



## A mért változók számának hatása a morfometriai vizsgálatok eredményeire

### Effect of measured variable numbers on the results of morphometric surveys

BÁNÓ B., TAKÁCS P.

*Ökológiai Kutatóközpont, Balatoni Limnológiai Intézet, Tihany*

**Kulcsszavak:** fenékjáró küllő, Petényi-márna, használhatóság, elkülöníthetőség

**Keywords:** Common gudgeon, Romanian barbel, usability, separability

#### Abstract

During traditional distance-based morphometric studies, the measurer usually try to record as many variables as possible. But on the one hand, the implementation of these works is a time- and energy-consuming task, and on the other hand, the recorded variables are not always informative from the aspect of the group separation. Moreover there is a lack of information about which are the most important variables, and how many variables need to be measured for the appropriate results of morphometric investigations. To qualify and quantify these features altogether 33 morphometric analyses were made on five-five populations of Common gudgeon (*Gobio gobio* (Linnaeus 1758)) and Romanian barbel (*Barbus petenyi* Heckel, 1852) using the measured variables in decreasing number. Results of investigations showed that generally 10-15 variables, measured mostly on the anterior body part (e.g. on the head) used to separate each group.

#### Bevezetés

Az élőlények testalakjának tanulmányozása a legrégebbi biológiai módszerek közé tartozik. A rendszertan és a taxonómia alapjainak lefektetése, sőt az élővilág evolúciójának megértése felé tett első lépések is a morfológiai jegyek vizsgálatán keresztül történtek meg (Linnaeus 1788; Darwin, Bynum 2009). A morfometria a statisztika egy részterülete, amely az alak (morphe) és mérésének (metron) számszerűsítését, összevetését és bemutatását jelenti (Mitteroecker, Gunz 2009). A morfometriai vizsgálat a fajok elkülönítésétől kezdve (Creech 1992) az ivari dimorfizmuson keresztül (Rohlf 1990; Sirakov és mtsi. 2012) a hibridizáció (Specziár és mtsi. 2009) valamint populációk (Herler és mtsi. 2010) elkülönítésre is alkalmas.

A klasszikus távolságmérésen alapuló morfometriai vizsgálatok alapvető kiinduló pontja a mérendő változók pontos meghatározása. A változókat mérhetjük magán a vizsgálandó teljes egyeden (Trapani 2003) vagy annak egyes testrészein, pl. pikkelyen (Ibañez és mtsi. 2007), de az ezekről készült fotókon is elvégezhetők (Takács et al. 2016). Az új morfometriai módszerek megjelenésével (Strauss, Bookstein 1982; Zelditch és mtsi. 2012), ezek a változók kiegészültek, bővültek. A különféle módszereket gyakran kombinálva használják (Armbruster 2012; Takács és mtsi. 2018). Az összehasonlíthatóság miatt kezdetben egy adott családra, csoportra próbáltak jellemző változókat meghatározni (Pravdin 1966). Manapság a szerzők a mérendő változók, illetve azok számának meghatározásában legtöbbször a hasonló témában született korábbi szakirodalmi közlésekre támaszkodnak (Sirakov és mtsi. 2012; Tulli és mtsi. 2009). Általánosan elmondható, hogy a szerzők igyekeznek minél nagyobb számú változót elemezni, így ezek száma akár a harmincat is meghaladhatja (Specziár és mtsi. 2009; Elliott és mtsi. 1995). A morfometriai adatok felvétele emiatt sokszor idő-, és energiaigényes folyamat. Ugyanakkor a használt változók nem egyformán informatívak. Egyes közlések szerint egy-két vagy néhány jól megválasztott változó vizsgálatával az egyes csoportok már megbízhatóan elkülöníthetők (Franklin és

mtsi. 2012). Ugyanakkor vannak olyan változók is, amelyek nagyon nehezen mérhetőek, így az adataik jelentős hibával terheltek. Illetve vannak olyanok is, amelyek alacsony variabilitásuknál fogva nem alkalmasak az összehasonlított állományok elkülönítésére, így ronthatják a statisztikai elemzések eredményeit. Továbbá a morfológiai adatok statisztikai elemzésére általánosan használt többváltozós statisztikai módszerek (pl. kanonikus varianciaanalízis, CVA) nem teszik lehetővé, hogy a mért változók száma sokkal nagyobb legyen, mint a csoportonkénti mintaszám (Zelditch és mtsi. 2012). Így a nagy változószám mindenképpen nagy csoportonkénti mintaszámot is feltételez. A nagy mintaszámok begyűjtése viszont sok esetben nem kivitelezhető (pl. védett fajok kis állományainak vizsgálata). Így mind az időtakarékosság, mind az adatok statisztikai elemezhetőségének szempontjából mindenképpen szükséges mérlegelni, hogy mennyi és mely változót érdemes lemérni, valamint felhasználni a morfológiai vizsgálatok során.

Jelen munkánkban arra keressük a választ, hogy vannak-e olyan változók melyek jobban használhatók az egyes vizsgált állományok elkülönítésére. Illetve, hogy meddig érdemes csökkenteni a vizsgálatba bevont változók számát, hogy a csoportok elkülöníthetősége még ne csökkenjen számottevően.

### Anyag és módszer

Mind a fenékjáró küllő (*Gobio gobio* complex), mind a Petényi-márna (*Barbus petenyi*) esetében 5–5 populációból gyűjtöttünk egyedeket Hanss-Grassl IG200 2B típusú elektromos halászgéppel (engedélyszám: PE-KTF/659-15/2017, ANPA Agentia Nationala pentru Pescuit si Acvacultura: 08/21.03.2016). A mintavételi pontok elhelyezkedését az 1. ábra mutatja be, míg a mintahelyenként gyűjtött egyedek számát az 1. táblázatban láthatjuk. A kifogott állatokról jó minőségű digitális fotót készítettünk Nikon D5300-as fényképezőgéppel. A morfológiai méréseket a digitális fotón végeztük el ImageJ szoftver (Rasband 2012) segítségével. A standard testhossz mellett további 34 változót mértünk le a fényképekről, melyek elhelyezkedését az 2. ábra mutatja be. A lemért távolság az adott változóhoz tartozó kezdő, valamint végpont közti legrövidebb távolságot jelenti.

A lemért adatokat az alábbi formula (Elliott és mtsi. 1995) segítségével standardizáltuk:

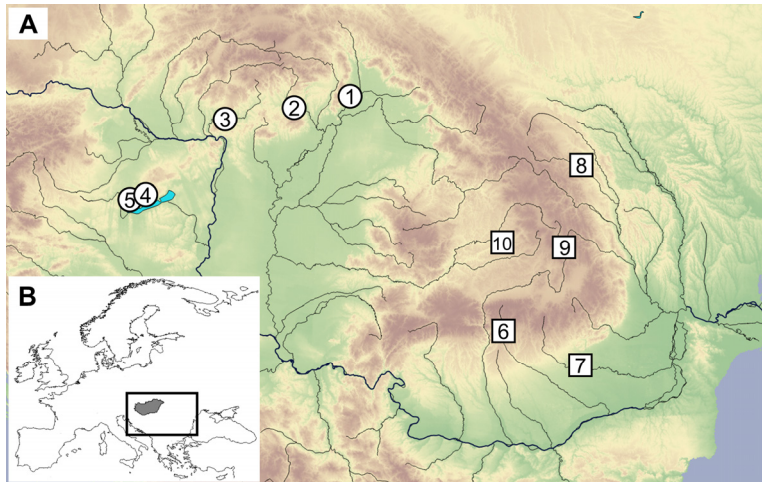
$$M_{adj} = M(L_s/L_o)^b$$

Ahol  $M_{adj}$  a standardizált változó értéke,  $M$  az eredetileg mért változó értéke,  $L_s$  a vizsgált egyedek standard testhosszainak átlagos értéke,  $L_o$  a vizsgált egyed standard testhossza, „ $b$ ” paraméter: az adott változó logaritmizált értékeinek, illetve a logaritmizált standard testhosszértékek lineáris regressziós egyenesének meredeksége. A standardizálás sikerességét úgy ellenőriztük, hogy korrelációanalíziseket végeztünk a standardizált változók és a standard testhosszak között. Egy esetben sem tudtunk szignifikáns összefüggést kimutatni, így mindegyik változó felhasználható volt a további elemzésekhez.

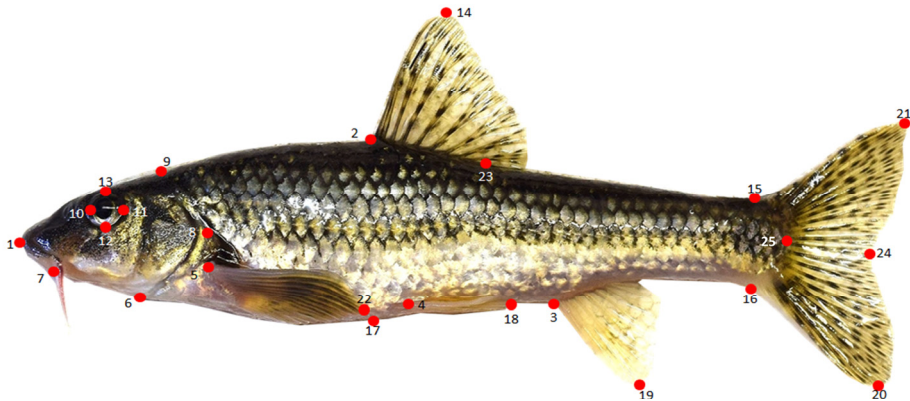
A mért 34 változó értékeit F statisztikával (Pope, Webster 1972) elkülönítő erő alapján állítottuk sorrendbe. Ezt követően egyesével csökkentettük a statisztikai elemzésbe bevont változók számát a legmeghatározóbbak irányába. Először mind a 34 változóval végeztünk kanonikus varianciaanalízist (CVA), majd elvettük a legalacsonyabb F értékkel bírót és új CVA elemzést végeztünk. Egészen addig csökkentettük az elemzett változók számát, míg csak a két legnagyobb F értékű változó maradt. Így végezetül 33 statisztikai elemzés eredményét tudtuk összevetni. A CVA eredményei közül az elemzések elkülönítő erejének értékeléséhez a csoportelkülönülések Bonferroni korrigált szignifikanciaértékeit, a csoportcentroidok Mahalanobisz-távolságainak négyzetét, valamint a vizsgált egyedek besorolásának százalékos jóságát használtuk fel. Értékeiket a csökkenő változószám függvényében ábrázoltuk. Bizonyos karakterisztikusnak tekintett változószámokkal (34, 12, 2) végzett analízisek eredményeit CVA ábrákon mutatjuk be. A statisztikai elemzéseket a PAST 2.17-es programmal (Hammer és mtsi. 2001) végeztük.

1. táblázat. A mintavételi helyek pontos adatai, a mintagyűjtés időpontja, valamint a fogott egyedek száma fajonként  
 Table 1. Precise details of sampling points, date of sampling and number of individuals caught per species

Faj / Species	No	Vízfolyás neve / Water body	Település / City	Koordináta / Coordinates	Dátum / Date	Egyedszám / N of specimen
<i>Gobio gobio</i> complex	1	Tolcsva	Erdőhorváti	N48.31088, E21.43026	2017.03.24.	20
	2	Csernely	Uppony	N48.21437, E20.44003	2017.03.24.	19
	3	Kemence	Bernecebaráti	N48.04741, E18.91824	2017.03.25.	20
	4	Tapolca	Raposka	N46.85051, E17.42178	2017.03.31.	24
	5	Eger-víz	Gyulakeszi	N46.87300, E17.47000	2017.05.02.	20
<i>Barbus petenyi</i>	6	Argyas (Argeș)	Rotunda	N45.26800, E24.65600	2016.09.07.	20
	7	Ilosva (Ialomița)	Curcubeu	N44.75500, E26.13899	2016.09.08.	20
	8	Moldova	Praxia	N47.38399, E26.33099	2016.09.08.	20
	9	Olt	Csíkyszereda	N46.31900, E25.82799	2016.09.09.	20
	10	Kis-Küküllő (Târnava Mică)	Kibéd	N46.53900, E24.98299	2016.09.09.	20



1. ábra. A mintavételi pontok elhelyezkedése  
 Fig 1. Location of sampling points



Mért változó	SI	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34
Kezdőpont	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	11	12	6	6	2	2	2	2	2	2	2	2	2	4	4	4	3	3	3	16	16	15	5	2
Végpont	25	24	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	8	13	9	2	14	15	16	3	9	5	17	4	18	9	6	15	19	16	20	15	21	22	23

2. ábra. A 34 változó kezdő és végpontjai  
 Fig 2. The start and end points of the 34 variables

### Eredmények

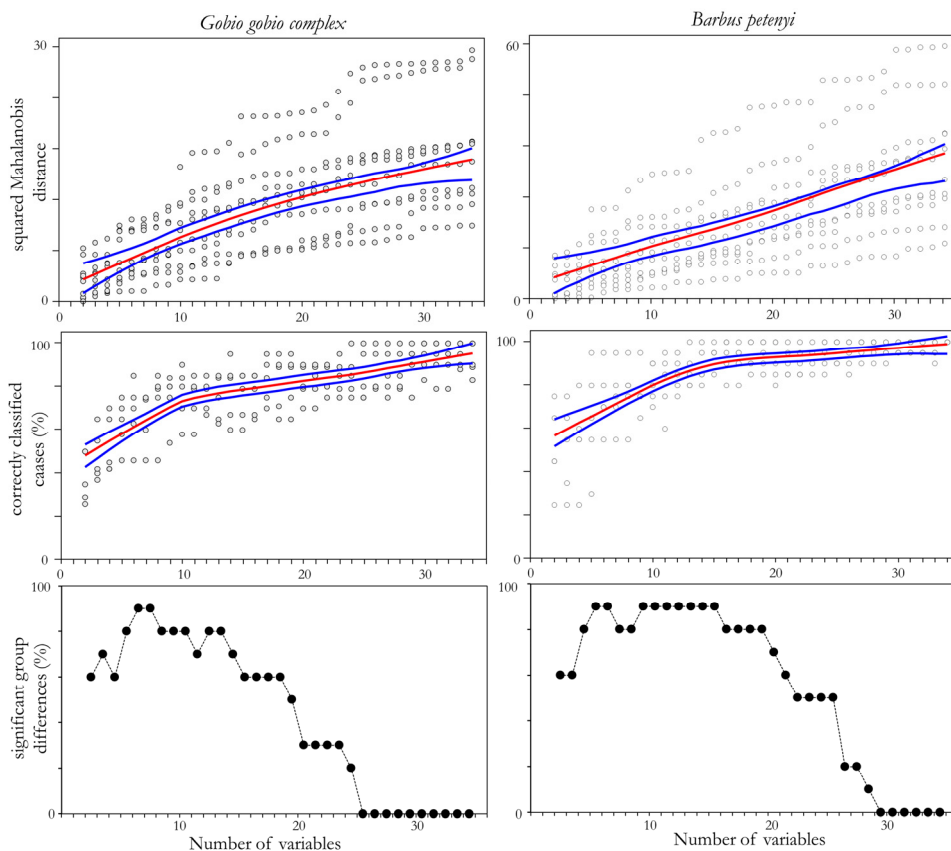
Az F statisztika eredményét a 2. táblázatban tüntettük fel. A 33 CVA elemzést az F statisztika értékeinek figyelembevételével végeztük el.

2. táblázat. Az F statisztika eredményei a két vizsgált fajnál. A mért változókat az F értékeik alapján állítottuk növekvő sorba. Az egyes változók kódjai megegyeznek a 2. ábrán feltüntetettekkel

Table 2. Results of the F statistic for the two species studied. The measured variables were ranked in ascending order based on their F values. The codes for each variable are the same as those shown in Figure 2

Fenekjárom küllő <i>Gobio gobio complex</i>				Petényi-márna <i>Barbus petenyi</i>			
VARIABLE	AMONG GROUP SSQ	WITHIN GROUP SSQ	F RATIO	VARIABLE	AMONG GROUP SSQ	WITHIN GROUP SSQ	F RATIO
4	1.15	2.01	0.57	34	1.71	0.58	2.93
29	1.71	1.95	0.88	3	7.73	2.34	3.31
7	0.55	0.38	1.45	29	5.81	1.68	3.46
17	1.96	1.21	1.63	18	6.20	1.76	3.52
0	2.45	1.33	1.84	20	5.69	1.43	3.99
2	1.42	0.72	1.98	12	1.40	0.34	4.12
3	3.37	1.61	2.10	32	7.61	1.76	4.33
35	1.38	0.57	2.42	16	6.75	1.45	4.65
18	2.82	1.12	2.52	1	4.42	0.95	4.66
28	3.17	1.24	2.55	30	9.20	1.88	4.90
9	2.04	0.74	2.76	17	11.21	2.24	5.00
30	4.07	1.46	2.79	15	6.62	1.27	5.22
13	0.40	0.14	2.82	33	4.04	0.75	5.35
19	2.54	0.86	2.95	27	8.71	1.50	5.82
33	8.33	2.73	3.05	24	5.13	0.88	5.85
6	3.55	1.04	3.43	31	1.81	0.27	6.80
12	0.91	0.26	3.46	25	12.56	1.73	7.25
24	4.50	1.27	3.54	28	22.11	3.02	7.31
10	1.14	0.31	3.70	4	14.65	1.85	7.92
14	1.08	0.26	4.14	13	1.28	0.15	8.40
11	0.64	0.15	4.28	14	4.36	0.39	11.06
32	6.59	1.43	4.60	19	19.45	1.61	12.06
25	7.81	1.58	4.95	26	28.42	2.21	12.86
31	1.21	0.23	5.24	7	7.53	0.45	16.69
16	5.28	1.00	5.28	22	28.00	1.67	16.80
8	2.87	0.54	5.29	11	1.37	0.08	17.05
5	4.29	0.71	6.07	21	25.84	1.50	17.25
20	5.72	0.78	7.38	2	21.97	1.26	17.48
26	14.32	1.71	8.38	6	32.04	1.45	22.11
27	11.51	1.30	8.84	23	26.36	1.04	25.35
15	12.38	0.88	14.13	5	41.98	1.40	29.99
23	9.43	0.61	15.35	9	45.90	1.26	36.53
21	11.50	0.74	15.62	10	25.94	0.69	37.82
22	12.80	0.76	16.85	8	51.20	1.34	38.27

Az elemzésekbe bevont változók számának csökkentésével a csoportcentroidok Mahalanobisz távolságának négyzetértékei, valamint a besorolások jósága is csökkenést mutatott (3. ábra). Míg az előbbi változó értéke egyenletes ütemben csökken, az utóbbi lassú ütemben mérséklődik a 10-15-ig változóiig. Itt egy törés figyelhető meg, ettől a ponttól kezdve a görbe meredeksége növekszik. A szignifikáns csoport elkülönülések aránya bizonyos egyedszám eléréséig nem értelmezhető, ezt követően arányuk emelkedést mutat. A 16 és 6 változószám között 80%-os érték felett található, majd ezt követően csökkenésnek indul.

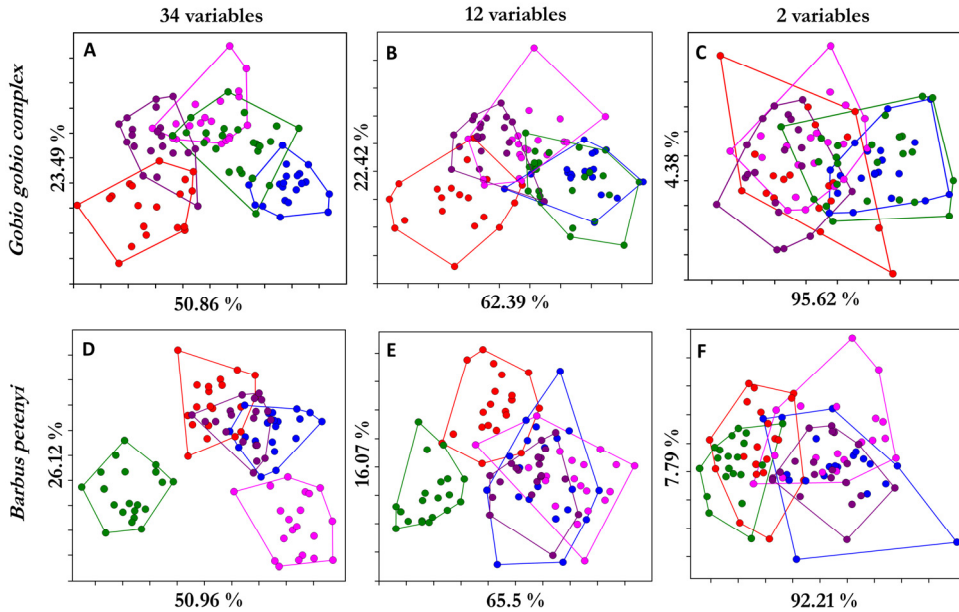


3. ábra. A csoportcentroidok Mahalanobisz-távolságának négyzetértékei, csoportonként szignifikáns eltérések aránya, valamint a besorolás jószágának változása a változószám csökkentése mellett

Fig 3. The squared values of the Mahalanobis distance of the group centroids, the proportion of significant differences per group, and the change in the correctly classified cases with the reduction of the variable

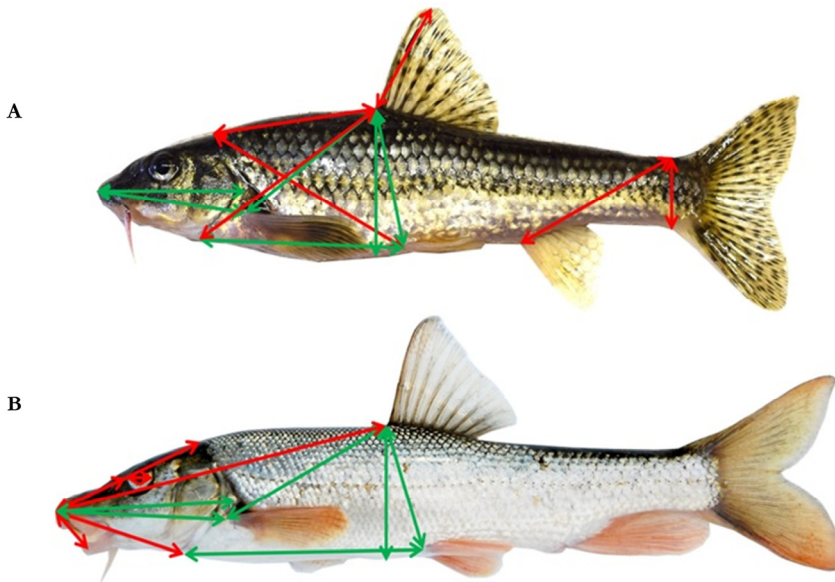
Mivel a szignifikáns csoport elkülönülések aránya mindkét fajnál 6–16 változó használata között volt a legmagasabb, illetve a besorolás jószága 10–15 figyelembe vett változó alatt jelentős csökkenést mutat, így az elvégzett CVA elemzések közül a legmagasabb és a legalacsonyabb változószámmal, valamint az általunk választott 12 változóval elvégzett elemzést mutatjuk be (4. ábra). Az eredmények alapján elmondható, hogy a kezdeti 34 változó adataival jól elkülöníthetően ábrázolja az egyes populációkat a CVA ábra. 12 változó esetében még megfigyelhetők az egyes populációk határai, azonban ebben az esetben már jelentős mértékű az átfedés. Két változóra csökkentve pedig az átfedés már nagymértékű, éles elkülönülés már nem fedezhető fel.

A 12 legfontosabbnak ítélt (legnagyobb elkülönítő erővel bíró) változó elhelyezkedését a két vizsgált faj egyedein az 5. ábrán mutatjuk be. A Petényi-márna (*Barbus petenyi*) esetében a változók kizárólag a test elülső részére, illetve a fejre koncentrálnak. A fenékjáró küllő (*Gobio gobio complex*) esetében a test elülső része mellett a faroknyélen is található két fontos változó. A 12 legfontosabb változó közül a két faj esetében hat változó megegyezett egymással.



4. ábra. A fenékjáró küllő (*Gobio gobicus* complex) (A, B, C), valamint a Petényi-márna (*Barbus petenyi*) (D, E, F) CVA eredményei 34 (A, D), 12 (B, E) illetve 2 (C, F) változós szám mellett. A fenékjáró küllő esetében piros: Csernely, kék: Eger-víz, rózsaszín: Kemence, zöld: Tapolca-patak, lila: Tolcsva. A Petényi-márna esetében piros: Argyas, kék: Ilosva, rózsaszín: Moldova, zöld: Olt, lila: Kis-Küküllő

Fig 4. CVA results for the Common gudgeon (*Gobio gobicus* complex) (A, B, C) and the Romanian barbel (*Barbus petenyi*) (D, E, F) in 34 (A, D), 12 (B, E) and 2 (C, F) variable number. Common gudgeon: red: Csernely, blue: Eger-víz, pink: Kemence, green: Tapolca-patak, purple: Tolcsva. Romanian barbel: red: Argyas, blue: Ilosva, pink: Moldova, green: Olt, purple: Kis-Küküllő



5. ábra. A 12 legfontosabb változó a fenékjáró küllő (*Gobio gobicus* complex) (A) valamint a Petényi-márna (*Barbus petenyi*) (B) esetében. Zöld színnel a közös változók láthatóak

Fig 5. The 12 most important variables. Common gudgeon (*Gobio gobicus* complex) (A) and Romanian barbel (*Barbus petenyi*) (B): Common variables are shown in green



### Értékelés

Mind a csoportcentroidok Mahalanobisz-távolságának négyzetértékei, mind az egyedek besorolásának jósága akkor mutatta a legmagasabb átlagos értékeket, ha az összes mért (34) változót bevontuk az analízisbe. Ugyanakkor az elkülönülések mértékét a vizsgálatokba bevont változók és az elemzett egyszámok nem megfelelő aránya miatt statisztikailag nem tudtuk igazolni. Nagy változószámnál a vizsgált állományok erőteljes elkülönülését a Mahalanobisz-távolságok négyzetértéke nagy szórás mellett mutatja. A változósámok csökkentésével mind ezek átlaga, mind a szórásértékeik arányosan csökkennek. Tehát a vizsgált populációk hasonlósága egyre növekszik.

A besorolási jóságok sokáig nem változnak számottevően. Például ha csak a lemért változók felét (17) vonjuk be az analízisbe, az egyedek besorolási jósága a Petényi-márnánál 100%-ról 92%-ra illetve küllőnél 92%-ról 83%-ra csökken. Azonban 10–15 elemzett változósám környékén a besorolási jóságát jelző görbe mindkét faj esetében törést mutat (3. ábra). Tehát ez alatt a változósám alatt az egyedeket már sokkal rosszabb arányban tudjuk csoportba sorolni.

A szignifikáns csoportelkülönülések aránya 6–16 elemzésbe vont változó intervallumában mutatta a legmagasabb értékeket. Tehát ezek azok a változósámok, amelyeknél az elemzett populációk legnagyobb része egymástól statisztikailag is igazolható módon különül el.

Véleményünk szerint mindkét vizsgált faj esetében 10–15 között lehet az az ideális változósám, amely mind a szignifikáns csoportelkülönítések aránya szempontjából, mind a csoportba sorolások jósága alapján még kellően magas értékeket mutat.

Ebből kifolyólag a változósám meghatározásakor nem érdemes az ideálisnak tartott számnál jóval több változót felvenni, hiszen az eredményeink nem lesznek annyival pontosabbak, mint amennyivel több időt és energiát igényel azok lemerése. Illetve a szignifikáns csoportelkülönülések aránya az ideálisnak mondott intervallum felett csökken.

Ezenfelül pedig a statisztika oldaláról nézve elég a változószámmal megegyező egyed gyűjtése mintahelyenként, ami lehetővé teszi számunkra a gyűjtött egyedek számának mérséklését. Ez fontos szempont lehet például a ritka, védett fajokon végzett vizsgálatok esetében. Az a tény, hogy a 12 legnagyobb elkülönítő erővel bíró változó közül hat megegyezett mindkét fajnál, arra enged következtetni, hogy az adott család morfometriai jellemzéséhez ezen változók használata elengedhetetlenül szükséges lehet.

### Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Ferincz Árpádnak, Nagy András Attilának, Imecs Istvánnak, Maász Gábornak valamint Zrínyi Zitának a terepi mintagyűjtés során nyújtott segítségükért. Takács Pétert a MTA Bolyai János Kutatási Ösztöndíja BO/0022/18/8, valamint az NKFIH OTKA FK131426 pályázata támogatta.

### Irodalom

- Armbruster J. W. (2012): Standardized measurements, landmarks, and meristic counts for cypriniform fishes. *Zootaxa*, 3586/1: 8–16.
- Creech S. (1992): A multivariate morphometric investigation of *Atherina boyeri* Risso, 1810 and *A. presbyter* Cuvier, 1829 (Teleostei: Atherinidae): morphometric evidence in support of the two species. *Journal of Fish Biology*, 41/3: 341–353.
- Darwin C., Bynum W. F. (2009): *The origin of species by means of natural selection: or, the preservation of favored races in the struggle for life* (p. 458): Harmondsworth: Penguin.
- Elliott N. G., Haskard K., Koslow J. A. (1995): Morphometric analysis of orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*) off the continental slope of southern Australia. *Journal of Fish Biology*, 46/2: 202–220.
- Franklin D., Cardini A., Flavel A., Kuliukas A. (2012): The application of traditional and geometric morphometric analyses for forensic quantification of sexual dimorphism: preliminary investigations in a Western Australian population. *International Journal of Legal Medicine*, 126/4: 549–558.
- Hammer Ø., Harper D. A. T., Ryan P. D. (2001): PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4/1: 9
- Herler J., Kerschbaumer M., Mitteroecker P., Postl L., Sturmhuber C. (2010): Sexual dimorphism and population divergence in the Lake Tanganyika cichlid fish genus *Tropheus*. *Frontiers in Zoology*, 7/1: 4.
- Ibañez A. L., Cowx I. G., O'Higgins P. (2007): Geometric morphometric analysis of fish scales for identifying genera, species, and local populations within the Mugilidae. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 64/8: 1091–1100.

- Linnaeus C. (1788): *Systema naturae per regna tria naturae secundum classes, ordines, genera, species*. (Vol. 2): impensis Georg Emanuel Beer.
- Mitteroecker P., Gunz P. (2009): Advances in geometric morphometrics. *Evolutionary Biology*, 36/2: 235–247.
- Pope P. T., Webster J. T. (1972): The use of an F-statistic in stepwise regression procedures. *Technometrics*, 14/2: 327–340.
- Pravdin I. F. (1966): *Manual on study of fishes*. Pischevaya propishlennost, Moscow, 376.
- Rasband W. (2012) ImageJ: Image Processing and Analysis in Java. *Astrophysics Source Code Library*, 1, Article ID: 06013.
- Rohlf F. J. (1990): Morphometrics. *Annual Review of ecology and Systematics*, 21/1: 299–316.
- Sirakov I., Staykov Y., Ivancheva E., Nikolov G., Atanasov A. (2012): Morphometric characteristic of European perch (*Perca fluviatilis*) related to sex dimorphism. *Agricultural Science & Technology* (1313–8820), 4/3: 203–207
- Specziár A., Bercsényi M., Müller T. (2009): Morphological characteristics of hybrid pikeperch (*Sander lucioperca* female × *Sander volgensis* male)(Osteichthyes, Percidae): *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 55/1: 39–54.
- Strauss R. E., Bookstein F. L. (1982): The truss: body form reconstructions in morphometrics. *Systematic Biology*, 31/2: 113–135.
- Takács P., Vítál Z., Ferincz Á., Staszny Á. (2016): Repeatability, reproducibility, separative power and subjectivity of different fish morphometric analysis methods. *PLOS One*, 11/6: e0157890
- Trapani J. (2003): Geometric morphometric analysis of body-form variability in *Cichlasoma minckleyi*, the Cuatro Ciénegas cichlid. *Environmental Biology of Fishes*, 68/4: 357–369.
- Tulli F., Balenovic I., Messina M., Tibaldi E. (2009): Biometry traits and geometric morphometrics in sea bass (*Dicentrarchus labrax*) from different farming systems. *Italian Journal of Animal Science*, 8 (sup2): 881–883.
- Zelditch M. L., Swiderski D. L., Sheets H. D. (2012): *Geometric morphometrics for biologists: a primer*. Academic Press. New York and London, 437p

**Authors:**

Bálint BÁNÓ ([bano.balint@okologia.mta.hu](mailto:bano.balint@okologia.mta.hu)), Péter TAKÁCS ([takacs.peter@okologia.mta.hu](mailto:takacs.peter@okologia.mta.hu))