapothoz képest viszonyított változás kimutatására vagy mérésére (**Helawell 1991**)
- feladat: jel érzékelése, ha egy vagy több állapotváltozó eltér a várt tartománytól
- **változás kimutatásának képessége**, amiből trendre/hatásra következtethetünk (ability to detect changes to infer trend/impact)
- nem minden, élővilággal kapcsolatos adatgyűjtés monitorozás! (koncepció a fontos!)
- több évtizedes, rendszeres adatgyűjtés, célorientált monitorozás

A monitorozás típusai

- cél szerint:
 - vizsgálat (survey): állapot-leírás, nincs előzetes elvárás
 - vizsgálatsorozat (surveillance): állapot időbeli változása, nincs előzetes elvárás
 - monitorozás (monitoring): rendszeresen ismételt megfigyelés, háttérváltozók rögzítésével, hipotézis-tesztelés lehetőségével (előzetes várakozás)
- időbeliség szerint:
 - surveillance-típusú monitoring: alap-állapot rögzítés, letapogató jellegű
 - folyamatos monitoring: folyamatos, dinamikus állapot-rögzítés
- objektum szerint:
 - biomonitoring: fizikai-kémiai környezet változásai biológiai objektumok alapján
 - biodiverzitás-monitorozás: biológiai sokféleség változásai

A biodiverzitás-monitorozás három alapkérdése

- 1. Miért szükséges az adott monitorozó munka, mi a célja ?
 - tudományos kérdések
 - természetvédelmi stb. beavatkozásokkal kapcsolatos kérdések
 - védett populációk, fajok, közösségek, élőhelyek
 - természetvédelmi kezelés, helyreállítás hatásának vizsgálata
- 2. Mit szükséges monitorozni a vizsgálandó cél érdekében? (~ objektum)
- 3. Hogyan, milyen módon, módszerekkel valósuljon meg a monitorozás? (~ metodika)

A trend- és hatásmonitorozás

Trend-monitorozás

- természetes vagy természetközeli állapotban levő populációk, fajok, közösségek, élőhelyek állapotának nyomon követése, természetes fluktuációk, általában időbeli változások kimutatása
- általában nem ismert, hogy mi váltja ki a változásokat, de fontosak a nagyobb léptékű változások és ok-okozati kapcsolatok felismerésében
- a legtöbb ma zajló monitorozási tevékenység ide tartozik

Hatás-monitorozás

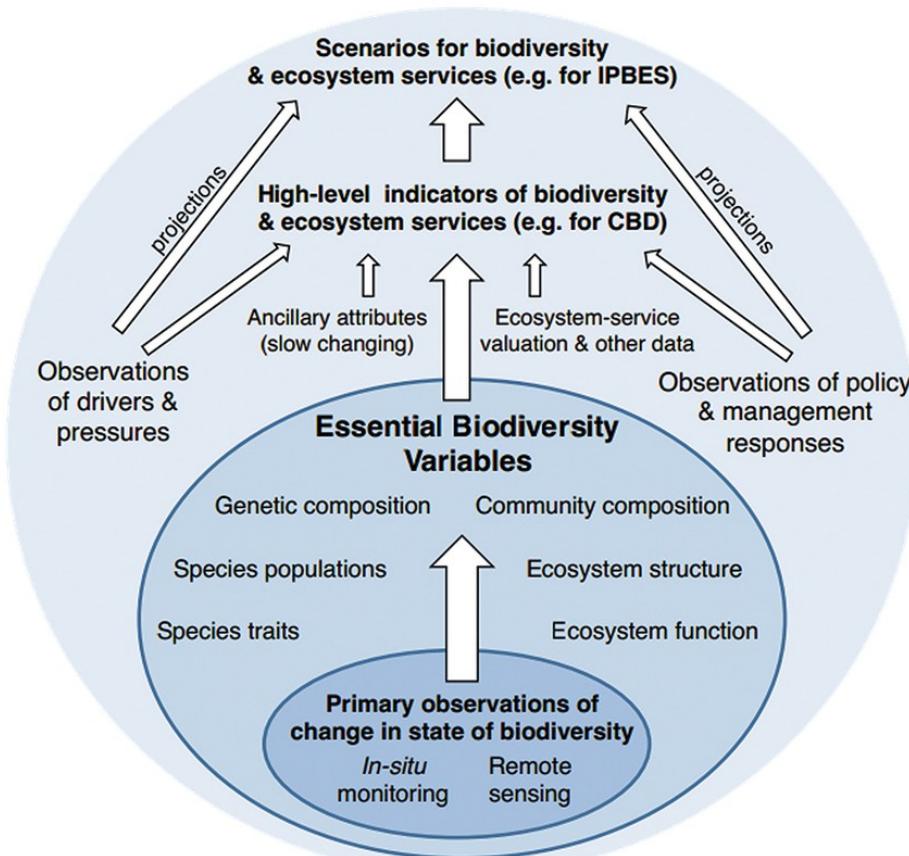
- adott környezeti tényezőnek vagy beavatkozásnak az élővilág tagjaira gyakorolt hatását követi nyomon, általában térbeli változások kimutatása
- hipotézis-tesztelő ≈ ökológiai kísérlet, alkalmASNak kell lennie arra, hogy a hatást más befolyásoló tényezőktől elkülönítse → referencia vagy kontroll objektum óriási szerepe!

Szép et al. (2011) Biodiverzitás monitorozás

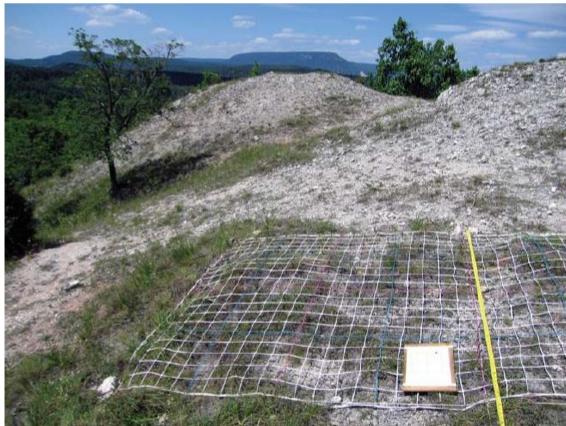
http://www.nyf.hu/kornyezet/sites/www.nyf.hu.kornyezet/files/tamop/Biodiverzitas_monitorozas.pdf

Mit szükséges monitorozni a cél érdekében?

- populációk, fajok, közösségek, élőhelytípusok, ökoszisztemák
- globális monitorozás (Essential Biodiversity Variables)



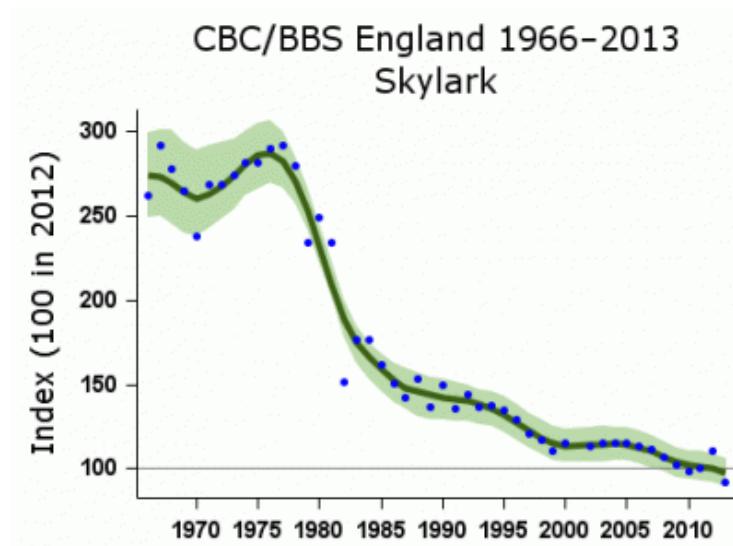
Populációk és faiok monitorozása



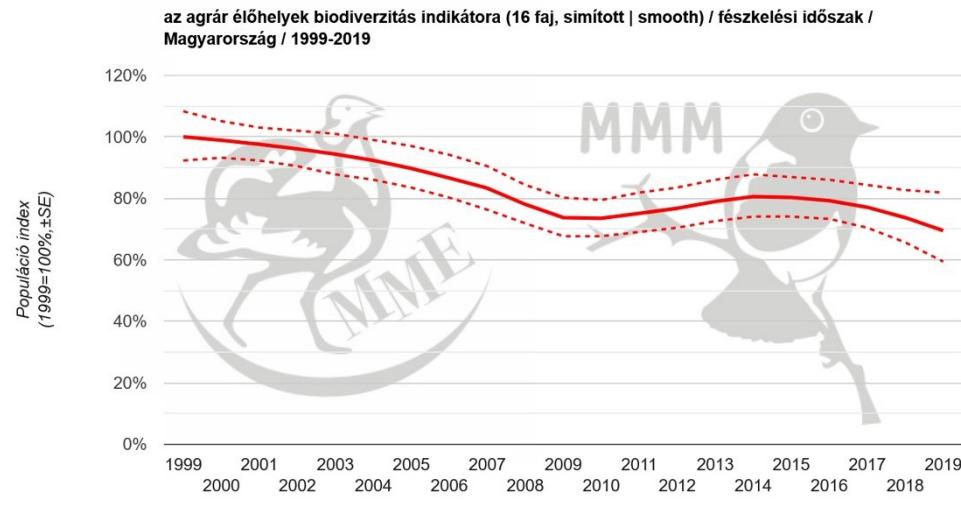
1. táblázat. A dolomitlen egy szubpopulációjának demográfiai adatai.

	Jelölés	Összefüggés	2001	2003	2005	2007
Egyedszám az aktuális évben	I	$I = I_k - E + N$	1091	1040	1017	1032
Egyedszám 2 ével az aktuális év előtt	I_k		–	1091	1040	1017
Eltűnt egyedek száma	E		–	248	210	125
Új egyedek száma	N		–	197	187	140
Egyedszámváltozás	ΔI	$\Delta I = N - E = I - I_k$	–	-51	-23	15
Eltűnt egyedek aránya (%)	e	$e = (E/I_k) \times 100$	–	22,7	20,2	12,3
Új egyedek aránya (%)	n	$n = (N/I_k) \times 100$	–	18,1	18,0	13,8
Egyedszámváltozás aránya (%)	c	$c = (\Delta I/I_k) \times 100 = \frac{\Delta I}{n-e}$	–	-4,6	-2,2	1,5

Dobolyi (2008) Rosalia



Baillie et al. (2004) BTO Report No 385.



Változás irányá és mértéke: csökkenés / Trend: -1,50% ($\pm 0,30\%$) / P<0,01

<https://mmm.mme.hu/charts/trends>

Biodiverzitás-monitorozó programok Európában

Az EuMon EU FP6 projekt adatbázisa: <http://eumon.ckff.si>

Contract Number: 6463

Research European Commission

eu mon

Halt the loss of biodiversity by 2020

Welcome to the EuMon portal Biodiversity monitoring in Europe

An information and support platform for biodiversity monitoring in Europe

Developed and maintained by EuMon, EBONE, and SCALES for the European biodiversity monitoring community

NEW

EuMon and EU BON join forces for enhanced access to monitoring data

The EuMon project (2004-2008) created Europe's most comprehensive metadata catalogue of biodiversity monitoring activities. The EU BON project (2012-2017) (www.eubon.eu) is now building a new portal where this information is highlighted. Therefore, the original EuMon catalogue is now being expanded with new information on data availability and access; coordinators can also express their interest in getting support for data analysis. Furthermore, the current number of monitoring schemes in the EuMon catalogue could be increased, as the catalogue still covers less than half of all existing schemes in Europe. EuMon and EU BON will therefore launch soon a campaign to update and expand the catalogue. This will also create an opportunity for the willing monitoring schemes to publish their data through the EU BON Portal and the Global Biodiversity Information Facility (www.gbif.org). This allows, for instance, related monitoring schemes in different countries integrate with each others data. Stay tuned.

Motivation
Information available
Support tools available
How can I contribute?

Program count: 414
Scheme count: 649
Species: 472
Habitats: 177

Input history

Navigation

- About EuMon
- Summary
- News
- Partners
- Job opportunities
- Presentations of EuMon

EuMon Database on Monitoring Schemes

- About the database
- Login / Registration
- Browse the schemes
- DaEuMon-Search
- Create overview graphs
- BioMAT

About Participatory Monitoring Networks

- Volunteering in biodiversity monitoring
- List of PMNs in Europe
- Overview graphs & tables
- Describe your PMN

National Responsibilities

- About National Responsibilities & Conservation Priorities
- Natura 2000

EuMon products

- Policy briefs
- Deliverables

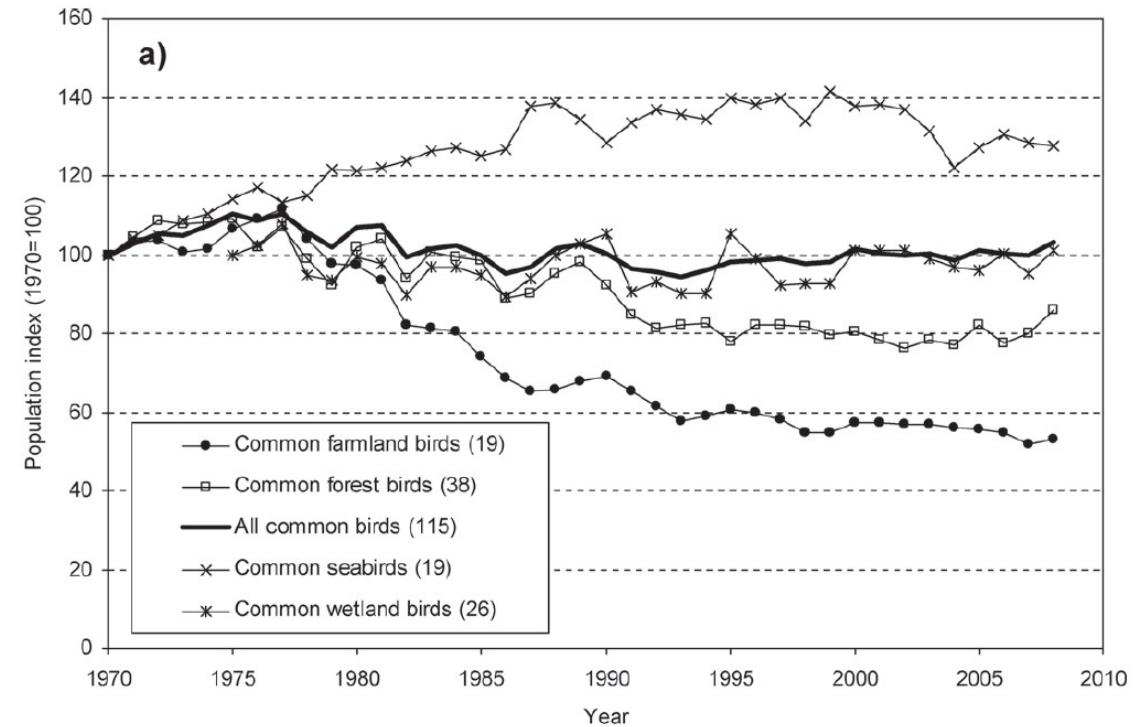
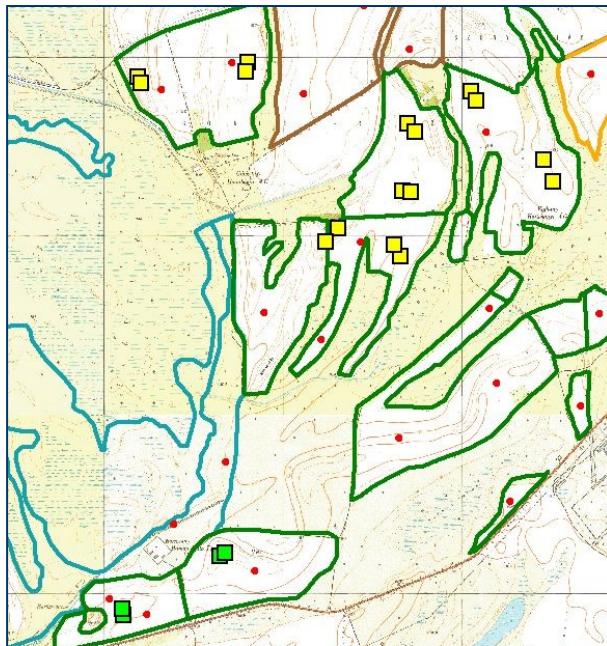


Monitoring programs				
Programs list				
Page: 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13				
Monitoring schemes available: 649 / Species: 472 / Habitats: 177				
Type in	Program name	Coordinator	Country	Scheme name
2017-06-27	Wider Countryside Butterfly Survey	Bose Anushika	??	Wider Countryside Butterfly Survey
2017-06-27	Waterways Breeding Bird Survey	Bose Anushika	??	Waterways Breeding Bird Survey
2016-06-28	RAPELD - a method that would be appropriate for long-term ecological studies, but that would permit rapid surveys to evaluate biotic complementarity and land-use planning in Amazonia.	Magnussen William	Europe wide	A standardised, integrated, modular monitoring scheme which is compatible with existing initiatives and can be implemented with the minimum amount of manpower - thereby reducing costs - and provides data quickly.
2016-02-20	SEMICE (Small mammal monitoring in Spain)	Torre Ignasi	Spain	SEMICE
2015-01-06	Biodiversity Monitoring Scheme in Luxembourg	Mestdagh Xavier	Luxembourg	Pine Marten Monitoring Scheme in Luxembourg
2015-01-06	Biodiversity Monitoring Scheme in Luxembourg	Mestdagh Xavier	Luxembourg	Reptile Monitoring Scheme in Luxembourg
2015-01-06	Biodiversity Monitoring Scheme in Luxembourg	Mestdagh Xavier	Luxembourg	Butterfly Monitoring Scheme in Luxembourg
2015-01-06	Biodiversity Monitoring Scheme in Luxembourg	Mestdagh Xavier	Luxembourg	Hazel Dormouse Monitoring Scheme in Luxembourg
2015-01-06	Biodiversity Monitoring Scheme in Luxembourg	Mestdagh Xavier	Luxembourg	Wildcat Monitoring Scheme in Luxembourg
2014-07-04	Global change observatory - Doñana		Spain	Observatorio de Cambio Global - Doñana
2014-06-21	Local Lepidoptera Monitoring		??	Biodiversity index based on light trapping
2014-06-21	Local Lepidoptera Monitoring		??	Butterfly Transect
2014-05-19	Species observation service	Valland Nils	Norway	Species occurrence mapping
2014-05-16	European Breeding Bird Atlas 2	Keller Verena	Europe wide	European Breeding Bird Atlas 2
2014-05-12	Israel Butterflies Monitoring	Pe'er Israel	Israel	National Butterfly Monitoring Scheme in Israel (BMS-IL)
2013-04-26	Lesser White-fronted Goose monitoring network	Tolvanen Petteri	Finland	Monitoring of the Fennoscandian population of the

Madármonitorozás: Schmeller et al. (2012) Nat. Cons.
Előhely-monitorozás: Lengyel et al. (2008) Biodiv. & Cons.

A biodiverzitás-monitorozás

- célok, megközelítések, módszerek rendkívül változatosak
- közös tulajdonság: cél a **változás kimutatásának képessége** (ability to detect changes)



Gregory & van Strien (2010) Ornithol. Sci.

Monitorozás = mérés

Teljes mérés (census)

- ha minden egyedet mérünk (számolunk): abszolút számok (pl. dolomitlen)

Mintavételen alapuló mérés

- ha nem tudunk minden egyedet mérni: relatív számok, indexek
- **statisztikai populáció**: az összes vizsgálati objektum, melyre eredményeink vonatkoztathatóak ( biológiai populáció!)
- **minta**: a statisztikai populációnak az a része, melyet a valóságban is mérünk
 - statisztikai minta (mérések  adathalmaz)
 - fizikai minta (pl. talajminta)
- **mintavételi egység**: amin a mérés fizikailag történik

Mintavételi szabályok a reprezentativitás érdekében

Adatpontok függetlensége

- mintavételi egység statisztikai populáció egyede
- egyik egység mintába kerülését a másik egység mintába kerülése ne befolyásolja

Randomizálás

- cél: a statisztikai populáció egyedei egyenlő eséllyel kerülhessenek a mintába
- ha bizonyos egyedek bekerülése befolyásolja más egyedek bekerülését: torz minta
- zavaró tényezők hatásának kiszűrésére is (pl. napszakos vagy térbeli különbségek)

Standardizálás

- egy változó bizonyos szinten való tartása (pl. napszakos vagy térbeli különbségek)
- érvényesség , kivitelezhetőség

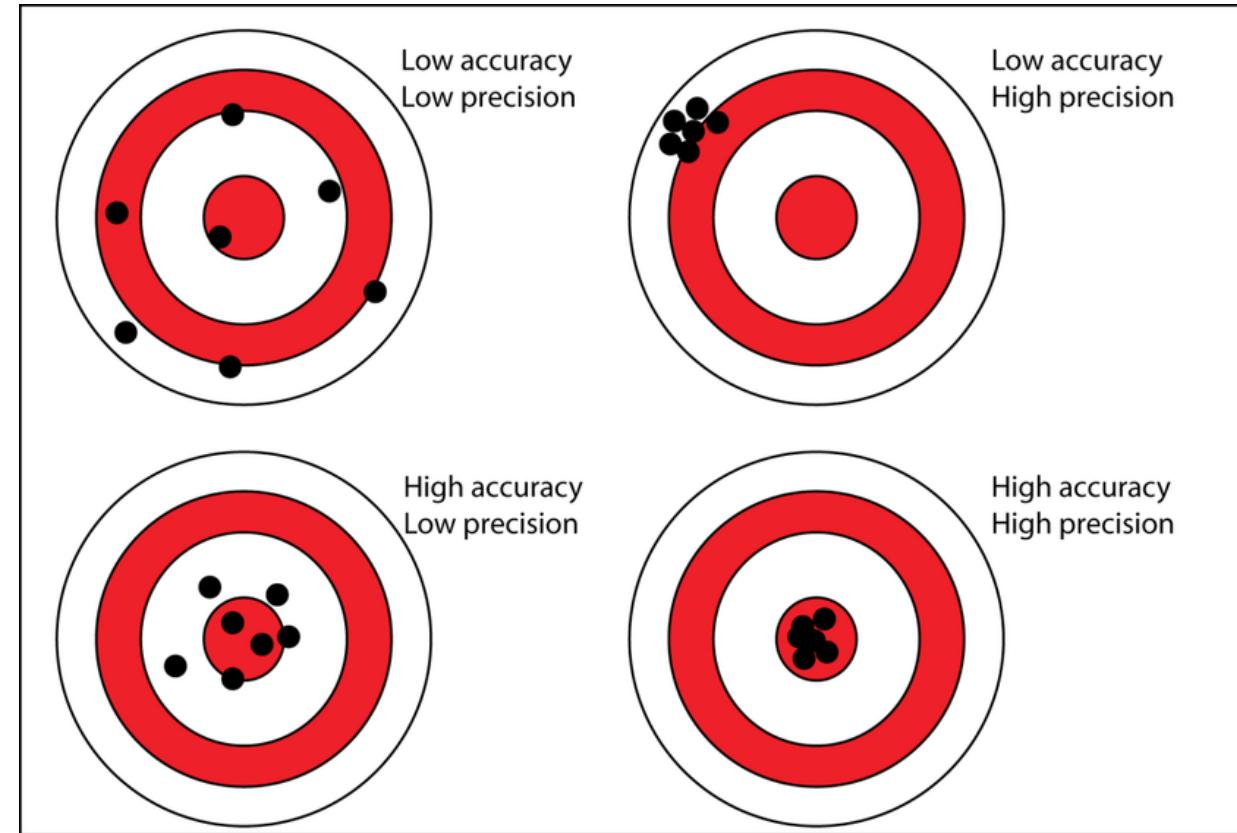
Ismételt mérés

- „egy mérés nem mérés” ismételt mérés statisztikai minta
- ismételhetőség: saját kutatásunkon belül, más kutatások számára
- mérési hiba becslésére
 - akkurátusság: mért és valós érték közelsége
 - precizitás: ismételt mérések közelsége

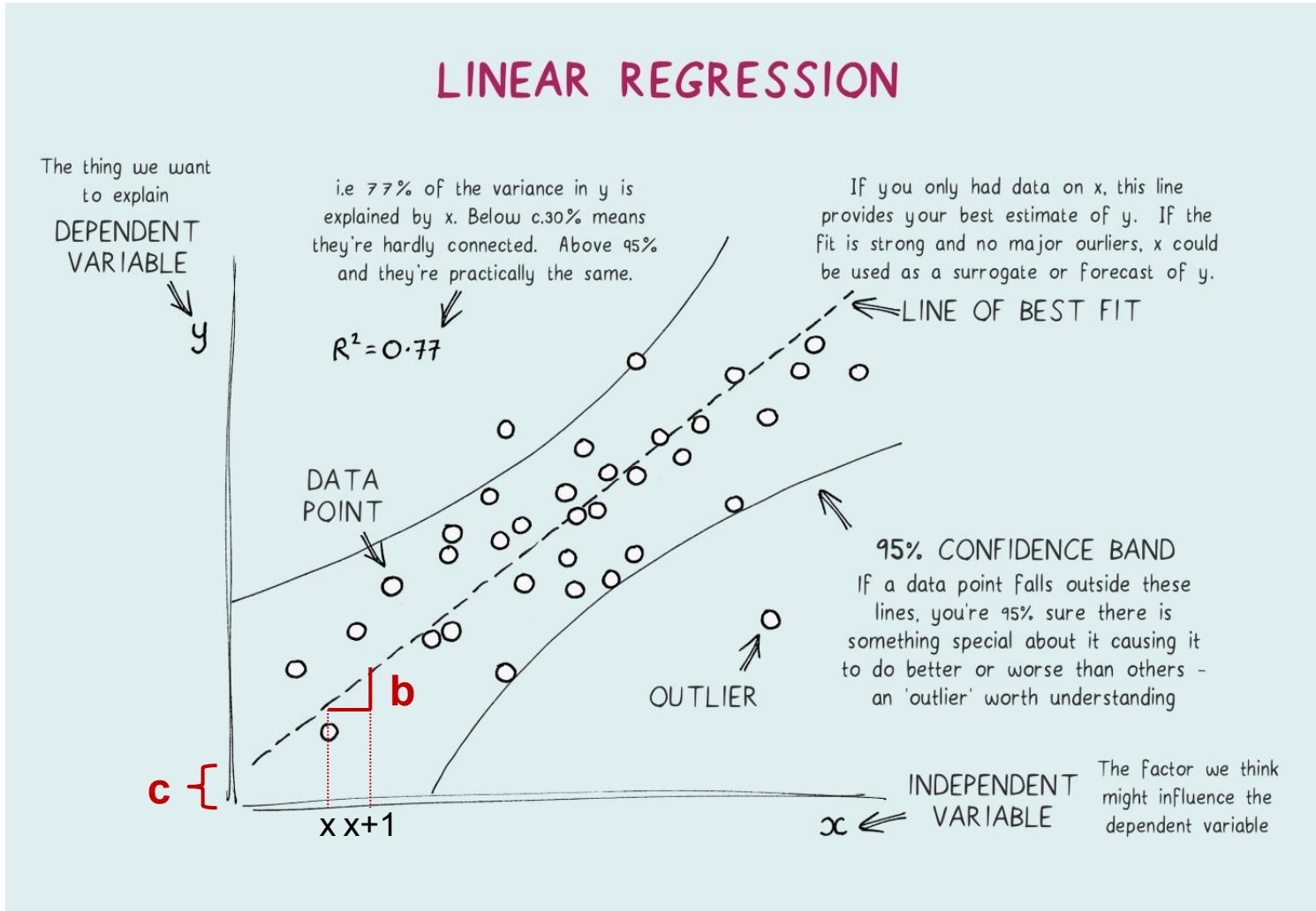
Monitorozás = időben ismételt mérés

Mérés

- Állomány-nagyság, denzitás, abundancia stb.
- Mérési hiba („pontosság”):
 - **akkurátusság**: mért és valós érték közelsége
 - **precizitás**: ismételt mérések közelsége



Mért adatok elemzése: pl. lineáris regresszió



Elemzés és értelmezés

- Statisztikai teszt: szignifikáns-e a trend vagy nem („random”)
- Mindig a nullhipotézist teszteljük („nincs trend”)

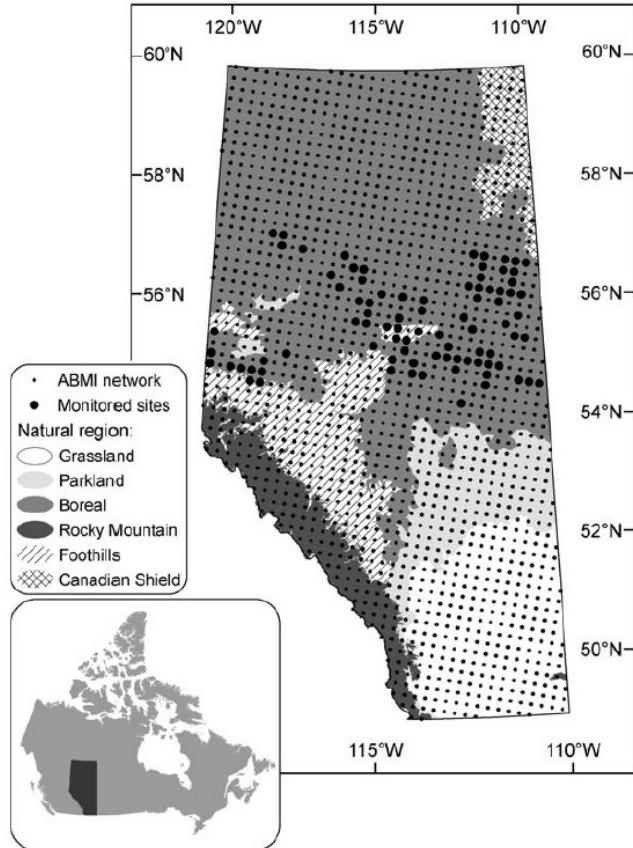
Valóság	Statisztikai teszt eredménye	
	H_0 elfogadása	H_0 elutasítása
H_0 igaz (nincs trend)	Helyes döntés ($1 - \alpha$)	Elsőfajú hiba (Type I error, α)
H_0 hamis (van trend)	Másodfajú hiba (Type II error, β)	Helyes döntés ($1 - \beta$)

- Statisztikai tesztekben általában elsőfajú hiba a fontosabb
- Monitorozásban NAGY szerepe van a másodfajú hibának is!
„van trend, de nem tudjuk kimutatni”)

Statisztikai erő (power)

Statisztikai erő

- Milyen jól tudjuk a trendet becsülni = változás kimutatásának képessége!



Nielsen et al. (2009) Biodiv. & Cons.

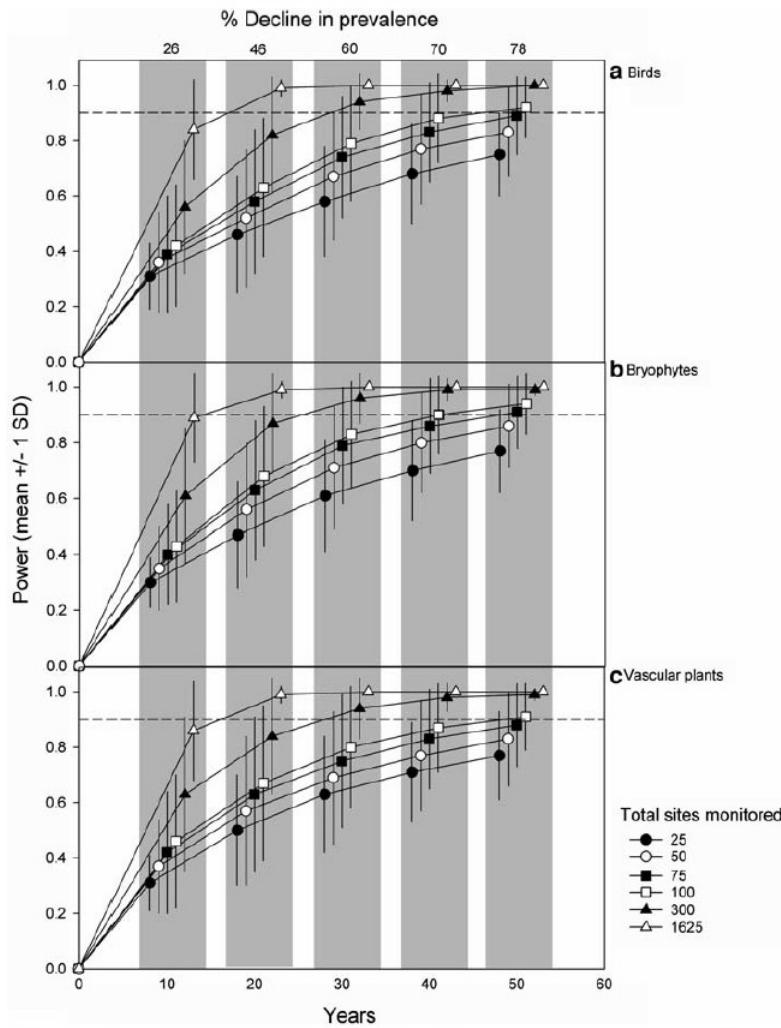


Table 3 Percent of species where 3% annual declines were detected at a power of 90% ($\beta = 0.1$) and an $\alpha = 0.1$ for combinations of sample size (number of monitoring sites) and period of monitoring (years and number of re-visits) by taxonomic group

Taxa	Years	Number of re-visits	Number of monitoring sites (Number per panel)					
			25 (5)	50 (10)	75 (15)	100 (20)	300 (60)	1625 (325)
Birds (62 spp.)	10	2	0	3	6	13	18	62
	20	4	11	18	21	27	64	100
	30	6	16	29	39	55	80	100
	40	8	21	42	60	66	97	100
	50	10	31	58	69	77	100	100
Bryophytes (65 spp.)	10	2	0	2	2	6	23	70
	20	4	6	18	23	40	71	98
	30	6	18	37	48	60	91	100
	40	8	23	48	68	71	97	100
	50	10	37	66	74	85	100	100
Vascular plants (125 spp.)	10	2	0	2	5	12	34	66
	20	4	8	28	32	38	62	100
	30	6	26	36	46	54	82	100
	40	8	30	45	56	63	95	100
	50	10	32	53	65	76	100	100
			10000	20000	30000	40000	120000	650000
								Spatial scale (km^2) at 20-km spacing

Bizonytalanság és forrásai

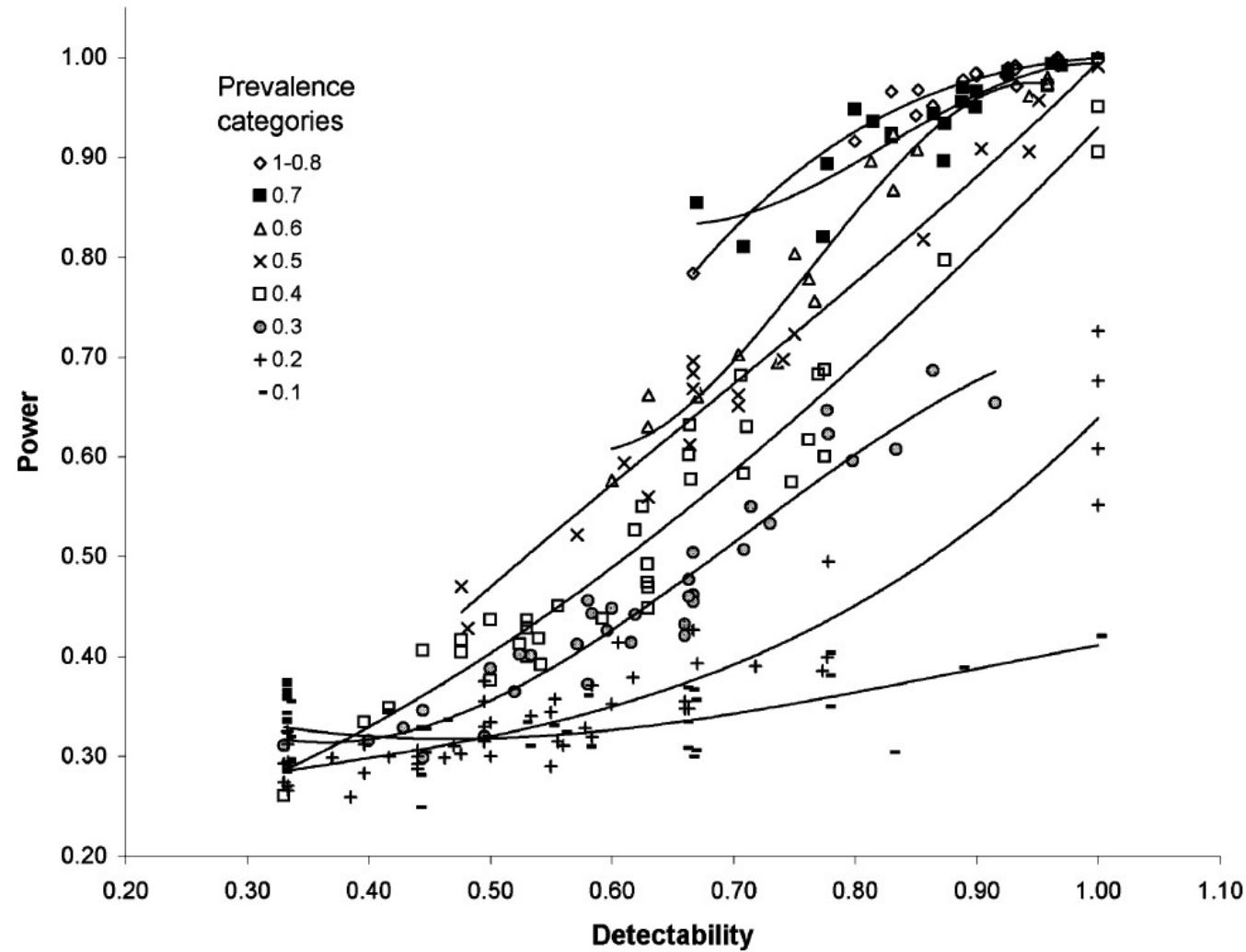
Bizonytalanság (uncertainty) forrásai a monitorozásban

- Kik az érintettek, **ki monitoroz**, mit mintázunk, hol mintázunk, mintavétel területi és időbeli **reprezentativitása**, ok-okozati összefüggések, fajok elterjedése, fajok **detektibilitása**, fajok határozása, távérzékelés, komplementaritás, rétegzettség érvényessége, adatminőség, adatkezelés, adatfeldolgozás stb.

Detektabilitás, észlelhetőség

- évszak, napszak, időjárás, élőhely, távolság, haladási sebesség, faj aktivitása, viselkedése, monitorozók gyakorlottsága stb.
- University of East Anglia kampusz tavánál récék, sirályok és fúzfák számlálása egyetemi hallgatókkal (**Sutherland 2000**), variációs koefficiensek (szórás/átlag* 100):
 - Récék: 18%
 - Sirályok: 37% → **világos instrukciók** fontossága!
 - Fúzfák: 137% (12 – 260)
- vizsgálati lehetőségek:
 - Időbeli ismétlések
 - Távolságon alapuló mintavételi módszerek (distance sampling)
 - Jelölés-visszafogáson alapuló módszerek (capture-mark-recapture)

Detektabilitás és statisztikai erő



50 hely, 20 év,
évi 3% csökkenés

Gyakoriság*detektabilitás és statisztikai erő

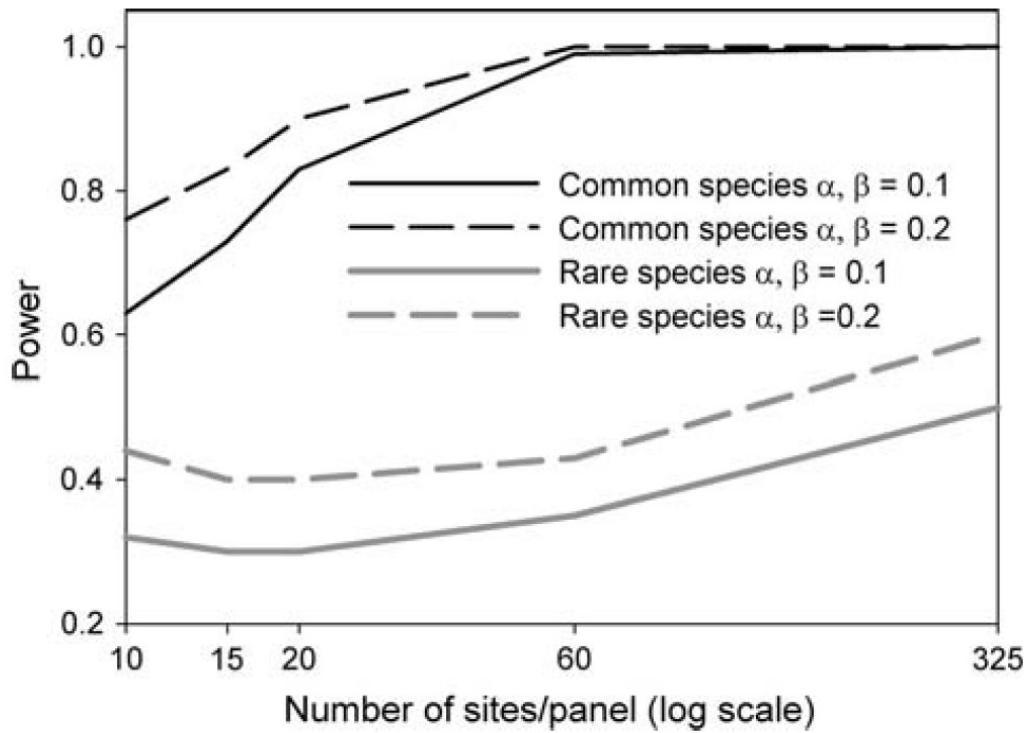
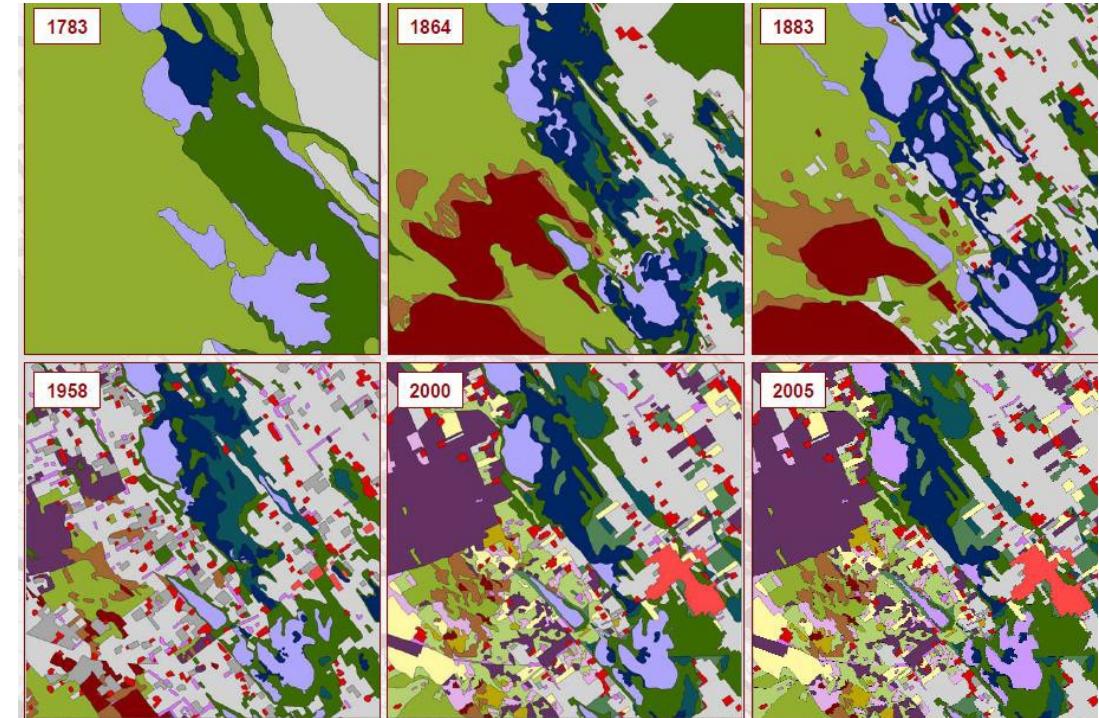


Fig. 4 Power to detect change over time for $\alpha = \beta$ at 0.1 and 0.2. These analyses were conducted for a common, easily-detected species (prevalence = 0.74, detectability = 0.89) and a rare, difficult to detect species (prevalence = 0.13, detectability = 0.33)

Élőhely-monitorozás

- élőhelyek/élőhelytípusok területi és minőségi változásainak nyomon követése
- tájablakokban vagy faltól falig
- megközelítések:
 - terepi mintavételezés, térképezés (*in situ field sampling*)
 - távérzékelés (remote sensing)
 - régi térképek feldolgozása
- csereviszony (trade-off) a térbeli és időbeli lépték mentén:
 - terepi mintavétel: kisebb lépték
 - távérzékelés: nagyobb lépték
 - optimális megoldás: a kettő együtt, egymást kiegészítve



Bíró et al. (2006). NBmR eredmények

A biodiverzitás-monitorozás egyik fő kihívása

- optimális monitorozó rendszer ≈ Szent Grál
- a legtöbbször nem ismert olyan monitorozási módszer, mely optimális (maximális információ/erőfeszítés arányú) és minden körülmény között biztosítja a változás kimutatásának képességét (azaz a magas statisztikai erőt)
- kezelések és restaurációk: „optimális” módszer meghatározása lehetséges számos példa alapján leszűrhető tapasztalatok szintézisével, szisztematikus review-k, meta-elemzések alkalmazásával
- monitorozás: a meta-adatok alapján lehet egységes értékelést készíteni (?)



Értékelés (evaluation) és viszonyítás (benchmarking)

- A benchmarking „olyan elemzési és tervezési eszköz, mely lehetővé teszi a vállalat összehasonlítását a versenytársak legjobbjával, valamint más iparágakba tartozó vállalkozásokkal.” ... „(...) folyamat során a vállalat különböző módszereit, folyamatait és eredményeit összevetik egy vagy több más vállalat hasonló jellemzőivel, annak érdekében, hogy fény derüljön a racionalitási, valamint minőség- és teljesítménynövelési lehetőségekre.” (Wikipédia)
- nem abszolút, hanem **relatív**: Hogyan teljesítünk a többi hasonló vállalathoz képest?
- benchmark ≈ viszonyítási pont, benchmarking: folyamat
- → alkalmazási lehetőség a természetvédelmi biológiában?



Az EuMon projekt (2005-2009)

- meta-adatbázis az európai biodiverzitás-monitorozó programokról
- meta-adat: hogyan történik az elsődleges adat gyűjtése?

No.	Variable *	Response option
S1	Species property monitored?	population trend, distribution trend, community/ecosystem trend
S2	Type of data collected	presence/absence, counts (density), mark-recapture, age/size structure, phenology
S3	Information on population structure	collected/not collected
S4	Stratification in sampling design	yes/no
S5	Experimental design	no, before/after comparison, design with control, design with before/after comparison and control
S6	Criterion for site selection	exhaustive, random, systematic, personal/expert knowledge, other
S7	Detection probability	accounted for/not accounted for
S11	Total area monitored	(user-entered text)
S12	Number of sampling sites	(user-entered text)
S13	Number of samples per visit to sampling site	(user-entered text)
S15	Inter-annual frequency of monitoring	(user-entered text), 1 for every year, 2 for every other year etc.
S16	Number of sampling occasions	(user-entered text)
S17	Time requirement for one sampling occasion	(user-entered text) in person-day
S18	Starting year	(user-entered text)
S19	Ending year (if known)	(user-entered text)

No.	Variable *	Response option
H1	Habitat property monitored?	habitat distribution/areal extent, habitat composition, both
H2	Type of data collected	species presence-absence, species abundance
H4	Documentation of spatial variation	remote sensing (aerial photography and satellite imagery), field mapping
H5	Stratification in sampling design	yes/no
H6	Experimental design	applied/not applied
H7	Criterion for site selection	exhaustive, random, systematic, personal/expert knowledge, other
H10	Total area monitored	(user-entered text)
H11	Number of sampling sites	(user-entered text)
H12	Number of samples per visit to sampling site	(user-entered text)
H13	Inter-annual frequency of monitoring	(user-entered text), 1 for every year, 2 for every other year etc.
H14	Number of sampling occasions	(user-entered text)
H16	Starting year	(user-entered text)
H17	Ending year (if known)	(user-entered text)
H20	Spatial extent of monitoring	all habitats, not all habitats

Az értékelés alapja

- Hogyan teljesít a monitorozó programunk a többi programhoz képest?
- három alapvető jellemző:
 - **mintavételi elrendezés** (sampling design)
 - **időbeli mintavételi erőfeszítés** (temporal sampling effort)
 - **térbeli mintavételi erőfeszítés** (spatial sampling effort)
 - (adatelemzés módja, mélysége)
 - (precízió: szakértői becslés vs. mintavételi erőfeszítés)



Mintavételi elrendezés (sampling design)

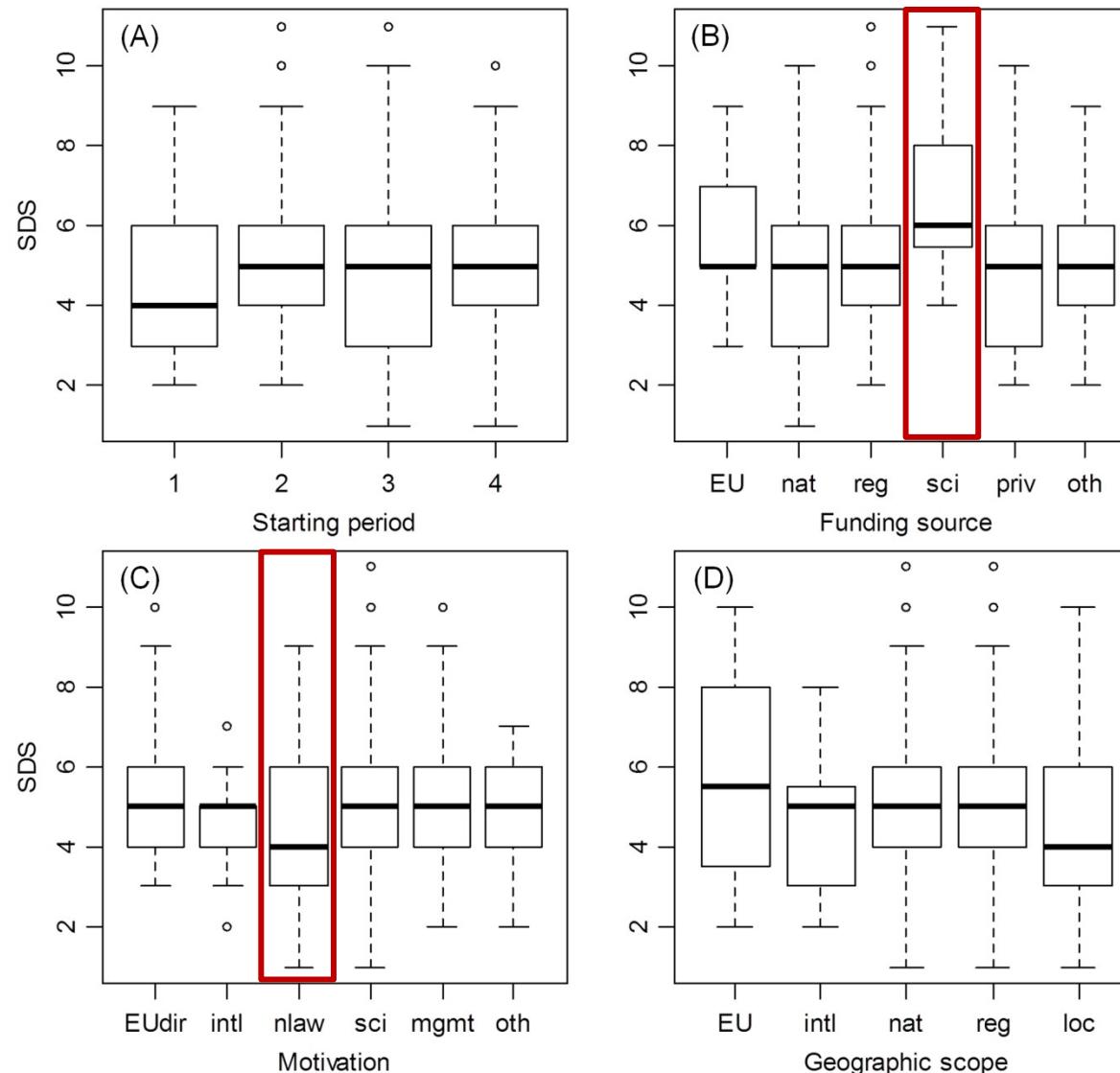
- pontozás (annál több pont, minél megalapozottabb v. minél több az információ)
- összpontszám:
 - faj-monitorozás: 0 – 13 pont
 - élőhely-monitorozás: 0 – 10 pont

Variable	Response option	Score
Monitored property	Population trend	0
	Distribution trend	1
	Community/ecosystem trend	2
	Population + distribution trend	1
	Population + community trend	2
	Distribution + community trend	3
	All three of the above	3
Data type	Presence/absence	0
	Age/size structure	1
	Phenology	1
	Counts	2
	Mark-recapture	3
Information on population structure	No	0
	Yes	1
Stratification of sampling design	No	0
	Yes	1
Experimental design	Not used	0
	Before/after comparison	1
	Controlled experiment	2
	Before/after plus control	3
Selection of sampling sites	Expert/personal knowledge or other criteria	0
	Exhaustive, random, or systematic	1
Detection probability	Not quantified	0
	Quantified	1

Variable	Response option	Score
Monitored property	Species composition (quality)	0
	Distribution (quantity)	1
	Both of the above (quality and quantity)	2
Data type	Species presence/absence	0
	Species abundance	1
Documentation of spatial variation	Not reported / no spatial aspect	0
	Field mapping	1
	Remote sensing	2
Extent of monitoring	Certain habitat types in an area	0
	All habitat types in area	1
Stratification of sampling design	Not stratified	0
	Stratified	1
Experimental design	Not used	0
	Used	1
Selection of sampling sites	Expert/personal knowledge or other criteria	0
	Exhaustive, random, or systematic	1

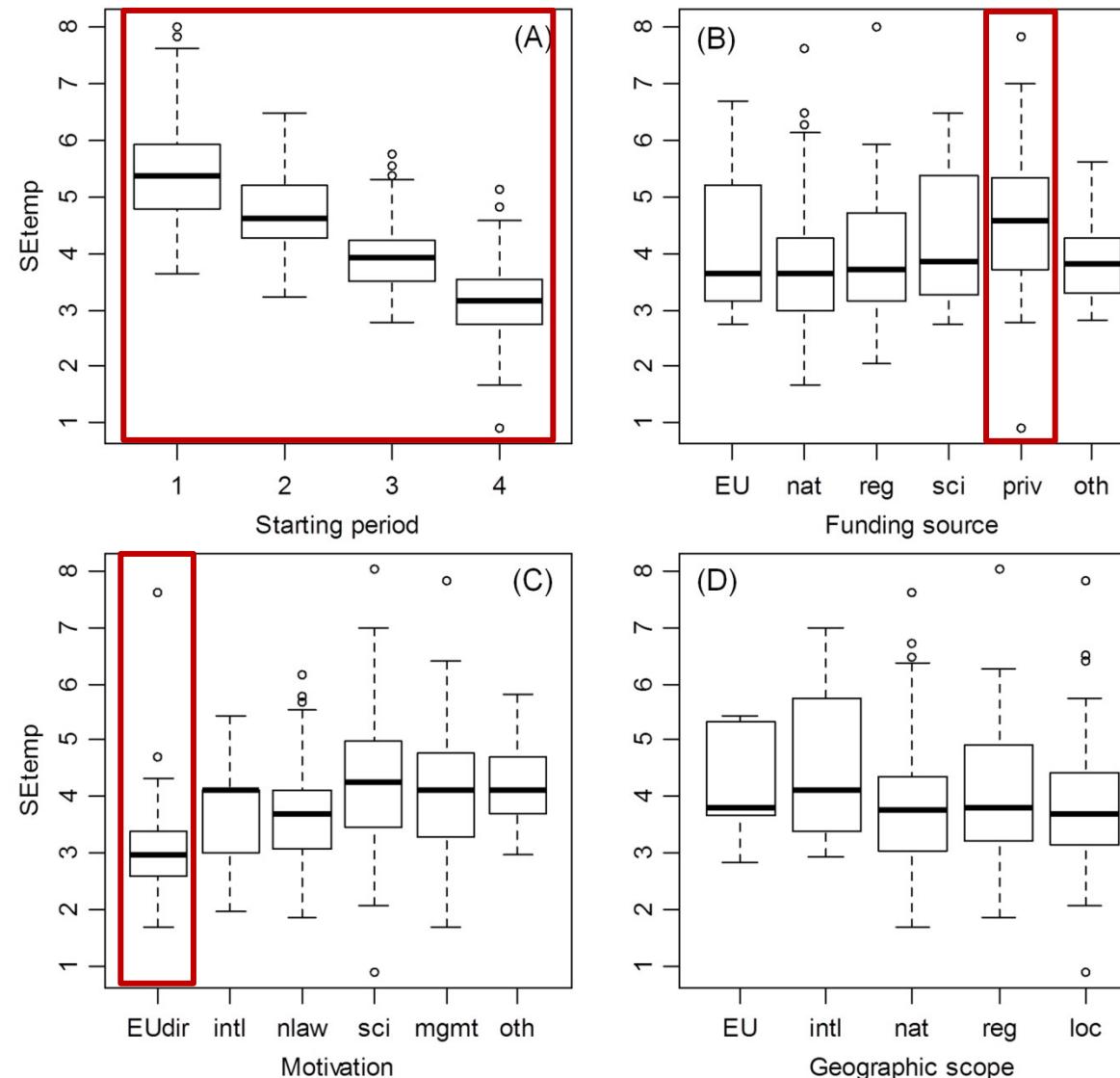
Mintavételi elrendezés (sampling design)

- összpontszám (medián, 25% és 75% interkvartilis, minimum, maximum)



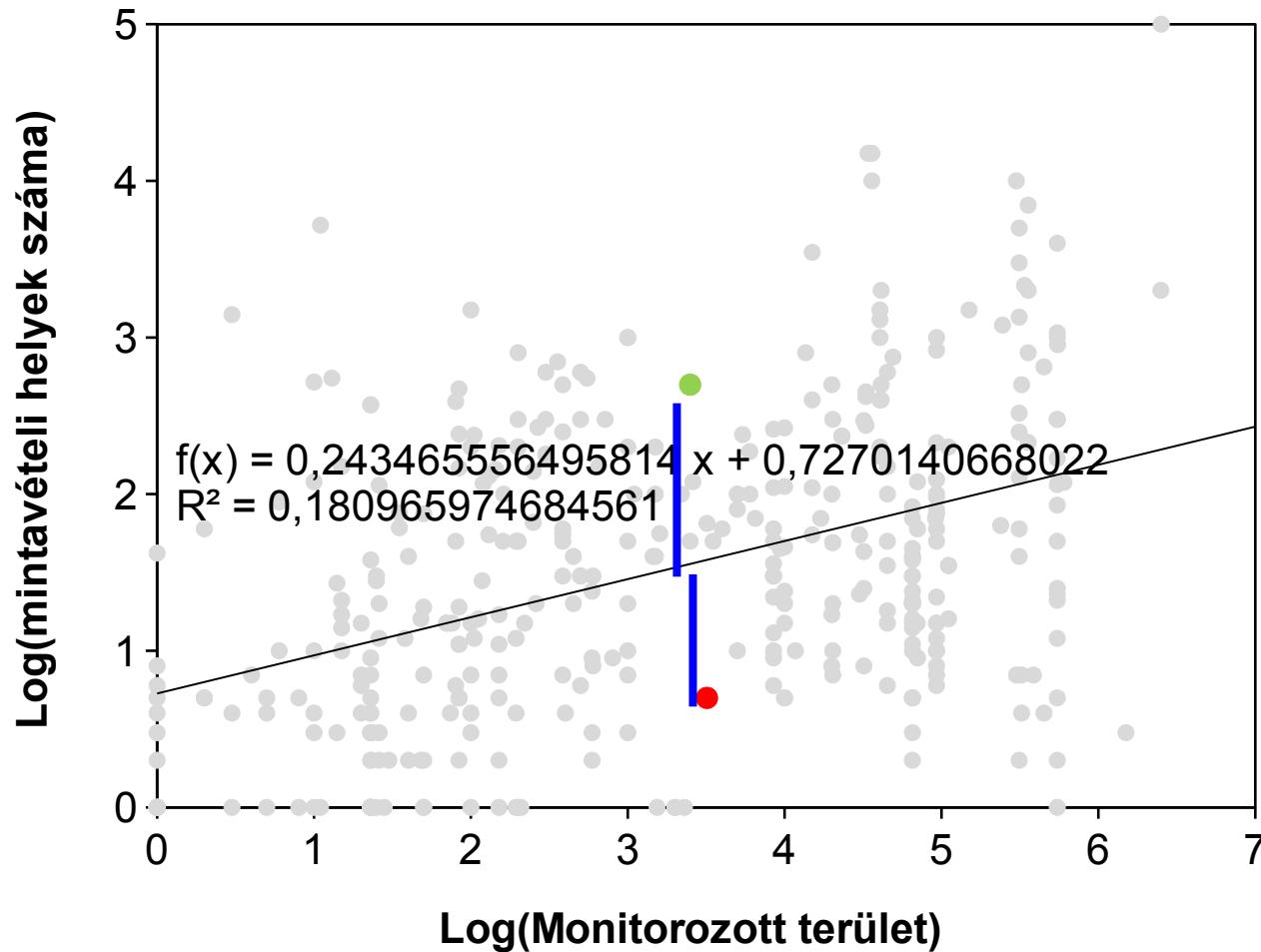
Időbeli mintavételi erőfeszítés (temporal sampling effort)

- index: $ME_{időbeli} = \log(F_{by}(T^2 - 1)(T^*F_{wy} - 2))$
- F_{by} : évek közötti gyakoriság, F_{wy} : éven belüli gyakoriság, T : monitorozás ideje években

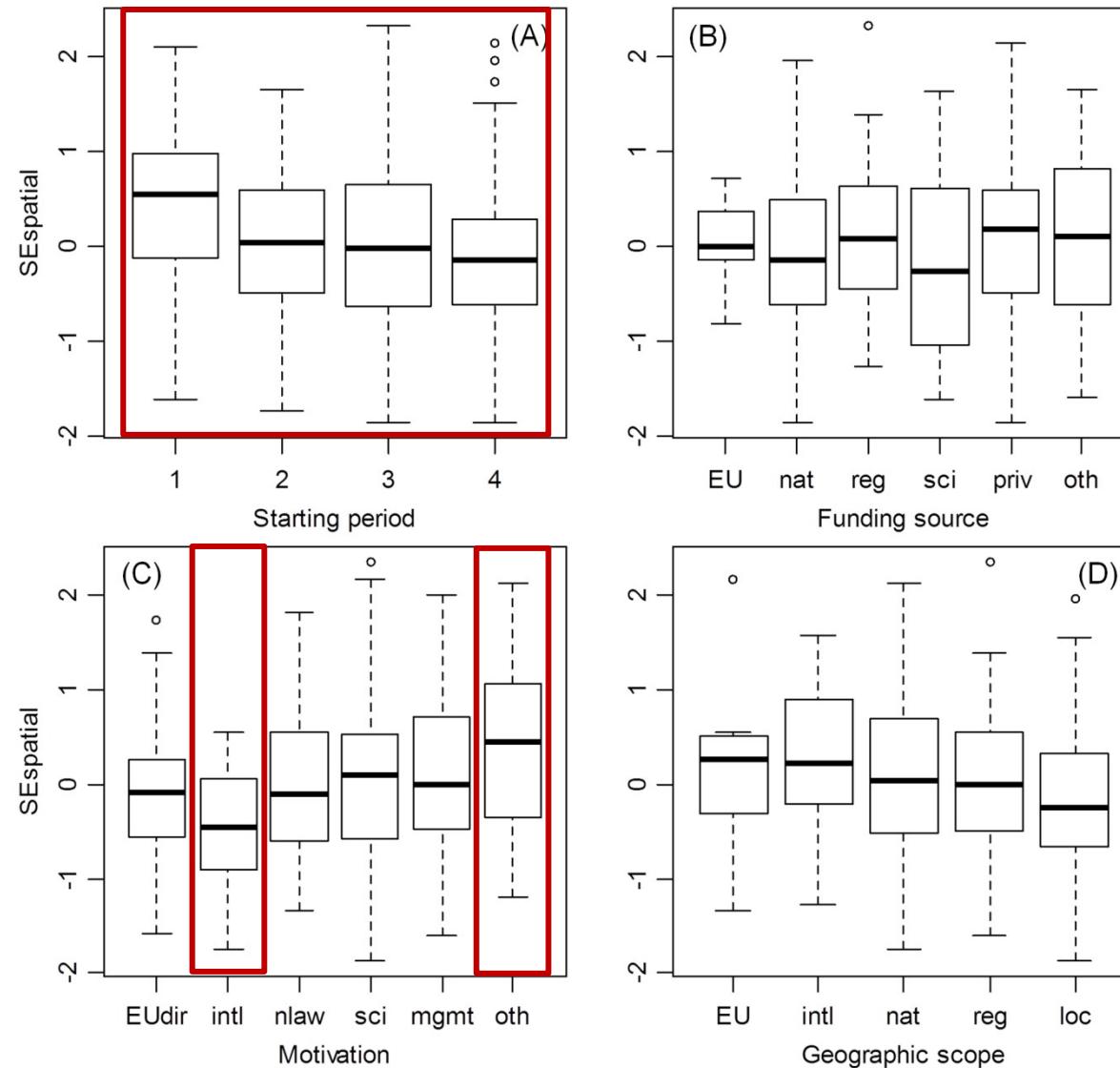


Térbeli mintavételi erőfeszítés (spatial sampling effort)

- mintavételi helyek száma a monitorozott terület függvényében:



Térbeli mintavételei erőfeszítés (spatial sampling effort)



Lengyel et al.
(2018) Ecol. Ind.

A „benchmarking” alkalmazása

Mintavételi elrendezés

- átlagos pontszámok (= viszonyítási pontok):

Monitorozott fajcsoport	Összpontszám	Átlag	S.D.	N
Alacsonyabbrendű növények	4.9	1.63	22	
Edényes növények	4.8	2.14	41	
Ízeltlábúak (főként rovarok)	5.1	2.00	34	
Lepkék	5.0	1.97	38	
Halak, makrogerinctelenek	5.3	1.93	27	
Kétéltűek és hüllők	5.2	1.83	43	
Madarak	5.2	1.74	59	
Ragadozómadarak	5.8	2.19	21	
Vízimadarak	4.8	1.66	53	
Énekesmadarak	5.4	1.82	27	
Kisemlősök	4.6	1.91	28	
Denevérek	4.1	2.07	23	
Nagytestű emlősök	4.5	1.69	40	
Több csoport egyben	5.7	1.77	14	
Összes csoport	5.0	1.89	470	

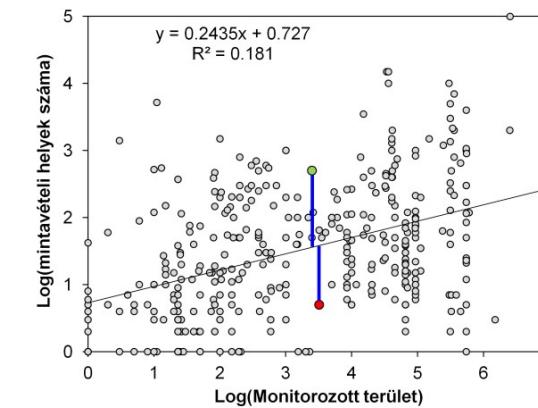
EUNIS élőhely-kategória	Összpontszám	Átlag	S.D.	N
A csak tengeri	5.3	1.92	12	
AB tengeri és tengerparti	5.6	1.75	11	
B csak tengerparti	6.5	2.83	16	
C vizes élőhelyek	4.2	2.09	11	
D fenyérek és lápok	5.7	3.01	13	
E gyepek	5.5	2.37	16	
F bokrosok, cserjések	6.8	2.48	6	
G erdők	5.2	1.66	41	
H barlangok	6.5	0.71	2	
I szántók	5.5	0.71	2	
X komplex élőhelyek	6.0	2.14	8	
nem meghatározott	5.0	2.35	38	
Összes kategória	5.4	2.23	176	

A „benchmarking” alkalmazása

Térbeli mintavételi erőfeszítés

- 1. regressziós egyenlet: $\log(N_{\text{prediktált}}) = c + b * \log(\text{Terület})$
- 2. $ME_{\text{térbeli}} = N_{\text{helyek}} - N_{\text{prediktált}}$
- viszonyítási pont meghatározása

Pl.: edényes növények 100 km²-en zajló monitorozása esetén:
 $\log(N_{\text{prediktált}}) = 0,47 + 0,34 * \log(100) = 1,15$; innen $N_{\text{prediktált}} \approx 14$
 azaz ha $N_{\text{helyek}} > 14 \rightarrow$ átlagon felüli térbeli erőfeszítés

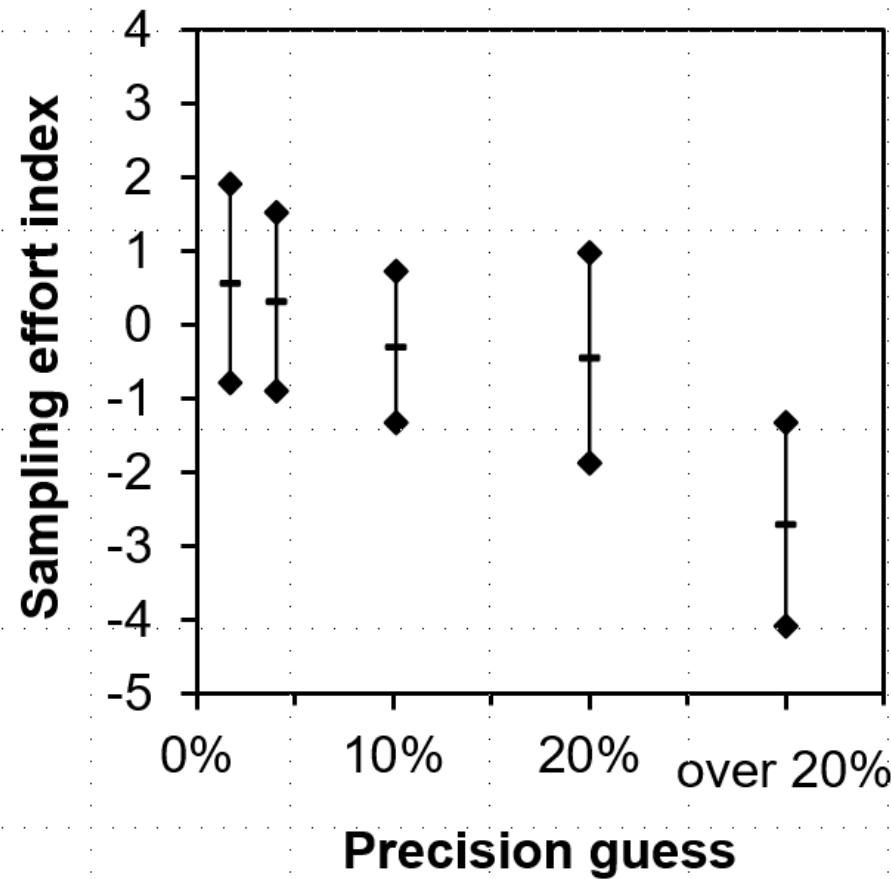


Monitorozott csoport	c (tengelymetszet)	b (meredekség)	R ²	p
Alacsonyabbrendű növények	1.40	0.15	0.056	0.343
Edényes növények	0.47	0.34	0.336	0.000
Ízeltlábúak (főként rovarok)	0.46	0.30	0.397	0.000
Lepkék	0.52	0.35	0.411	0.000
Halak és makrogerinctelenek	0.89	0.15	0.108	0.146
Kétéltűek és hüllők	0.82	0.22	0.119	0.040
Madarak	1.42	0.13	0.050	0.151
Ragadozómadarak	0.84	0.12	0.024	0.512
Vízimadarak	1.55	0.04	0.005	0.677
Énekesmadarak	0.45	0.20	0.216	0.019
Kisemlősök	0.33	0.25	0.351	0.001
Denevérek	0.88	0.15	0.091	0.197
Nagytestű emlősök	0.21	0.34	0.343	0.001
Több csoport	0.49	0.59	0.696	0.003

Monitorozó koordinátorok képben vannak-e?

Egyezés vizsgálata

- A koordinátorok becslése a pontosságról és a meta-adatokból számolt erőfeszítés összefüggése



Benchmarking: alkalmazási lehetőségek

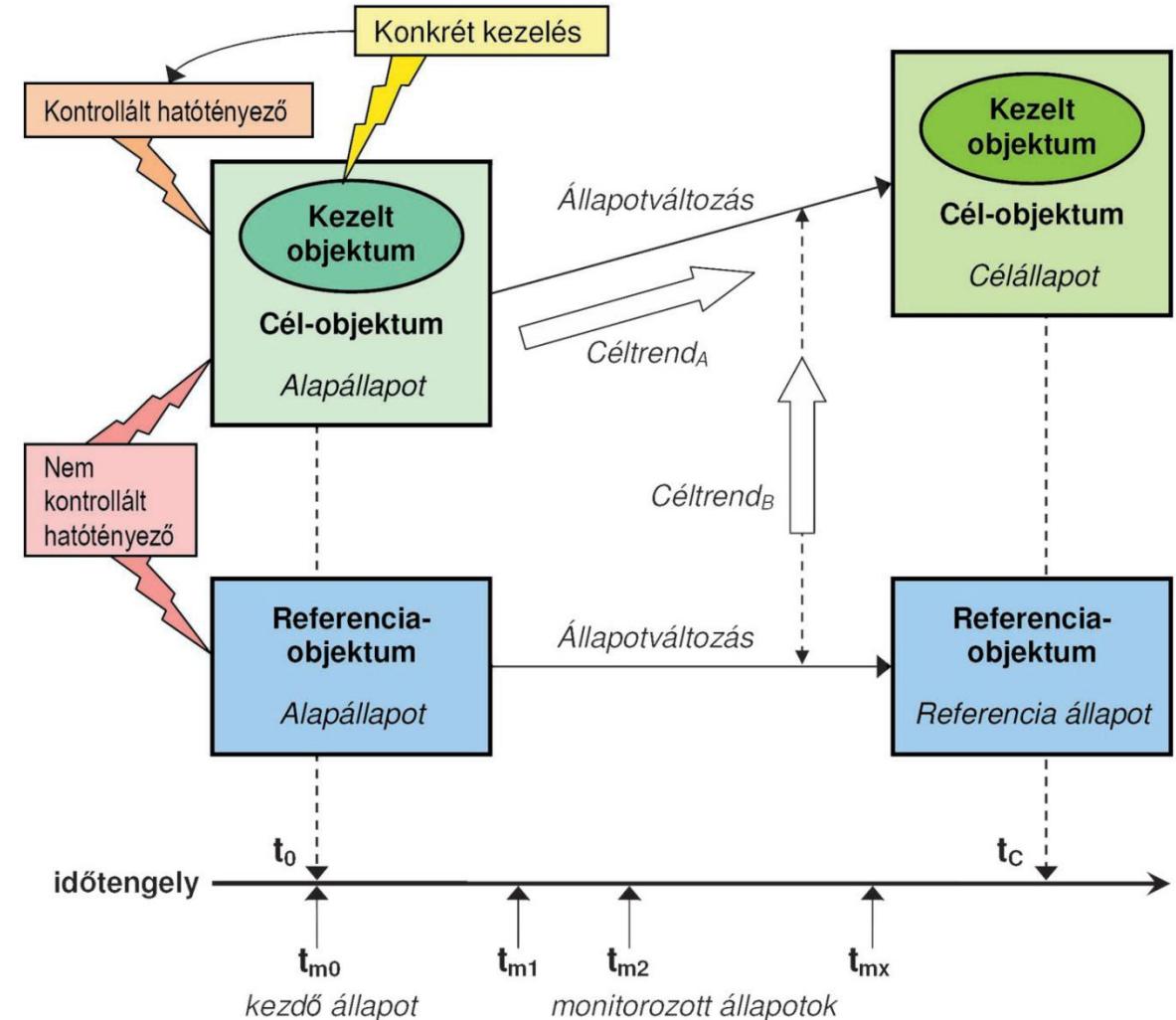
- „ jó gyakorlatok” (best practice) azonosítása
- monitorozó rendszerek fejlesztése
- támpontok új monitorozó programok tervezéséhez
- monitorozó rendszerek integrálási lehetőségeinek felmérése
- költséghatékonyság becslésére és elemzése



Hatásmonitorozás

Hatás-monitorozás

- adott környezeti tényezőnek vagy beavatkozásnak az élővilág tagjaira gyakorolt hatását követi nyomon, általában térbeli változások kimutatása
- hipotézis-tesztelő ≈ ökológiai kísérlet, alkalmassnak kell lennie arra, hogy a hatást más befolyásoló tényezőktől elkülönítse → referencia vagy kontroll óriási szerepe!
- referencia-objektum/kontroll:
 - nem kezelt, nem helyreállított, spontán folyamatok által érintett vagy passzív módon kezelt objektum
 - kezelt objektummal a kezelés előtt mindenben megegyezik

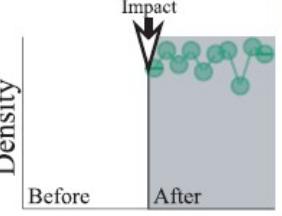
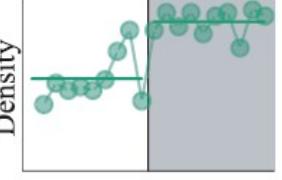
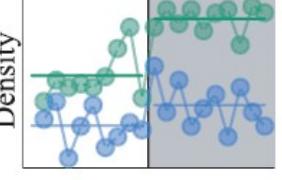
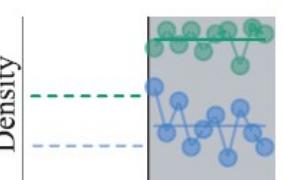
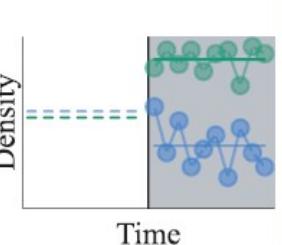


Szép et al. (2011) Biodiverzitás monitorozás
http://www.nyf.hu/kornyezet/sites/www.nyf.hu.kornyezet/files/tamop/Biodiverzitas_monitorozas.pdf

Hatásmonitorozás: elrendezések

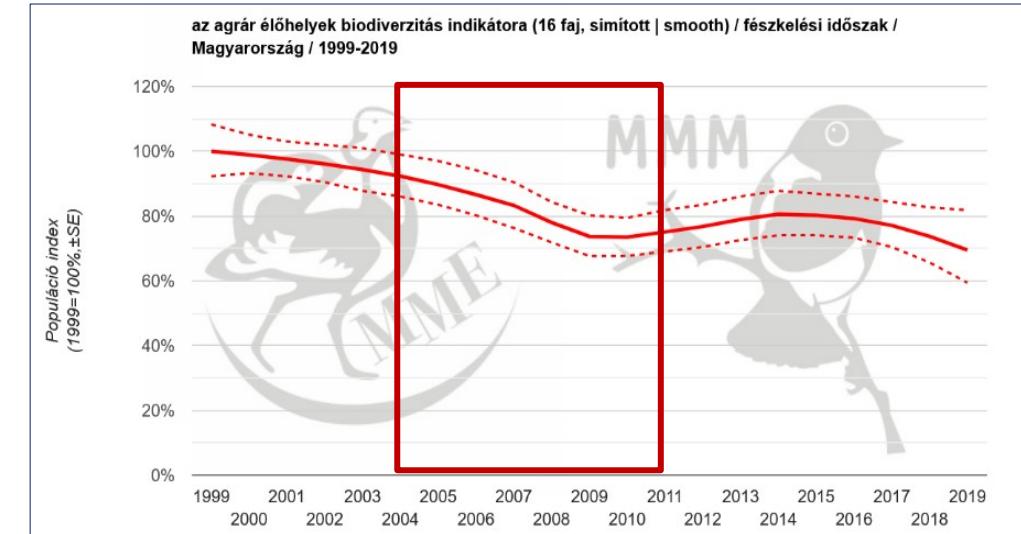
- Before-After-
Control-Impact
(BACI) elrendezés

Christie et al. 2019. J Appl. Ecol.

Design	Sampling regime	Relative cost	Relative difficulty in ecology	Suitability	Ecological examples of use
After		Very low	Very low	Most systems Where control unfeasible Unpredictable impacts	Pond creation
Before-After (BA)		Moderate	Moderate	Predictable impacts Where control unfeasible Availability of pre-impact data	Wildlife tunnels under roads
Before-After Control-Impact (BACI) (BARI, MBACI, BACIPS)		High	High	Predictable impacts Appropriate control Availability of pre-impact data	MPA effectiveness, renewable energy infrastructure
Control-Impact (CI) (Space-for-Time, Impact versus Reference Sites)		Low	Moderate	Unpredictable impacts Large-scale replicates that cannot be truly randomised	Oil spill or other pollution event
Randomised Controlled Trial (RCT)		Low	Very high	Unpredictable impacts Small-scale replicates appropriate for randomisation	Peatland restoration, field margins

BACI elrendezés: példa

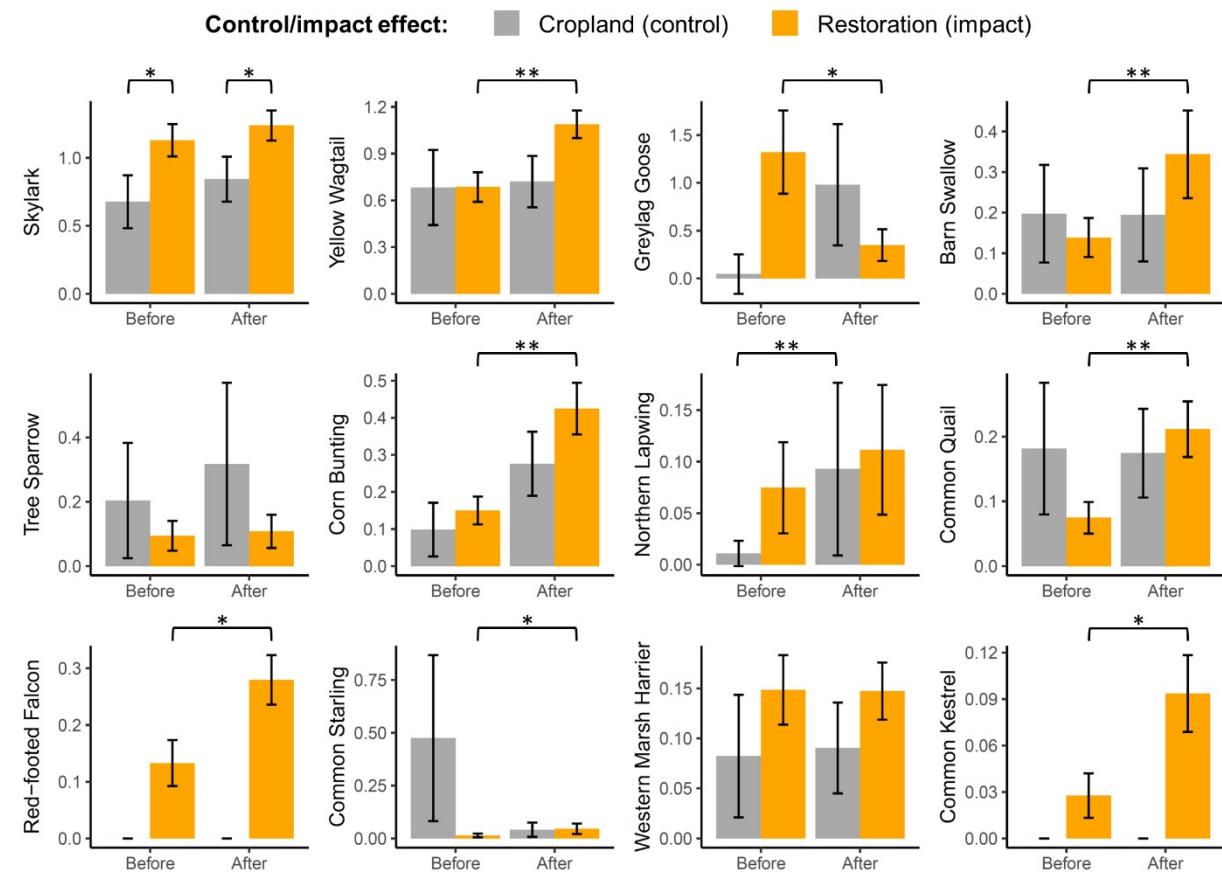
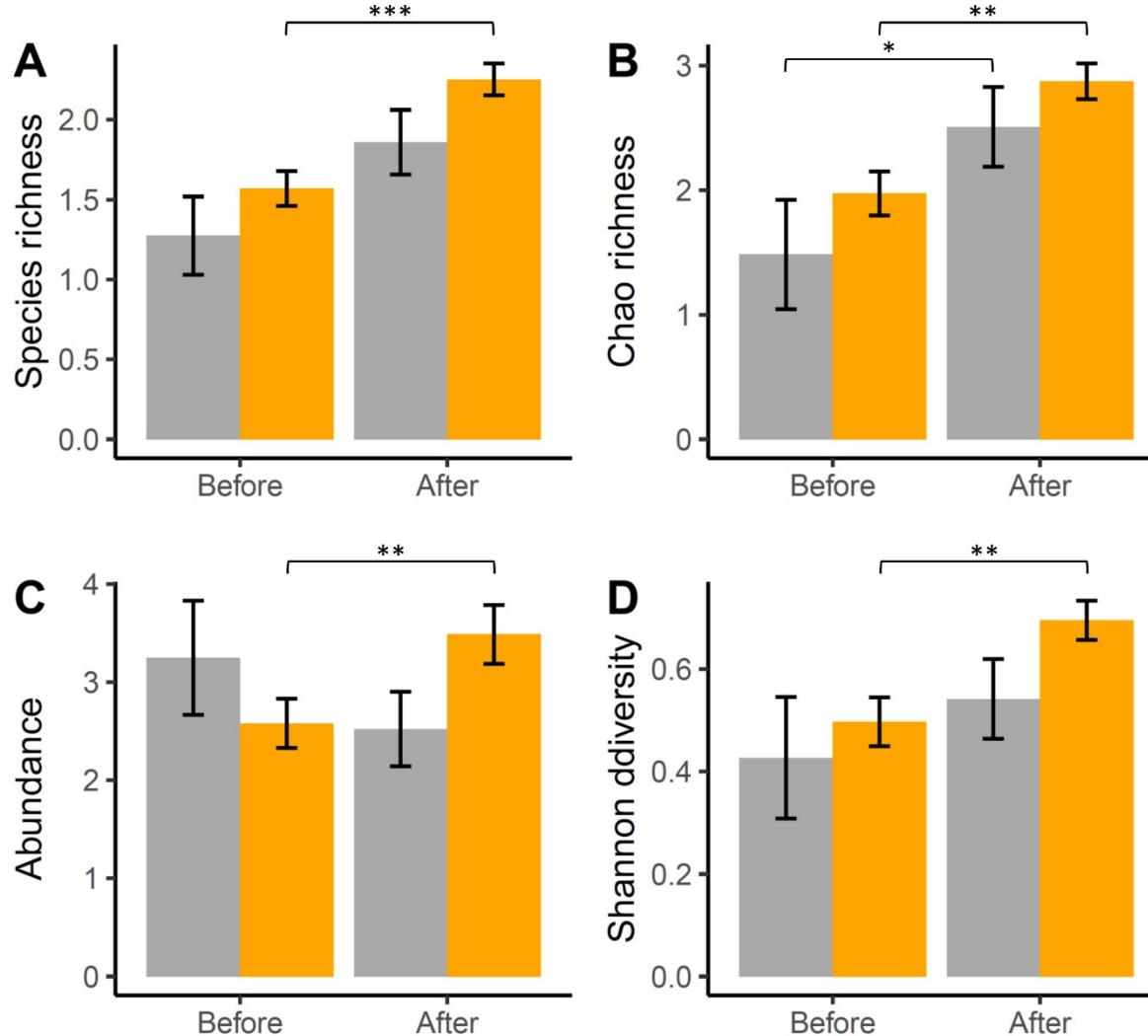
- Egyek-Pusztakócs, madár pontszámlálás (2004-2011)



Intervention	Method	N fields	Before (min. 2 years)	After (min. 3 years)	Total (min. 5 years)
Restoration (Impact)	Grass sowing	18	39 sites, 90 counts	39 sites, 199 counts	39 sites, 289 counts
	Alfalfa sowing	13	15 sites, 46 counts	15 sites, 49 counts	15 sites, 95 counts
	Hay transfer	4	4 sites, 11 counts	4 sites, 12 counts	4 sites, 23 counts
Extensive cropland (Control)	Alfalfa, cereals, corn etc.	5	11 sites, 22 counts	11 sites, 49 counts	11 sites, 71 counts
Intensive cropland (Double control)	Alfalfa, cereals, sunflower	7	-	-	9 sites, 9 counts (only 2009)

BACI elrendezés: példa

Control/impact effect: ■ Cropland (control) ■ Restoration (impact)



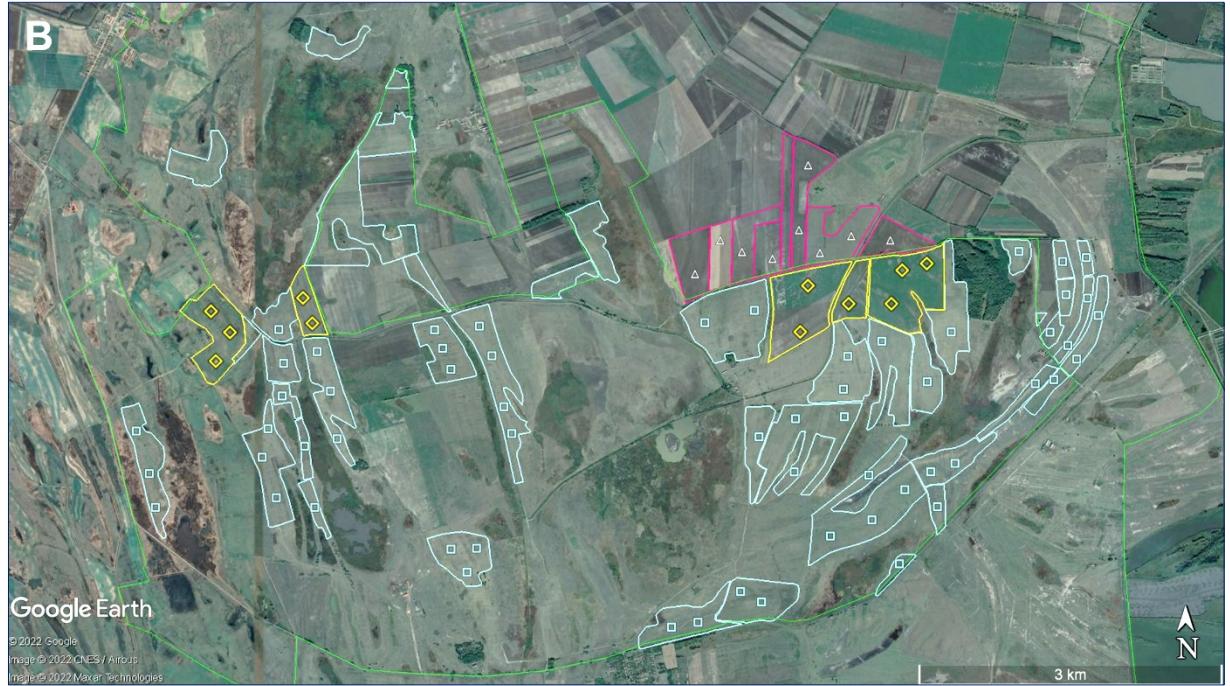
BACI: előnyök és hátrányok

Előnyök

- adatok a hatás előtti állapotról
- megfelelő kontroll biztosítása
- hatás vs. kontroll → kauzalitás
- prediktálható hatások

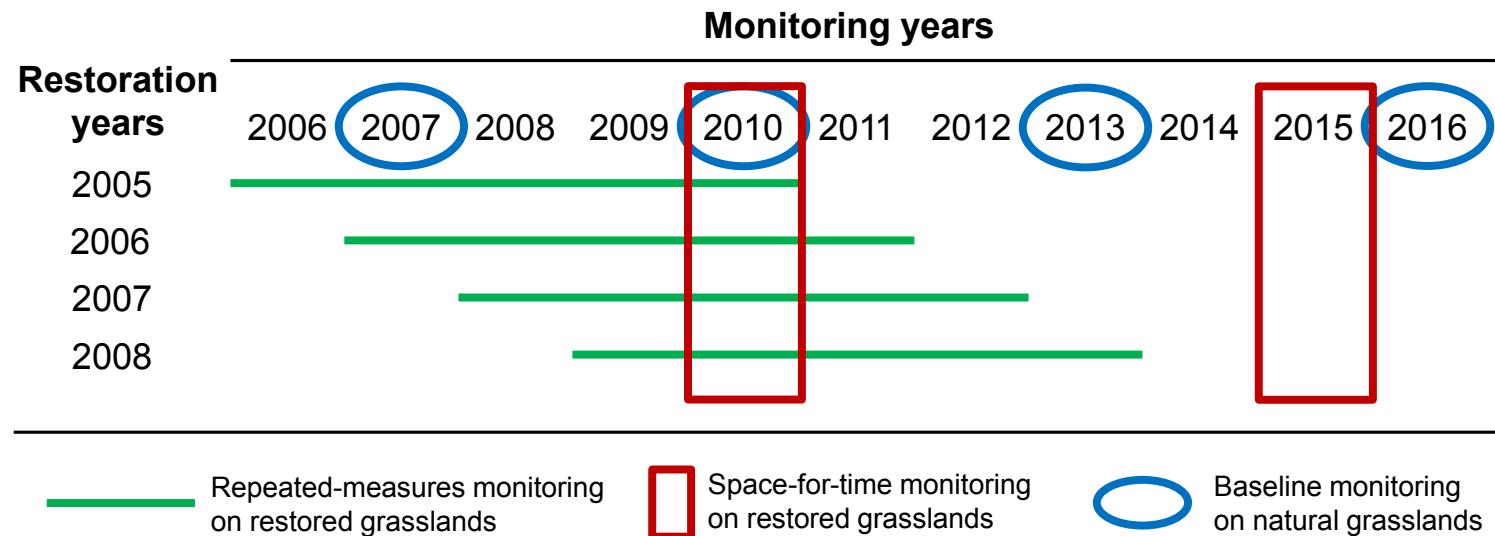
Hátrányok

- jelentős logisztikai kihívások
- hatás előtti adatgyűjtés költségei
- nem kezelt területekről adatgyűjtés költségei
- kezelések változása felboríthatja az elrendezést
- nagy léptékű v. előre nem látott változások elmoshatják a különbségeket



Időbeliség figyelembe vétele alternatív módon

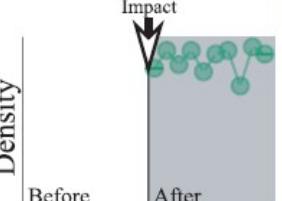
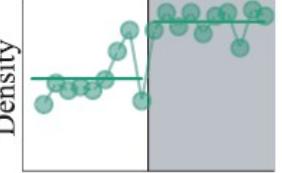
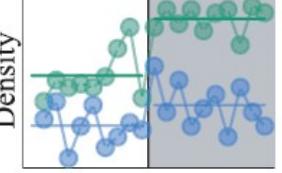
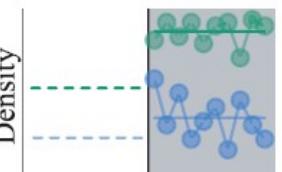
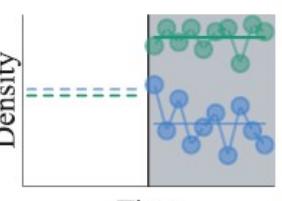
- Tér-idő helyettesítés (space-for-time substitution) vagy idősor (chronosequence)
- Különböző korú kezelt területek összehasonlítása



Hatásmonitorozás: elrendezések

- Control-Impact (CI) elrendezés

Christie et al. 2019. J Appl. Ecol.

Design	Sampling regime	Relative cost	Relative difficulty in ecology	Suitability	Ecological examples of use
After		Very low	Very low	Most systems Where control unfeasible Unpredictable impacts	Pond creation
Before-After (BA)		Moderate	Moderate	Predictable impacts Where control unfeasible Availability of pre-impact data	Wildlife tunnels under roads
Before-After Control-Impact (BACI) (BARI, MBACI, BACIPS)		High	High	Predictable impacts Appropriate control Availability of pre-impact data	MPA effectiveness, renewable energy infrastructure
Control-Impact (CI) (Space-for-Time, Impact versus Reference Sites)		Low	Moderate	Unpredictable impacts Large-scale replicates that cannot be truly randomised	Oil spill or other pollution event
Randomised Controlled Trial (RCT)		Low	Very high	Unpredictable impacts Small-scale replicates appropriate for randomisation	Peatland restoration, field margins

Időbeliség figyelembe vétele alternatív módon

Tér-idő helyettesítés

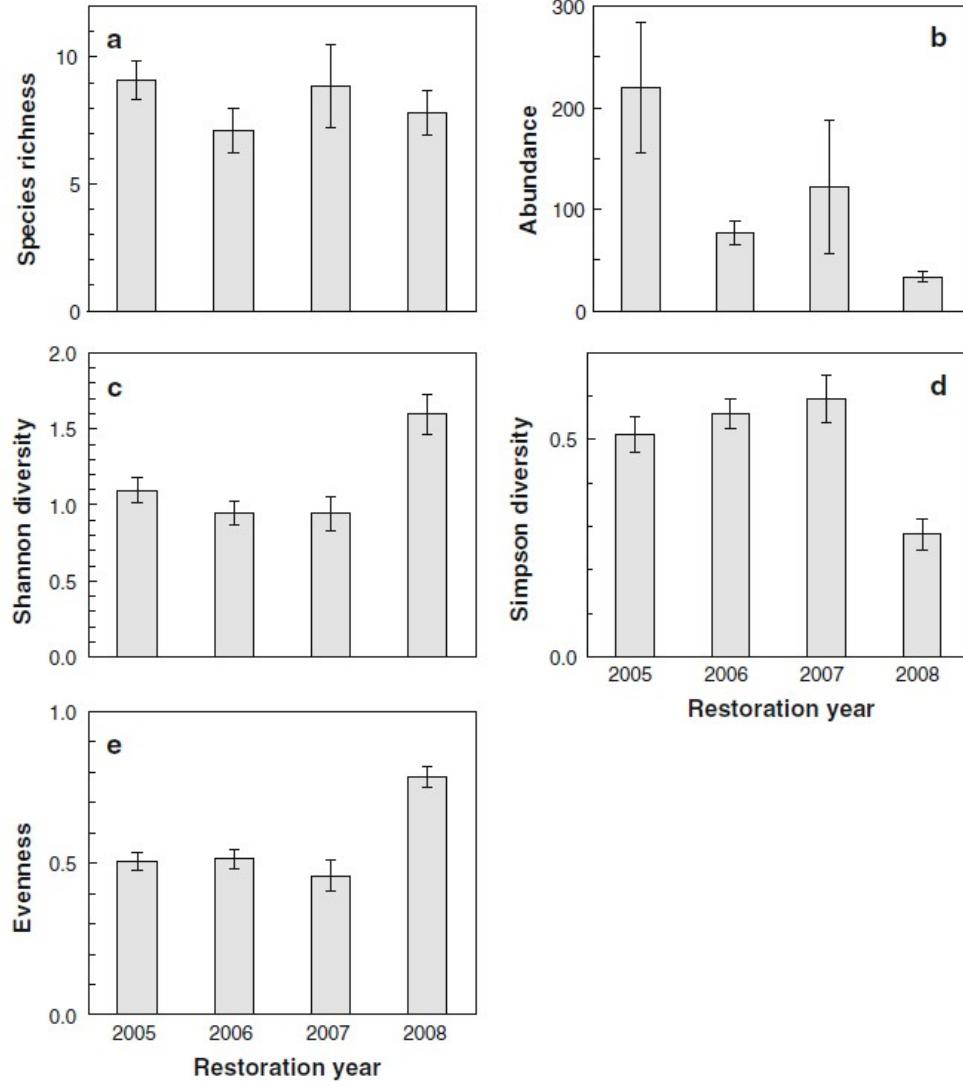


Fig. 2 Mean \pm SE values of Orthoptera assemblage variables by year of restoration on restored fields sampled in 2009 ($n = 33$ or 11, 11, 6, 5 sites in 2005–2008, respectively). Statistics are given in Table 1

Ismételt mintavétel

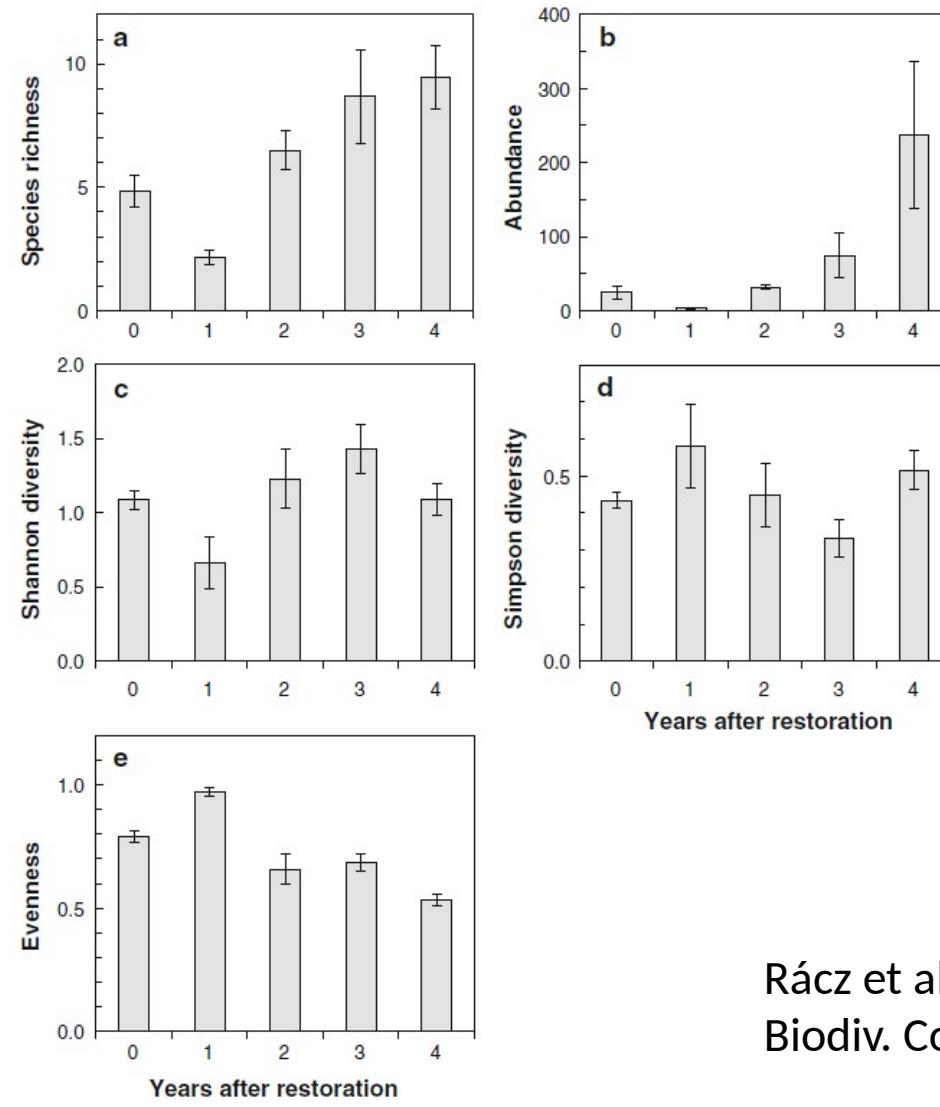


Fig. 3 Mean \pm SE values of Orthoptera assemblage variables on croplands sampled in all 5 years ($n = 7$), i.e., before restoration (Year 0) and after restoration (Year 1–4). Statistics are given in Table 2

Rácz et al. 2013.
Biodiv. Cons.

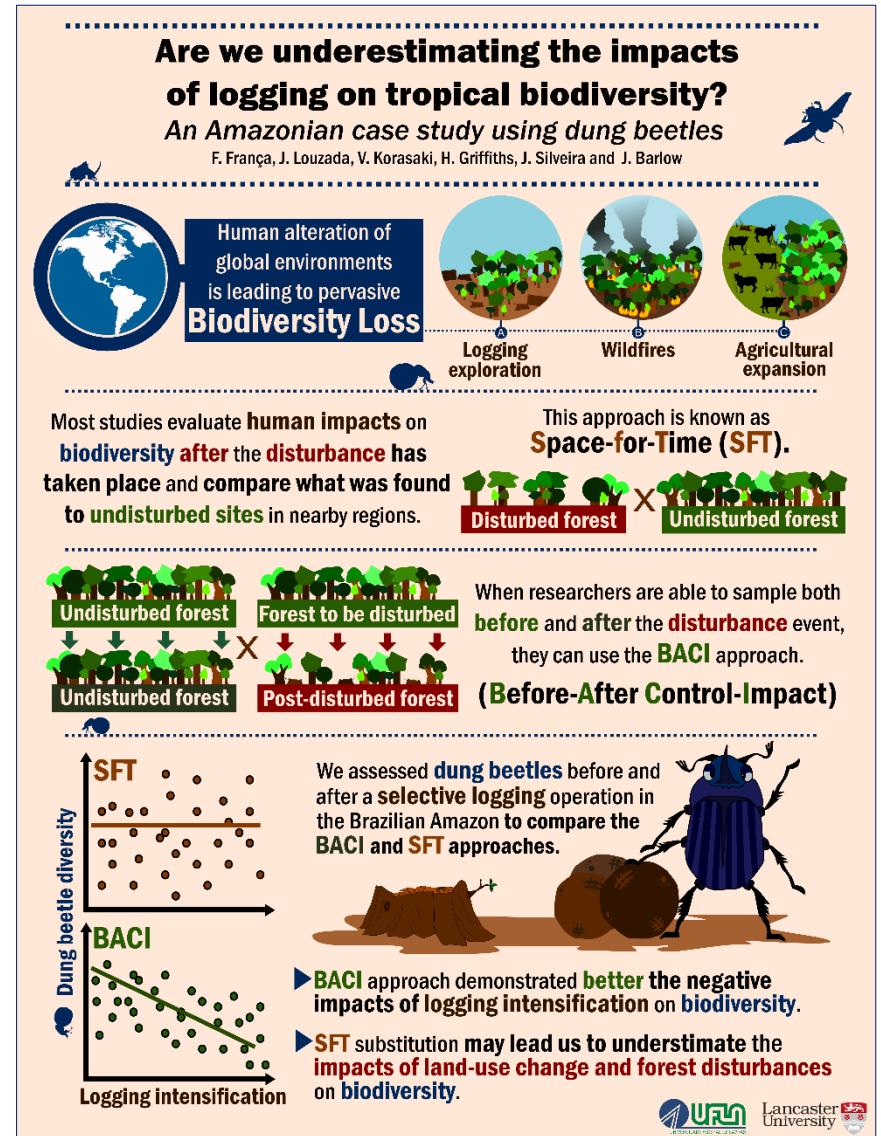
Tér-idő helyettesítés

Előnyök

- könnyen kivitelezhető
- idősor vizsgálható
- hosszú időtáv lehetősége

Hátrányok

- előzetes történet nem ismert („legacy effects”)
- éves fluktuációk nem ismertek (pl. „rossz év hatás”)
- köztes kezelés nem ismert
- mintavételi erőfeszítésre oda kell figyelni
- kauzalitás nem bizonyítható
- kisebb érzékenység



França et al. 2016. J. Appl. Ecol.

Sutherland (2000) tanácsai

- ismerjük fel a hibák (error) létezését és gondolkozzunk a csökkentésük lehetőségein
- pontos instrukciók legyenek mindenki számára
- standardizálj minden, amit lehet (időjárás, megfigyelő, napszak stb.)
- amit nem lehet kontrollálni, randomizáld
- minden módszert magadon tesztelj elsőként (megvalósíthatóság, instrukciók interpretálása)
- rögzíts lehetőleg minél több potenciális háttér-tényezőt
- hibák (error-ok) egyensúlyozása a helyszínek, időszakok, időpontok között
- mindenki minden csinál helyett specifikálni, h. ki mit csinál (megfigyelő, adatrögzítő, logisztikus stb.)
- számszerűsítsd az error-okat (módszerek előzetes tesztelése, ismételt felvételezés ugyanazon helyszínen)
- sokkal jobb a több kis minta, mint a kevesebb nagy minta



Köszönetnyilvánítás

- monitoring koordinátorok
- Jean Clobert, Déri Eszter, Bernd Gruber, Klaus Henle, Pierre-Yves Henry, Romain Julliard, Kosztyi Beatrix, Dirk S. Schmeller, Varga Zoltán és sokan mások
- EuMon projekt („EU-wide monitoring methods and systems of surveillance for species and habitats of Community interest”)
- NKFIH/OTKA – Norvég Finanszírozási Mechanizmus
- Bolyai Ösztöndíj, Magyar Tudományos Akadémia
- NKFIH/OTKA K 106133, K 134391

