

Vázlat:

- a leíró és hipotézis-tesztelő vizsgálatok
- tér - időbeli mintázatok, kérdések, hipotézisek, predikciók és adatgyűjtés
- megfigyeléses módszerek:
 - mintavételi szabályok
 - reprezentativitás
 - függetlenség és randomizáció
- terepi kísérletek:
 - kísérlettervezés általános szabályai
 - kísérletek elemei
 - főbb kísérleti elrendezések
 - érvényesség
- terepi vizsgálatok növényeken:
 - mintázatleírás
 - cönológiai eljárások
 - többváltozós elemzési módszerek
 - térinformatika, távérzékelés
- terepi vizsgálatok állatokon:
 - kvantitatív mintavételi módszerek
 - egyedi jelölések
 - nyomonkövetési módszerek
 - a szaporodási siker és a túlélés becslése

fóliák hozzáférhetősége: <http://www.zool.klte.hu> → Oktatás →

Kutatástervezés speciálkollégium → DE ATC Természetvédelmi Mérnök

1. A TERMÉSZETTUDOMÁNYOS MEGISMERÉS

- megismerés: túlélést szolgáló viselkedési forma
 - művészi
 - természettudományos
- anyagi világ: tényleges létezés
(*“Miközben a filozófusok arról vitáznak, hogy vajon létezik-e a világ, az emberiség visszafordíthatatlanul tönkreteszi azt.”* (K. POPPER))
- tudomány: a valóság megismerésének előre eltervezett, szisztematikus és objektív módja
- tér és/vagy időbeli mintázatok ismétlődése (MACARTHUR) → hasonlóságok
- ha nincs „mintázat” → *ad absurdum* nullhipotézisek

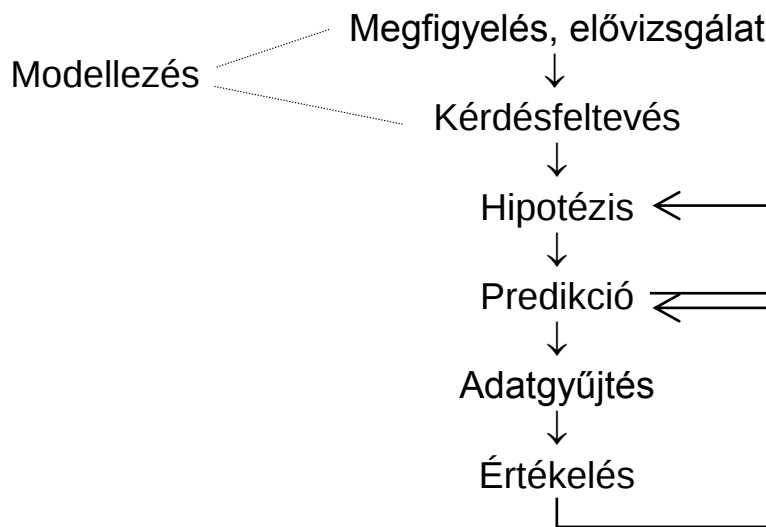
Pl.: operatív ökológia centrális hipotézise („bármely populáció bárhol, bármikor, bármilyen mennyiségben megtalálható”)

→ kutatás: ehhez képest eltérést mér

- természettudományos realizmus korlátai:
 - érzékelési és fizikai tér/idő korlátok
 - torz és szubjektív érzékelés

megoldás: - technikai haladás (GIS, távérzékelés stb.)
 - modell-alkotás

2. A BIOLÓGIAI VIZSGÁLATOK ÁLTALÁNOS MENETE



2.1. Megfigyelés vagy elővizsgálat

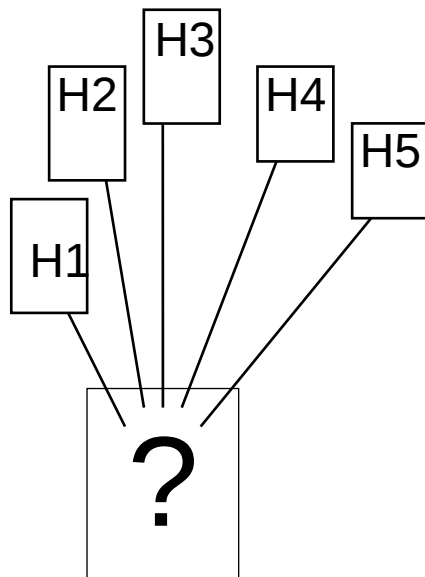
- tárgya: folyamat vagy mintázat
- lépték-függő
- “Mit figyelünk meg?” – lényeges és ténylegesen létező folyamatok vagy mintázatok

2.2. Kérdésfeltevés

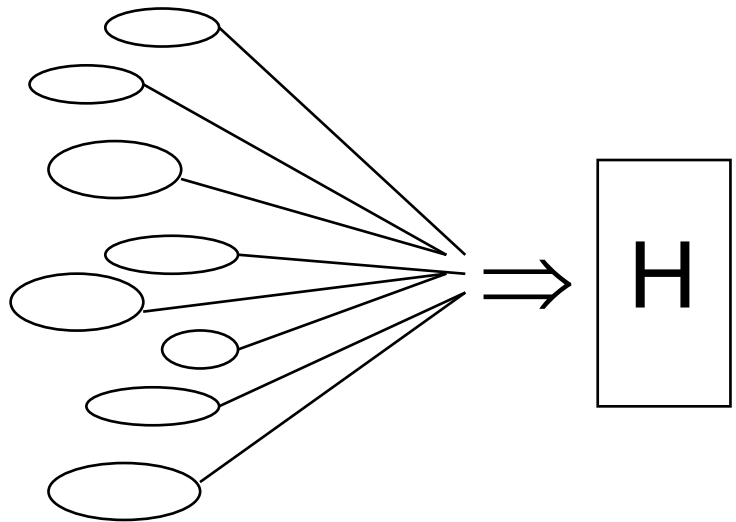
- a jó kérdés:
 - lényegi (esszenciális)
 - nem túl általános, de nem is túl specifikus
 - egyszerű kérdő mondat
 - világos, logikusan következő
- az ökológia két alapvető kérdéstípusa:
 - referenciális jellegű deviációs alapkérdések: - Hol? Mikor? Mennyi?
→ *LEÍRÓ* vizsgálatok
 - kauzális jellegű kényszerfeltételi alapkérdések: - Miért?, Hogyan?
→ *HIPOTÉZIS-TESZTELŐ* vizsgálatok

2.3. A hipotézis

- $\approx$ háttérmagyarázat, feltevés
- *hipotetiko-deduktív módszer* (POPPER 1959, 1972, 1983)



DEDUKCIÓ



INDUKCIÓ

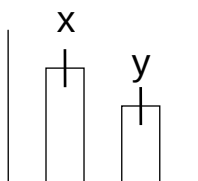
- megcáfolhatóság!
- *Ellenpéldák:* FREUD szexuálpszichológiai elmélete
ADLER személyiségfejlődés-elmélete
EINSTEIN relativitáselmélete
- A gondolatmenet
 1. jelenség megfigyelése
 2. az összes, *egymást kölcsönösen kizáró* hipotézis megfogalmazása
 3. mindegyik hipotézisre vizsgálat
 4. az(oka)t a hipotézis(eke)t, melye(ke)t nem tudunk megcáfolni, "igaz"-nak fogadjuk el
- A jó természettudományos hipotézisek:
 - megcáfolhatóak
 - egymást kölcsönösen kizáróak
 - belőlük egy vagy több predikció vezethető le
 - egyszerűen vannak fogalmazva

„A theory that you can't explain to a bartender is probably no damn good.”
(E. RUTHERFORD)

- Az alkalmazás korlátai:
 - igazi háttérmagyarázat nem szerepel a hipotézisek között
 - tér- és/vagy időbeli korlátok
 - a háttérmagyarázatok nem egymást kölcsönösen kizárók, egyszerre több háttérmagyarázat is érvényes lehet
 - háttérmagyarázatok függenek egymástól
 - a hipotéziseket nem lehet cáfolni, csak valószínűségekkel jellemezni
- Tanulság
 - megcáfolható hipotézisek
 - minden lehetséges hipotézist vegyünk sorra
 - MI A KÉRDÉS?, MI A HIPOTÉZIS?

2.4. Predikció

- állítás, mely:
 - a hipotézisből logikusan következik
 - statisztikailag tesztelhető
- Melyik változó fontos a rendszerben? → *biológiai tartalom*
- Mely változókat és hogyan hasonlítottunk össze? → *statisztikai tartalom*
- - biológiai hipotézis = háttérmagyarázat
 - statisztikai hipotézis: két állítás
 - nullhipotézis, H_0 : egyik mennyiség = másik mennyiség
 - alternatív hipotézis, H_A : egyik $\neq$ másik
- statisztikai tesztek működése:



$$H_0: x = y$$

$$H_A: x > y$$

adatok → teszt-statisztika számítása (képlet) →
 → p-érték (szignifikancia-szint $\approx$ H_0 támogatottsága)

- ha p értéke nagy ($> 5\%$) → H_0 támogatottsága magas → tapasztalt különbség csak a véletlen műve
- ha $p < 5\%$ → H_0 támogatottsága alacsony → különbség nem csak a véletlen műve, hanem „lényeges” (szignifikáns) → H_A -t fogadjuk el

2.5. Adatgyűjtés

- lépései:
 1. Fontos változók azonosítása
 2. Mintavételi módszer kiválasztása
 3. Szükséges mintanagyság meghatározása
 4. Mintavétel
 5. Adatok rendszerezése, feldolgozásra előkészítése

2.5.1. A változók kiválasztása

- változó(k): mért mennyiség(ek)
- típusai:
 - folytonos vagy diszkrét
 - nominális, ordinális, intervallum- vagy arányskálán mérhető

Skála	Definíció	Példák
Nominális	• kvalitatív, nevekből áll • nincs rangsor	ivar, betegség
Ordinális	• kvalitatív, rangsor lehetséges • értékek közti távolság tetszőleges	agresszivitás: erős, közepes, gyenge
Intervallum	• kvantitatív, rangsor, értékek közti különbség mutatja a távolságot • önkényes nulla pont • arányok nem értelmezhetők	hőmérséklet (°C), IQ
Arány	• kvantitatív, rangsor, értékek közti intervallum mutatja a távolságot • valódi nullapont • arányok értelmezhetőek	testsúly, magasság, életkor

- Hány változót mérünk?
 - „mindent mérünk”
 - „ne mérünk semmit”

2.5.2. A mintavételi módszer kiválasztása

- mérésnél figyelembe kell venni:
 - skála-függés
 - mérési hiba
- specifikumok: ld. később

2.5.3. A mintavétel

- ha nem tudunk minden objektumot mérni
- statisztikai populáció: az összes vizsgálati objektum, melyre eredményeink vonatkoztathatóak ($\neq$ biológiai populáció!) → pontosan tisztázandó!!!
- minta: a populációnak az a része, melyet valóságban is mérünk
 - statisztikai minta (mérések → adathalmaz)
 - fizikai minta (pl. talajminta)
- mintavételi egység: amin a mérés fizikailag történik
- a mintavétel alapszabályai:

1. RANDOMIZÁCIÓ (VÉLETLENSZERŰ VÁLASZTÁS)

- cél: a statisztikai populáció tagjai egyenlő eséllyel kerülhessenek a mintába
- torz a minta, ha bizonyos egyedek
 - nagyobb valószínűséggel kerülnek a mintába, mint mások
 - bekerülése befolyásolja más egyedek bekerülését
- a reprezentativitás legfőbb biztosítója
- használható zavaró tényezők, tendenciák hatásának kiszűrésére (pl.: napszakos, évszakos v. térbeli különbségek)
- randomizálás menete: Pl.: hét békából három kiválasztása:

1. békák megszámozása (1-7):



2. random számok táblázata (részlet): ... 81940 06428 ...

3. minta meghatározása: 1., 4., 6.



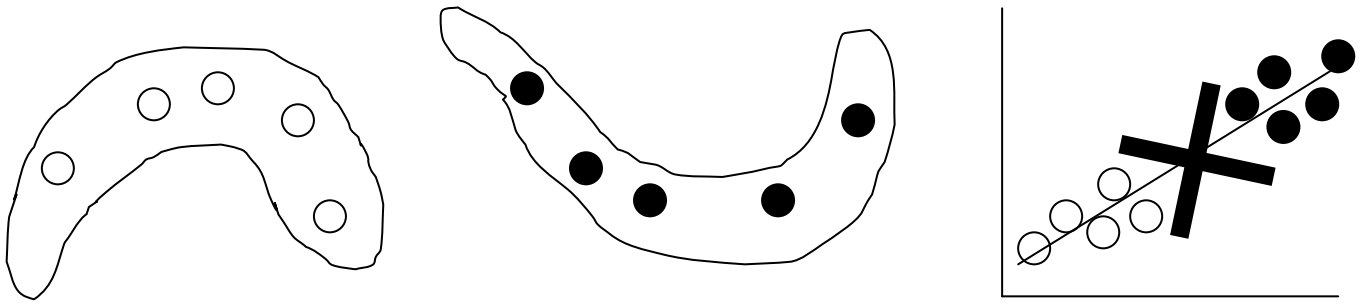
2. ADATPONTOK FÜGGETLENSÉGE

- mintavétel egység $\equiv$ statisztikai populáció egyede
- következmény:
 - egyik egység mintába kerülését a másik egység mintába kerülése nem befolyásolja
 - nincs kapcsolat az egyes mintavételi egységek között

Pl.: kísérleti patkányok agresszivitása:

- „verekedőseket” választjuk
- véletlenszerűen választunk

Pl.: pH és vízi gerinctelenek mennyiségének vizsgálata két holtmederben, 5-5 mérési ponton (○ ●)



DE: mérési pontok nem függetlenek → nem 10 adatpont → csak 2 adatpont!

3. STANDARDIZÁLÁS

- egy változó bizonyos szinten való tartása
 - pl. napszakos, évszakos, térbeli stb. különbségek kiiktatására
 - zavaró tényezők:
 - standard szinten tartás (érvényesség↓, kivitelezhetőség↑)
 - randomizálás
- előre tisztázni kell!

4. ISMÉTELT MÉRÉS

- „egy mérés nem mérés” → ismételt mérés → statisztikai minta
- mérés hibája becsülhető
- mérés pontossága:
 - precizitás: ismételt mérések közelsége
 - akkurátusság: mért és valós érték közelsége
- ismételhetőség:
 - saját kutatásunkon belül, időben és térben
 - más kutatások számára, időben és térben

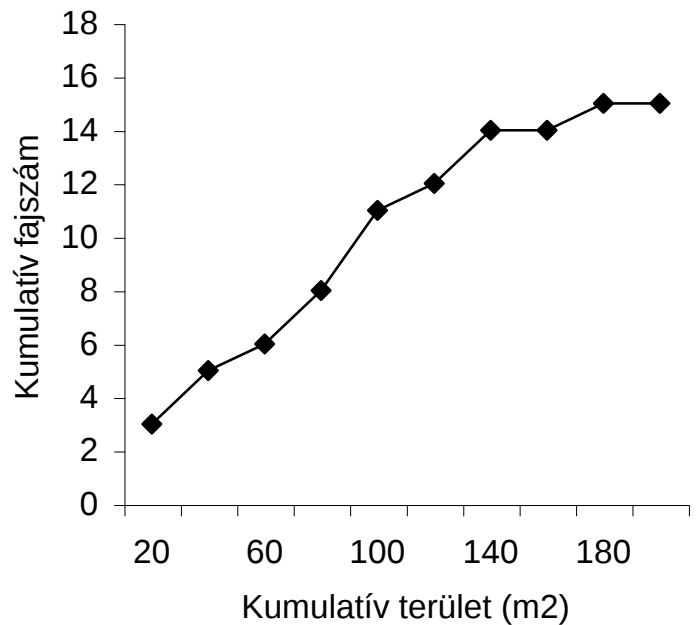
- Miért elengedhetetlenül FONTOS a fenti szabályokat betartani?

- ha nincs randomizálás: → torz minta → tendencia → „furcsa” eredmények
- ha az adatok nem függetlenek: elnagyolt mintaelemszám → lényeges (szignifikáns) különbséget kaphatunk ott, ahol valójában nincs

2.5.4. Mintanagyság meghatározása

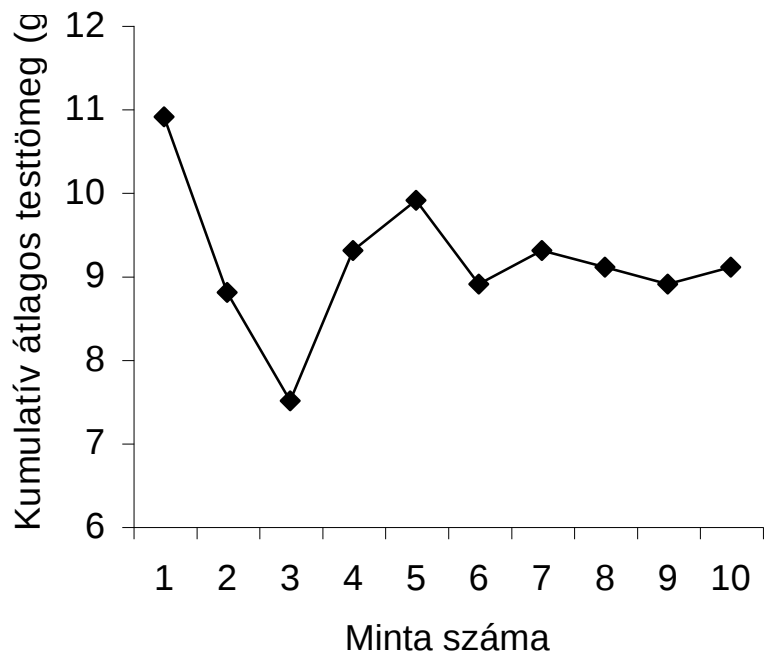
- négy módszer :
 - tapasztalat
 - statisztikai teszt erősségének meghatározásával (ld. később)
 - faj-minta görbe alapján:

Kumulatív terület (m ²)	Fajok száma	Új fajok száma	Kumulatív fajszám
20	3	3	3
40	4	2	5
60	5	1	6
80	3	2	8
100	4	3	11
120	4	1	12
140	4	2	14
160	3	0	14
180	5	1	15
200	4	0	15



- a mért paraméter változási görbéje alapján:

Minta száma	Testtömeg (g)	Kumulatív átlagos testtömeg
1	10,9	10,9
2	6,7	8,8
3	4,9	7,5
4	14,7	9,3
5	12,3	9,9
6	3,9	8,9
7	11,7	9,3
8	7,7	9,1
9	7,3	8,9
10	10,9	9,1

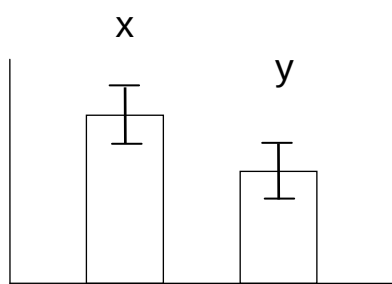


2.5.5. Adatok összerendezése és számítógépre vitele

- ne az eredeti adathordozókkal dolgozzunk (másolatok)
- adatok számítógépre vitele, tárolása (+ biztonsági másolatok)

2.6. Értékelés

- statisztikai módszerek:
 - az adatok kvantitatív leírására és összegzésére
 - következtetések levonására
 - adatokban levő különbségek és tendenciák objektív értékelésére
- kétféle megközelítés:
 - exploratív elemzés:
 - adatok „felderítése”, ábrázolása
 - leíró statisztikák számítása: átlag, medián, szórás, variancia, konfidencia intervallum stb.
 - konfirmatív („megerősítő”) elemzés:
 - predikciók, különbségek, tendenciák vizsgálata
- statisztikai tesztek általános működése: mindig a nullhipotézist (H_0 -t) teszteljük, pl.: két minta átlagának összehasonlítása



1. $H_0: x = y$
 $H_A: x > y$

2. adatok $\rightarrow$ teszt-statisztika $\rightarrow$ **p** (valószínűség)

3. **p**: szignifikancia-szint, H_0 támogatottsága, a döntéshozatal alapja, kritikus értéke: 0,05

ha $p > 0.05 \rightarrow H_0$ -t elfogadjuk

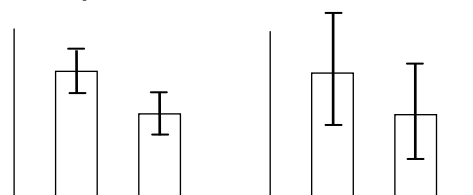
ha $p < 0.05 \rightarrow H_0$ -t elvetjük

	H_0 igaz	H_0 hamis
H_0-t megtartjuk	jó döntés ☺	másodfajú hiba: β
H_0-t elvetjük	elsőfajú hiba: α	jó döntés ☺

α (elsőfajú hiba val.sége) $\rightarrow$ **p** (szignifikancia-szint)

- a teszt menete:
 - kézzel: követni a “receptkönyveket”
 - komputerrel:
 1. adatbevitel, adatrendezés, előkészítés
 2. adatfile $\rightarrow$ statisztikai program
 3. a teszt meghatározása, program futtatása
 4. eredmények vizsgálata és interpretálása

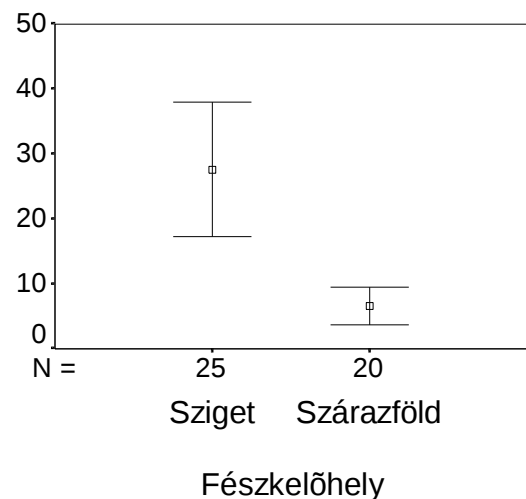
- Mitől függ, hogy egy különbség szignifikáns?
 - szórástól $\rightarrow$
 - mintaelemszámtól (ha $\uparrow$, akkor a szórás $\downarrow$)
 - statisztikai próba érzékenységtől



- statisztikai tesztek két nagy csoportja:
 - parametrikus próbák:
 - populációs átlag becslése → alapfeltétel a normál eloszlás és a varianciák homogenitása
 - érzékenyebbek
 - nemparametrikus próbák:
 - nem becsülnek paramétereket → kevesebb feltétel
 - kevésbé érzékenyek
- minden statisztikai próba feltétele:
 - a random mintavétel
 - az adatpontok függetlensége
- statisztikai tesztek típusai:
 - átlagok összehasonlítására
 - két vagy több változó közötti kapcsolat vizsgálatára
 - eloszlások, gyakoriságok összehasonlítására, illeszkedésvizsgálat

Pl.: gulipántelemek helye és mérete

FHELY	OSZFSZ
2	2
2	5
2	9
2	20
1	22
1	25
1	24
2	6
1	11
2	4
2	2
2	8
2	4
1	29
2	9
2	3
2	9
1	38
2	26
2	5
1	35
1	5
2	5
2	2
1	25
1	107
1	40
1	15
1	2
1	7



1. t-teszt (parametrikus teszt):

	FHELY	N	Mean	SD	SE
OSZFSZ	1,00	25	27,6000	25,1247	5,0249
	2,00	20	6,6500	6,1923	1,3846

	Equality of Variances		t-test for Equality of Means		
	F	P (Sig.)	t	df	P (Sig.)
OSZFSZ	9,719	,003	3,634	43	,001

2. Mann-Whitney-teszt (nemparametrikus teszt):

	FHELY	N	Mean Rank	Sum of Ranks
OSZFSZ	1,00	25	29,86	746,50
	2,00	20	14,43	288,50

	OSZFSZ
Mann-Whitney U	78,500
P (Sig.)	,000

a Grouping Variable: FHELY

Alapvető biológiai megközelítések:

- megfigyelés (nincs beavatkozás) *
- kísérlet (beavatkozás, manipuláció) *
- modellezés (logikai absztrakció)
- evolúciós összehasonlítás (több faj, általános tendenciák)

3. A MEGFIGYELÉSES MÓDSZER

3.1. A megfigyelés

- megfigyelés a legáltalánosabb értelemben
- nem történik beavatkozás a rendszerbe, nem kontrollálunk egy tényezőt sem, pusztán adatgyűjtés történik
- hagyományos, gyakori, könnyen kivitelezhető
- megfigyelés vagy kísérlet? – Példa: hegyi kecske és fafaj elterjedése



Szempont	Megfigyeléses módszer	Kísérletes módszer
Manipuláció	Nincs	Van
Kezelés	Nincs	Van (bekerítés, illetve nem bekerítés)
Kutatói irányítás	Minimális	Nagymértékű
Független változó	Kecskék száma - <i>folytonos</i>	Kecskék vannak vagy nincsenek - <i>diszkrét</i>
Függő változó	Facsemeték száma - <i>folytonos</i>	Facsemeték száma - <i>folytonos</i>
Statisztikai elemzés	Kevésbé érzékeny tesztek	Érzékenyebb tesztek
Elemzés módja	Korrelációanalízis	t-teszt
Ok-okozati viszony	Nem állapítható meg	Tesztelhető
Magyarázó erő	Kicsi	Nagy
Prediktív erő	Minimális	Óriási
Költségigény	Kicsi	Nagy
Munkaigény	Kicsi	Nagy

- belső érvényesség és külső érvényesség

3.2. A megfigyeléses módszer néhány jellemzője

- a mintavétel alapvető szabályai érvényesek (randomizáció, függetlenség, standardizálás, ismételhetőség stb.)
- mintavételi stratégia (kutatási terv) kidolgozása, megvitatása, átdolgozása
→ munkaterv → meg kell előznie az aktuális adatgyűjtést!
- adatgyűjtés megfigyeléssel:
 - legyen időnk a tervezésre és a terepen előre nem látható akadályozó tényezőkre is
 - ne legyenek preconcepcióink, legyünk elfogulatlanok
 - felejtjük el a tervet, a „bizonyítani” kívánt hipotézist
- speciális mintavételi módszerek: ld. később

3.3. A megfigyeléses módszer az ökológiában

- hazai, egyed feletti szerveződési szintekkel foglalkozó biológia részei:
 - szünfenobiológia: LEÍRÓ jellegű, megfigyeléses megközelítés (fenológia, chorológia, etológia)
 - (másik terület): OK-OKOZATI összefüggések, kísérletes módszerek (ökológia, viselkedésbiológia)



4. A KÍSÉRLETEZŐ MÓDSZER

4.1. A kísérlet

- jellemző függő változó
- előre eltervezett protokoll:
 - a kísérlet kivitelezésének terve
 - az adatok elemzésének terve
- kontrollált körülmények

4.2. A kísérlet elemei

A kísérleti egység

- a kísérlet fizikai alanya, melyet a kísérleti kezelésnek más kísérleti egységtől függetlenül alávetünk és amelyen a mérést végezzük

A válaszváltozó

- kísérleti egységnek a kutatás szempontjából fontos mért mennyisége (függő változó)

A kezelés

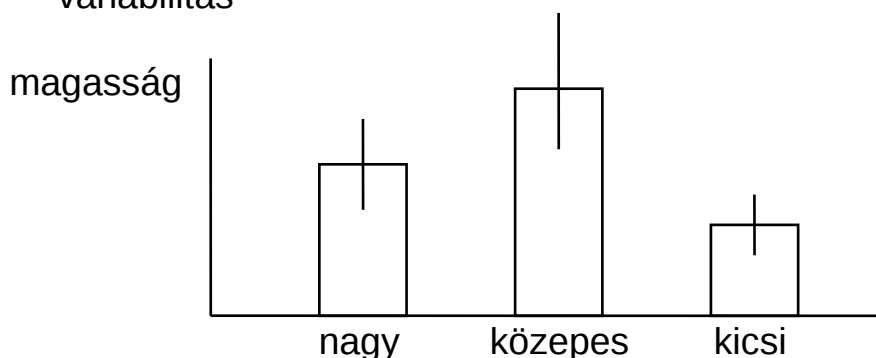
- kontrollált körülmények rendszere
- összehasonlító vagy kritikus kísérlet: két vagy több kezelés
- kezelés (általános és statisztikai ért.) vagy manipuláció (fizikai ért.)

A kontroll

- viszonyítási alap
- típusai:
 - a kezelés kontrollja
 - a manipuláció kontrollja

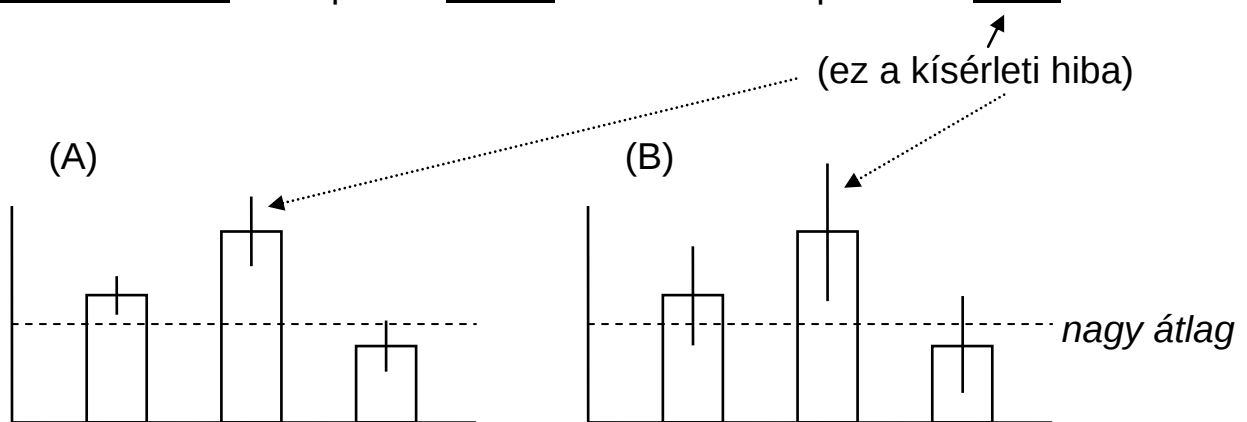
A kísérleti hiba

- az azonosan kezelt és egymástól független kísérleti egységek közötti variabilitás



- forrásai:
 - természetes variabilitás
 - mérési hiba
 - a kezelés pontatlan beállítása
 - a kezelés máshogy hat a különböző kísérleti egységekre
 - külső tényezők
- a kísérleti hiba jelentősége: ennek segítségével tudjuk megítélni azt, hogy a kezelés hatásos volt-e vagy nem
 → módszer: az összes variancia felbontása:

összes variancia = csoportok közötti variancia + csoportokon belüli variancia



- ha kísérleti hiba (így a csoportokon belüli variancia) kicsi (A) → a csoportátlagok becslése pontosabb; a csoportok közötti variancia nagy lesz, azaz a különbözően kezelt csoportok máshogyan reagálnak → jelentős különbségeket tudunk kimutatni
- ha kísérleti hiba nagy (B) → a csoportátlagok becslése kevésbé megbízható; csoportok közötti variancia kicsi a kísérleti hibához képest → különböző csoportok között nem tudunk különbséget kimutatni
- → fentiek miatt fontos a kísérleti hiba csökkentése; ennek lehetőségei:
 - megfelelő kísérleti elrendezés használatával
 - magyarázó háttérváltozók alkalmazásával
 - a kísérleti egységek megfelelő kiválasztásával, számának növelésével
 (→ pontosabb becslés!)

Az ismétlések szerepe

- az ismétlés szükséges:
 - a kísérlet pontosságának javításához
 - a kísérleti hiba kontrollálhatóságához
 - a kísérlet külső érvényességének növeléséhez

4.3. A kísérleti elrendezések főbb típusai

- kísérleti elrendezés: a kísérlet elemeinek fizikai és időbeli szerkezete
- cél: a kísérleti hiba minimálisra csökkentése
- randomizálás fontossága:
 - a kísérleti hiba és a csoportátlagok torzításmentes becslésére
 - zavaró tényezők kiszűrésére

Tökéletesen (teljesen) random elrendezés

- a kezelést random módon rendeljük a kísérleti egységhez

egy elem = nagy átlag + kezelés hatása + kísérleti hiba

- Pl.: 12 kísérleti egység (parcella), 3 kezelés (A, B, C):

B	C	B	A	C	A
A	B	A	C	B	C

Tökéletesen random blokkelrendezés

- egymáshoz hasonló kísérleti egységek egy „blokkban” szerepelnek
- cél: járulékos változó kiszűrése
- blokkokon belül minden kezelés legalább egyszer jelen

egy elem = nagy átlag + kezelés hatása + blokk hatása + kísérleti hiba

- Pl.: 18 parcella, három kezelés (A, B, C), lejtős terep (más vízellátottság)

Blokk 1	B	A	C	B	C	A
Blokk 2	C	A	B	C	B	A
Blokk 3	A	C	B	C	A	B

lejtő

B	D	C
A	C	D
B	C	A
D	A	B

Tökéletlen (nem teljes) blokkelrendezés

- blokkon belül nem minden kezelés van jelen →
- Pl.: 12 parcella, 4 kezelés (A, B, C, D), lejtős terep

4.4. Általános elemzési módszerek

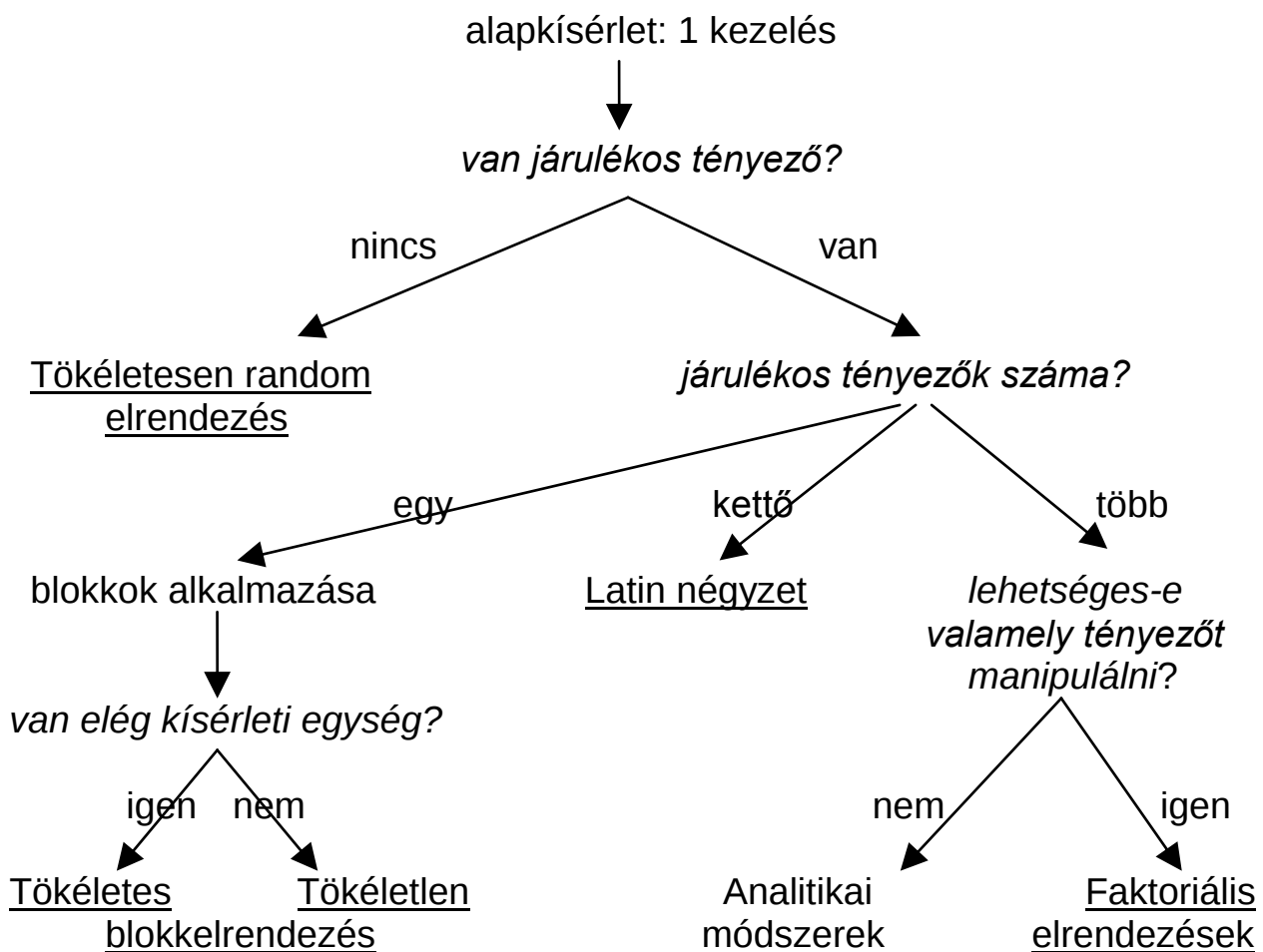
- varianciaanalízis (analysis of variance, ANOVA): leggyakoribb elemzés
 - sok feltétel
 - nagy érzékenység
- kovariancia-analízis (analysis of covariance, ANCOVA): járulékos („zavaró”) tényezők hatásának elemzésére/kiszűrésére

4.5. A kísérletek buktatói

- pszeudoreplikáció (HURLBERT 1984):
 - térbeli
 - időbeli
 - adat-összevonás, stb.

Példa: növényökológiai kísérletek a biológiai sokféleség és az ökoszisztéma-működés kapcsolatának „bizonyítására”
(TILMAN & DOWNING 1994; TILMAN 1996; NAEEM ET AL. 1994, 1995)

4.6. Kísérlettervezés, rövid összegzés



5. A TEREPI KUTATÁSOK JELLEGZETESSÉGEI

5.1. Terepi kutatások általában

- terep: számos tényező hat, minden mindennel összefügg
→ nehéz az egyes hatásokat és okokat azonosítani
- a kutatás eredményessége nagyban függ a körülményektől (időjárás stb.), és jelentős a kutatón kívüli okok szerepe
- megfelelő tervezéssel a bizonytalanság csökkenthető
- természetvédelmi kutatások tagolása:
 - leíró, leíró, leíró, állapotfelmérő, monitoring jellegű kutatások
 - hatás-vizsgálatok (pl. természetvédelmi kezelés és élőhelyrekonstrukciók)
 - oknyomozó, feltáró jellegű kutatások

5.2. Az élőhelyek általános vizsgálata

- makrohabitat (közösség) és mikrohabitat (faj vagy populáció)
- élőhely-szintű vizsgálatok alkalmazása:
 - ökológiai alapkutatás
 - alapállapot-felmérés és monitoring
 - természetvédelmi kezelés (prezerváció, konzerváció)
 - környezeti hatásvizsgálat
 - természeti erőforrás-használat
- vizsgált jellemzők:
 - földrajzi helyzet
 - topográfia
 - egyéb térképi információk (pl. vízrajz stb.)
 - geológiai jellemzők (pl. alapkőzet stb.)
 - éghajlat, mezoklíma, mikroklíma
- élőhelytípusok, zonáció és rétegződés
- élőhelyek diverzitása: $H = -\sum p_i \log p_i$, (p_i : „i” élőhely relatív borítása)

5.2.1. Éghajlat-elemzés

- vizsgált jellemzők: fényintenzitás, hőmérséklet, napsugárzás, szélesebbesség, csapadék, páratartalom
- feljegyzésük fontos lehet, hiszen a növények életfunkcióit és az állatok viselkedését – s így módon a mintavételt is – jelentősen befolyásolhatják

5.2.2. Szubsztrát-elemzés

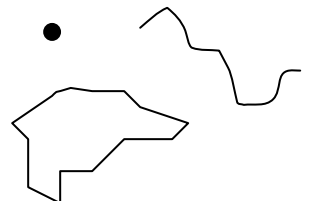
- talaj (szárazföld) és alzat (vizek)
- talajfúrók, speciális vízi alzattúrók
- friss minták vagy (tömegállandóságig) szárított minták
- alapkőzet, talajprofil (rétegek: 0, A, B, C, átmenetek stb.)
- talaj tömege, nedvességtartalma, szervesanyag-tartalma (szervesanyag-formák), denzitása, frakciói (részecskeméret)

5.2.3. Vizes élőhelyek

- fizikai és kémiai tényezők fontossága az előtérben (komplexitás)
- álló és folyó vizek
- oligotrofikus, mezotrofikus, eutrofikus
- időszakos (eusztatikus, szemisztatikus, asztatikus, efemer), állandó
- lényeges információk:
 - időbeli és térbeli információk
 - fizikai környezet (hőmérséklet, áramlási sebesség, turbiditás, átlátszóság, vezetőképesség stb.)
 - biológiai komponensek (fitoplankton, makrofiták, zooplankton, makroszkopikus gerinctelenek, halak stb.)
 - szennyezettség (ipari, kommunális, mezőgazdasági)
 - biológiai indikátorok:
 - faj-szintű diverzitás (gyors becslés)
 - biokémiai ill. kémiai oxigén-igény (BOI, KOI)

5.2.4. Az élőhely-szintű vizsgálatok eszköze, a térinformatika

- földrajzi információs rendszer = térbeli adatok + attribútum-adatok
- térbeli adatok:
 - georeferált pontok, vonalak, poligonok (vektoros):
 - georeferált képek (raszteres)
- attribútum-adatok: térbeli adatokhoz rendelt
 - tulajdonságok (pl. száraz gyepek, mocsár, erdő stb.)
 - adatok (pl. foltméret, tagoltság stb.)
- feltehető kérdések:
 - Hol mi van?
 - Mi hol van?





- térinformatika egyéb alkalmazásai:
 - mozgáskörzet-elemzés → élőhely-választás (pl. fészkelőhely-preferencia)
 - populációméret-becslés a terület és denzitás ismeretében
 - fajok/populációk elterjedési területének elemzése
 - térbeli és időbeli (pl. szezonális) változások nyomonkövetése
 - táj-ökológiai elemzések: élőhely-szerkezetek, mozaikosság

5.3. Az élőlények mintavételezésének főbb módszerei

5.3.1. Terepi vizsgálatok növényeken

- helyhezkööttség, viszonylagos állandóság → mennyiségi viszonyok, társulástani sajátosságok jobban becsülhetők, mint az állatoknál
- cönológia: társulástan
 - hazánkban: BRAUN-BLANQUET iskola (SOÓ R., ZÓLYOMI B., JAKUCS P.)
 - karakterfajok, indikátorfajok azonosítása → társulások megkülönböztetése, leírása
- klasszikus cönológia: kvalitatív és szemi-kvantitatív mintavétel: kvant. adatgyűjtés hosszadalmas és szubjektív → kvalitatív változók használata↑
- később: növények számossága, módszerek finomodása → rengeteg adat növényekről → többváltozós elemzések
- többváltozós elemzések általános céljai:
 - mintázatileírás ill. felderítés
 - adatredukálás
 - adatelemzés (Ø hipotézis-tesztelés)
- többváltozós elemzések főbb típusai:
 - klasszifikáció
 - ordináció
 - stb.

5.3.2. Terepi vizsgálatok (nem csak) növényeken

1. Közvetlen számlálás

- alap-mérések populációkon és közösségeken: denzitás, gyakoriság, borítás, biomassa → további fontos változók: populáció eloszlása, faj-szintű diverzitás, produkció (termelés)
- minden egyedek megszámlálása: census (ritka), ha ez nem lehetséges → mintavétel
- ha mintavétel alul- vagy felülbecsli a vizsgált jellemzőt, a minta torzul
- denzitás: egyedek területre v. térfogatra vonatkoztatott „sűrűsége”, egyedszáma egy populáció esetén:
 - abszolút denzitás: egyedszám per összterület
 - ökológiai denzitás: egyedszám per alkalmas élőhely területe
- abundancia: területre v. térfogatra vonatkoztatott egyedszám egy közösség esetén

2. Kvadrát-mintavétel

- ismert területű négyszögben, ált. négyzeten belül zajlik az egyedek számlálása, esetleg mérése
- vízben vagy talaj esetén: ismert térfogatban számlálás
- adott élőhelyen megfelelő számú, random kiválasztott kvadrátban ismételjük a számlálást
- leggyakrabban (szárazföldi) növények esetén, ekkor gyakran hasznos, ha a kvadrát téglalap alakú
- megfelelő méret: ideális esetben fajszám-terület kumulatív görbék alapján határozzuk meg, gyepek: 2×2 m, erdők: 10×10 m
- kvadrátok kijelölése:
 - standard módon (pl. hálózatban)
 - randomizálás (NE befolyásolja a kvadrát helyét, hogy mennyire „jellemző” az adott helyen a növényzet!)
 - random pont lesz a kvadrát közepe
 - kvadrát sarok-koordinátáinak kiválasztása random számok táblázatából
- adatok és számítások:
 - denzitás: $D_i = n_i / A$
 - relatív denzitás: $RD_i = n_i / \sum n$
 - gyakoriság: $f_i = j_i / k$, ahol j_i : azon minták száma, melyekben i faj előfordul, k : összes mintaszám
 - relatív gyakoriság: $Rf_i = f_i / \sum f$, ahol $\sum f$: összes faj gyakoriságának összege
 - borítás: $C_i = a_i / A$, ahol a_i : i faj által borított terület, A : összes terület
 - relatív borítás: $RC_i = C_i / \sum C$, ahol $\sum C$ az összes faj borításainak összege
- nem alkalmas térbelileg csoportosuló egyedek számlálására vagy nagyon változatos növényzetű élőhelyfoltokban

3. Transzekt mintavétel

- különösen alkalmas egymásba átmenő szukcessziós stádiumokból álló élőhelyeken
- típusai:
 - vonal-érintő transzekt:
 - mintavétel kijelölt, kihúzott vonal mentén
 - vonal által érintett fajok kerülnek a mintába
 - csak relatív becslés
 - borítás: vonal és növény metszetének hossza
 - főleg növények esetén
 - vonaltranszekt:

- mintavétel egy vonal mentén haladva
 - vonaltól bizonyos távolságon belül észlelés (populációs index, nem ad abszolút denzitást)
 - főleg szárazföldi gerincesek esetén
- öv-transzektek:
 - mintavétel hosszú, keskeny területcsíkon
 - abszolút becslés (ismert terület)
- elrendezés függ a kérdéstől:
 - ha cél a fajösszetétel felmérése egy közösségben: random végpontok
 - ha cél valamilyen ökológiai grádiens vagy átmenet vizsgálata, a megfelelő irányban
- minden esetben több párhuzamos transzekt a célszerű

5.3.3. Terepi vizsgálatok állatokon

1. Szárazföldi gerinctelenek mintázása

- ismert térfogathoz fizikai minta → válogatás (gyakran tendenciózus)
- terep után mintafeldolgozás és határozás a laboratóriumban → fizikai minta megőrzése, tartósítása, azonosítása
- makroszkopikus gerinctelenek:
 - talajminta: átl. 0,1 v. 0,2 m² felületről, 10 cm mélyről talajminta
 - talajra helyezett táblák alatt (mesterséges „alzat”): csak relatív becslések
 - talajcsapdák (leásott üvegek, poharak, kisebb tálak stb.)
 - random, transzekt vagy hálózatos mintázatban
 - csalogatóanyaggal vagy anélkül
 - csak populációs indexek
- mikroszkopikus gerinctelenek:
 - Berlese-Tullgren tölcsér, felülről világítva és melegítve (DE: szelektív!)
- növényeken élő gerinctelenek:
 - körülcsomagolás és spray-zés (kvanti és pontos, de nehezen kivitelezhető)
 - fűhálózás
 - standardizálás fontos (lépésszám, csapásszám, hálózott terület stb.) → ekkor megbízható
 - kvadrát-módszerrel kombinálható,
 - szelektív (pl. helytűlők↑, ijedősek↓)
 - kopogtatás
 - fák-bokrok ágain-törzsén
 - erdőkben



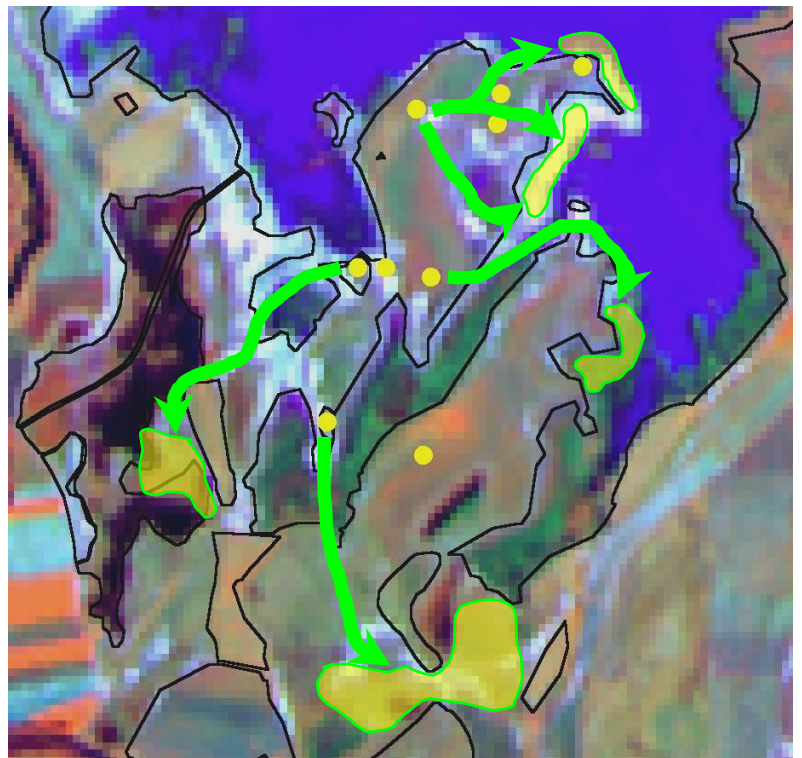
2. Vízi gerinctelenek mintavétele

- vízi környezet: inkább 3-D → számos életforma-típus
- ált. az élőhely egy kis darabjának (víz, iszap stb.) eltávolításával, de: ez jórészt behatárolt (pl. vízmélység), kvantifikálás, szelektivitás (gyorsan mozgó fajok↓, érzékeny fajok↓)
- bentosz (alzat) mintázás:
 - Wilding-f. mintavevő henger
 - kanál-háló: nem túl megbízható, túl sok standardizálandó paraméter
 - alzatmarkoló- vagy kaparó mintavevők (típusok: Ekman, Peterson, Ponar) és bágerek: ismert térfogat
 - Surber-csapda: ismert területről állatok felkavarása, majd folyásirányban elfogása hálóval
 - mesterséges alzat alkalmazása (pl. csempelapok, Hester-Dendy-f. mintavevő korongok)
- úszó-lebegő nekton és plankton (alga és zooplankton):
 - planktonhálók: végén ált. gyűjtőkamra, rögzített merítésszám, de: sűrített vagy, ill. nagyobb mélységből merített minta szükséges (típusok: Kemmerer, Schindler-Patalas stb.)
 - merítőhálók: nehéz standardizálni (pl. áramlással szembeni sebesség állandósága)
 - (parttól v. csónakból) húzott háló
 - kisebb vízfolyásokon teljes keresztmetszetben
 - néha gyűjtőkamrával a végén
- vízi gyűjtés: hosszadalmas válogatás (szűrés, lebegtetés, üleptetés), fontos a konzisztencia!
- tartósítás: 70% etil-alkohol v. 5% formalin



3. Fogás, jelölés, visszafogás módszerek

- Capture, Mark, Recapture → CMR
- populációbecslés: nincs abszolút jó módszer
- mozgékony egyedek (pl. szárazföldi gerincesek) vizsgálatára
- alap: ismert mennyiségű állat megjelölése, később visszafogott jelölt állatok arányából következtetünk a populációméretre
- változatos jelölések: festések, gyűrűk, függesztékek, transzponderek, chipek
- többféle index, legismertebb: Lincoln-Peterson index: $N = Mn / R$, ahol M: megjelölt egyedek száma, n: második alkalommal fogott egyedek száma, R: visszafogott egyedek száma
- szigorú feltételek:
 - fogási val.ségek minden egyedre egyenlőek
 - jelölt és nem jelölt egyedek aránya nem változik
 - jelölt állatok eloszlása homogén→ sok probléma valós populációkkal (pl. fiatal egyedek, mortalitás, jelölés hatása túlélésre, szezonális mintázatok, fogási val.ségek) → eredeti CMR technika számos bonyolítása
- új alkalmazás: túlélésbecslés egyedi fogási történetek alapján (MARK program)
- egyedi jelölések:
 - egyedek térhasználatának (mozgáskörzet, territórium) becslésére
 - populációk közötti kapcsolatok (migráció) vizsgálatára
 - vándorlási útvonalak azonosítására (madarak gyűrűzése)
 - egyedi tulajdonságok (pl. túlélés, szaporodási siker) vizsgálatára



4. Szárazföldi gerincesek mintavétele

- elsősorban madarak és emlősök
- vonaltranszekt:
 - feltételek:
 - egyedek random módon oszlanak el vagy a transzekt random módon kerül kijelölésre
 - minden egyed észlelési valószínűsége egyenlő
 - egy egyed észlelése nem befolyásolja egy másik egyed észlelhetőségét
 - minden egyedet csak egyszer számolunk
 - közepes testméretig az igazi
 - számos elemzési módszer
 - pl. 500 v. 1000 m hossz, ± 100 m merőlegesen (összesen 200 m széles sáv), reggel vagy este, észlelési távolságok becslésével, lehetőség szerint ismételve párhuzamos transzekttek
 - pontatlanságot okozhat:
 - állatok mozgásintenzitása, napszakos aktivitás-változása, feltűnőssége
 - időjárás, észlelési körülmények
 - egyedek többszöri számlálása
 - élőhely szűrő-hatásának változatossága, észlelési távolság változása
 - megfigyelő tapasztalatlansága

→ standardizálás szükséges

- út menti számlálás, kocsi
 - vadbiológiában elterjedt (nagy terület, gyors stb.) + erdők, gyepek, vizes és mezőgazdasági területek
 - elég megbízható populációs indexek előállításához, de fontos a zavaró tényezőket figyelembe venni: napszak, időjárás, út menti láthatóság, táplálékeloszlás stb. → komoly torzító hatás
 - ismétlés fontos a zavaró tényezők hatásának csökkentésében → havonta minimum 3 bejárás
 - kombinálható 5 v. 10 perces pontszámlálásokkal
- pontszámlálás: élőhelyfoltban 5, 10, 15 (– 60) perces számlálás, meghatározott körben (erdőkben kisebb, gyepekben nagyobb sugarú)
- kisemlős csapdázás:
 - min. 100 csapda, hálózatos elrendezésben
 - csalétek vagy nem, élvefogó vagy nem
 - min. napi kétszeri ellenőrzés
 - használható CMR-vizsgálatra
- köpet-elemzés
- nyom-azonosítás és számlálás

- akár populációs indexek számítására is, de számos egyéb tényező ismerete szükséges
- automata kamera/fényképezőgép-rendszerek
 - mozgások rögzítésére
 - fészkek sorsának nyomonkövetésére
- molekuláris és terepi módszerek kombinálása:
 - szőr-elemzés (szőr-csapdákból, madárfészkekből stb.) → DNS elemzés (akár egyedi azonosítás is)
 - ürülekéből hámsejtek izolálása, DNS-tisztítás és elemzés