

# A földmágneses tér irányának változásai Magyarországon az archeomágneses mérések szerint<sup>1</sup>

MÁRTON PÉTER<sup>2</sup>

*A jelenleg rendelkezésre álló archeomágneses irányadatok mennyisége, minősége és időbeli eloszlása lehetővé tette, hogy az adatok feldolgozásával megrajzoljuk a földmágneses térirány évszázados változásának főbb vonásait Magyarországon az elmúlt mintegy 2000 évre vonatkozóan. A feldolgozás lényegében a mozgó ablak átlagolási módszer és egy (több lehetőségből kiválasztott) súlyozási séma alkalmazásából állt. Az eredmény az évszázados irányváltozás 2. ábrán bemutatott modellje, amely nagy hasonlóságot mutat a franciaországi archeomágneses irányadatok [BUCUR 1994] azonos feldolgozásával előállított, Franciaországra érvényes évszázados változási modellhez.*

**P. MÁRTON: Variations of the direction of the geomagnetic field in Hungary as revealed by archaeomagnetic measurements**

*The present quantity of archaeomagnetic directional data from Hungary for the last two millennia allows an analysis of these data in terms of the directional secular variation of the geomagnetic field over the given region. Applying the moving window technique and a weighting scheme described in the article a model of directional secular variation was obtained for Hungary (Fig. 2) which compares favourably with that derived from the French archaeomagnetic data for France by the same method.*

## Bevezetés

Az archeomágneses mérések tárgyai azok az általában agyagból készült kiegészítő vagy kiegészítő régészeti maradványok, amelyek diszlokáció nélkül vészték át az utolsó kiegészítő óta eltelt időt. Az ilyen objektumok az utolsó felmelegítést követő hűlés folyamán a lokális földi mágneses tér irányával párhuzamos, ún. termoremanens mágnesezettségre (TRM) tesznek szert. A TRM nagy stabilitású remanens mágnesezettség, azaz eredeti irányát hosszú idő elmúltával is megőrzi és így felhasználható a földi mágneses tér múltbeli irányának rekonstrukciójára. A TRM irányának meghatározása szabvány paleomágneses módszerekkel történik. A mérések nyomán egy-egy objektumra jellemző mágneses irányt kapunk, amelynek szórását, illetve FISHER [1953] nyomán pontosságát ( $k$ ) és konfidenciaszögét ( $\alpha_{95}$ ) is meghatározzuk. A TRM korát általában a vizsgált objektum (pusztulási) korával azonosítjuk, amelyre nézve legtöbbször régészeti módszerű becslésekre vagyunk utalva. Ezek bizonytalansága (sajnos) sokszor igen nagy (akár néhány száz év) is lehet.

E rövid összefoglaló célja egyrészt a történelmi korokra eső magyarországi archeomágneses irányadatok bemutatása, másrészt ezek értelmezése a földmágneses tér helyi évszázados változásának szempontjából (az előzményekre nézve I. MÁRTON 1990).

## Az archeomágneses adatok

Országnyi nagyságú területen mért archeomágneses irányok időben rendezett sorozata egy centrális helyzetű mágneses obszervatórium idősorának múltbeli folytatásaként tekinthető. Az obszervatóriumi adatsorokkal összevetve azonban az archeomágneses adatrendszer egyrészt jóval pontatlanabb, másrészt nem folytonos, időben egyenetlen eloszlású és jelentős hézagokat is tartalmazhat. Mindezen hátrányok ellenére egyedül az archeomágneses adatrendszer alkalmas arra, hogy értelmezésével a földmágneses tér korábbi, az obszervatóriumi észlelések megkezdése előtti változásairól képet alkossunk.

Az archeomágneses adatok bizonytalanságának két fő oka van. Az egyik a TRM irányának különféle, itt nem részletezett hatásokra visszavezethető kisebb-nagyobb eltérése az egykori, helyi földmágneses tér irányától. A másik a TRM korának pontatlansága, amely az archeológiai keltezés bizonytalanságából fakad. A bizonytalanságok sajnos a jelenlegi archeomágneses adatok velejárói, csökkentésük koronként több, alkalmas és jól datált újabb objektum vizsgálatával lehetséges.

Az 1995 májusáig mért, régészeti korokra keltezett archeomágneses irányadatokat az 1. táblázat tartalmazza. Az 1. táblázatban a mintavételi helyeket közelítő földrajzi koordinátaikkal adtuk meg. Az archeomágneses irányadatokat a helyi középírányokból centrikus dipóltér feltételezéssel Budapestre ( $\varphi = 47,5^\circ$ ,  $\lambda = 19,1^\circ$ ) számítottuk át. Szerepelnek még a  $k$  és  $\alpha_{95}$  statisztikai paraméterek és az adat archeológiai korát jelző időintervallum naptári években. A táblázat utolsó hét tétele közvetlen megfigyelési adatokból szelektált, nem archeomágneses eredmény.

<sup>1</sup> Beérkezett: 1995. június 12-én

<sup>2</sup> ELTE Geofizikai Tanszék, H-1083 Budapest, Ludovika tér 2.

$\varphi$ (°)	$\lambda$ (°)	N/n	D	I	k	$\alpha_{95}$	Age range
47.68	16.62	6/34	347.7	67.4	188	4.9	-250 -150
		4/24	359.7	67.9	645	3.6	-150 -50
46.38	17.97	14/28	1.6	60.3	1143	1.2	-50 50
		14/28	7.6	61.6	1078	1.2	-50 50
47.50	19.10	4/4	353.2	64.9	191	6.7	0 100
46.85	16.58	7/17	355.6	58.0	347	3.2	85 117
		6/12	349.4	63.2	280	4.0	85 117
47.50	19.10	7/7	348.8	58.2	543	2.6	100 200
47.58	16.87	5/15	7.0	62.2	270	4.7	100 300
		5/10	358.8	61.2	586	3.2	100 300
47.50	19.10	6/6	356.8	58.3	340	3.6	150 300
		5/5	7	54.6	218	5.2	150 300
47.12	18.30	3/3	358.4	56.4	201	8.7	200 300
47.68	16.62	10/11	355.8	60.3	416	2.4	200 300
46.70	17.20	3/5	2.7	62.2	1359	2.7	340 360
48.18	22.52	4/6	1.9	61.4	389	4.7	375 425
46.85	16.58	8/15	352.4	56.5	138	4.7	350 450
47.68	16.62	8/8	3.8	64.2	250	3.5	375 500
46.70	17.20	4/14	4.5	59.1	437	3.7	450 460
45.92	18.68	3/6	346.2	69.6	1142	3.6	600 800
		5/10	351.5	71.0	345	4.1	600 800
		5/10	356.4	73.4	558	3.2	600 800
		7/13	350.1	69.8	311	3.3	600 800
		10/10	352.5	70.4	823	1.7	600 800
		6/12	3.5	73.2	335	3.7	600 800
46.90	18.07	10/28	346.1	72.3	673	1.9	660 780
		3/6	358.2	66.5	3223	2.2	660 780
		7/14	353.6	71.0	429	2.9	660 780
		3/5	341.6	69.5	272	7.5	660 780
		4/7	357.1	72.4	1043	2.8	600 800
		5/10	357.7	69.5	414	3.8	600 800
47.40	17.00	4/11	342.4	69.7	556	3.9	700 900
		4/21	2.3	71.7	480	4.2	700 900
48.30	21.78	9/15	353.6	70.0	401	2.6	800 900
		10/10	4.5	70.1	238	3.2	800 900
48.30	21.78	8/8	351.8	71.3	243	3.6	700 900
		6/6	344.5	69.6	795	2.4	700 900
		6/6	352.6	72.7	1356	1.8	700 900
		8/13	14.8	64.2	329	3.1	900 1000
		8/8	22.8	66.2	482	2.5	900 1000
		10/10	18.7	68.6	271	2.9	900 1000
47.68	16.62	4/4	8.8	69.8	248	5.8	900 1000
		8/8	28.5	69.3	158	4.0	900 1000
46.58	17.67	7/7	11.0	70.3	274	3.7	900 1000
		8/8	10.3	68.6	675	2.1	800 1000
		5/5	14.0	70.6	734	2.8	800 1000
		7/7	12.6	69.2	601	2.5	800 1000
48.27	20.75	9/18	20.3	68.8	376	2.7	900 1000
		6/12	7.1	66.3	923	2.2	900 1000
47.73	16.52	8/32	22.6	68.5	497	2.5	895 1045
46.50	17.62	10/10	21.0	63.6	198	3.4	900 1100
		8/8	21.7	67.1	201	3.9	900 1100
47.40	16.74	5/7	24.4	66.2	60	3.8	1000 1050
		4/8	32.5	67.8	135	7.9	1000 1050
		4/11	34.6	64.4	255	5.8	1000 1050
		4/14	29.0	67.7	58	12.1	1000 1050
47.68	16.62	5/10	17.3	64.7	184	5.6	1000 1100
		6/12	17.6	66.9	308	3.8	1000 1100
		5/10	22.3	66.3	1642	1.9	1000 1100
47.58	16.86	9/27	18.6	69.7	246	3.3	1000 1100
		5/16	20.8	68.8	82	8.5	1000 1100
		4/13	18.2	62.9	171	7.0	1000 1100
47.40	16.68	8/28	19.1	63.7	739	2.0	1000 1100
		15/52	17.7	64.7	251	2.4	1000 1100
46.50	20.08	11/11	23.2	64.3	442	2.2	1075 1125
		6/10	16.4	62.1	347	3.6	1100 1150
47.50	19.10	5/10	13.6	66.7	716	2.9	1100 1150
		5/5	9.6	59.9	613	3.1	1100 1150
		4/4	16.2	60.7	450	4.3	1100 1150
		5/5	6.9	61.3	484	3.5	1100 1150
		6/6	15.6	62.7	471	3.1	1100 1150
		5/5	13.3	61.0	757	2.8	1100 1150
		5/10	12.9	58.6	1224	2.2	1100 1150
		6/6	17.0	59.7	730	2.5	1100 1150
		9/9	15.6	60.7	162	4.1	1100 1150
		5/15	13.0	61.8	933	2.5	1100 1150
47.63	16.74	12/71	12.4	62.9	433	2.1	1170 1200
		8/12	18.3	58.9	296	3.2	1170 1200
		10/12	20.2	59.1	222	3.2	1170 1200
47.50	19.10	8/16	14.1	58.2	1608	1.4	1160 1240
47.50	19.10	12/12	12.9	57.0	474	2.0	1242 1258
47.78	19.00	6/12	10.6	59.6	659	2.6	1240 1260
46.72	20.20	24/53	16.2	56.4	253	1.9	1280 1320
47.50	19.10	16/28	6.1	58.1	187	2.7	1340 1360
47.80	18.90	5/8	4.8	59.8	292	4.5	1375 1425
		10/15	3.4	62.2	458	2.3	1375 1425
47.23	16.63	5/10	8	61.1	1758	1.8	1390 1410
		5/9	356.4	63.4	467	3.5	1400 1420
		11/24	352.1	62.8	706	1.7	1410 1430
47.65	18.37	12/24	358.0	72.6	514	1.9	1450 1500
		4/4	354.0	66.5	151	7.5	1450 1500
47.78	19.00	8/8	5.9	67.5	374	2.9	1538 1570
		6/6	7.3	66.9	627	2.7	1538 1570
		6/8	5.0	65.5	423	3.3	1538 1570
		3/6	5.2	68.6	1848	2.9	1538 1570
46.92	19.92	11/11	16.7	67.1	430	2.2	1591 1606
47.50	19.10	11/22	6.4	71.0	794	1.6	1530 1690
		6/12	5.9	69.7	647	2.6	1530 1690
		7/14	10.9	68.3	344	3.0	1530 1690
46.80	17.43	9/17	359.6	71.4	525	2.2	1620 1680
		9/17	10.5	71.0	533	2.2	1620 1680
46.93	20.25	10/10	353.9	67.1	335	2.8	1600 1700
47.50	19.10		350.0	68.0	100000		1699 1701
			344.5	66.3	100000		1779 1781
			347.7	63.5	100000		1849 1851
			350.7	62.7	100000		1874 1876
			352.9	62.3	100000		1899 1901
			359.6	63.6	100000		1949 1951
			1.6	64.0	100000		1989 1991

1. táblázat. Budapestre redukált archeomágneses irányadatok Magyarországon (1995. májusi állapot) és hét kiválasztott közvetlen megfigyelési adat (a táblázat végén)

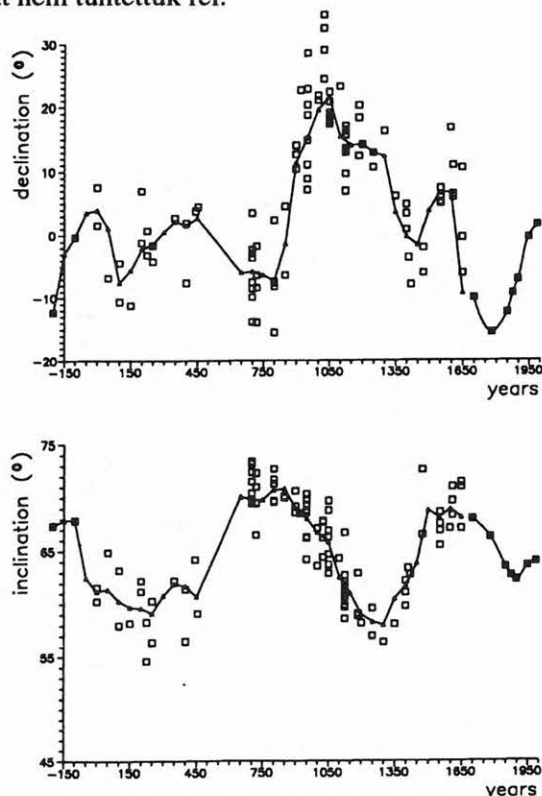
Magyarázat:  $(\varphi, \lambda)$ —a mintavételi hely közelítő földrajzi koordinátái;  $N/n$ —függetlenül orientált minták száma/magnetométeres, azaz mért minták száma;  $D(^{\circ})$ —az archeomágneses irány deklinációja;  $I(^{\circ})$ —az archeomágneses irány inklinációja;  $k, \alpha_{95}(^{\circ})$ —pontosság, illetve 95%-os konfidenciasugár [FISHER 1953]; Age range—régészetiileg becsült kor alsó, illetve felső határa években

Table 1. Archaeomagnetic directional data reduced to Budapest (present state) and seven additional directions from direct measurements (at the end of Table 1)

Explanations:  $\varphi, \lambda$ —approximate geographical coordinates of the sampling site;  $N/n$ —number of independently oriented samples/number of measured specimens;  $D(^{\circ})$ —mean archaeomagnetic declination;  $I(^{\circ})$ —mean archaeomagnetic inclination;  $k, \alpha_{95}(^{\circ})$ —FISHER [1953] precision parameter, resp. radius of confidence at 95% level; Age range—lower and upper limit of archaeologically estimated age.

Remark: The computation of the mean archaeomagnetic directions and statistical parameters was based on the number of samples ( $N$ )

Az 1. táblázat adatait az 1. ábra mutatja, amelyen a jobb áttekinthetőség kedvéért sem az időbeli bizonytalanságokat, sem a konfidencia-intervallumokat nem tüntettük fel.



1. ábra. Az 1. táblázat archeomágneses (–200)—1650 között) és közvetlen megfigyelési (1700—1990 között) adatait az idő függvényében (nagy négyzetek). A közvetlen megfigyelési adatokat sima folytonos vonal köti össze. A kis, egymással összekötött háromszögek az archeomágneses irányadatok súlyozott átlagai. (Az átlagolás módjára nézze a 2. táblázat magyarázatára utalunk)

Fig. 1. Graphical display of the data in Table 1 (big squares). Data from direct observations (1700—1990) are joined by a continuous line. Small triangles (also joined) are weighted averages of archaeomagnetic directional data as explained at Table 2

n	D	I	k	$\alpha_{95}$	Age
1	-12.3	67.4	188	4.9	-200
2	-3.0	67.9	146		-150
1	-3	67.9	645	3.6	-100
3	3.6	62.5	395	6.2	-50
3	4.0	61.2	1046	3.8	0
5	1.1	61.4	464	3.6	50
6	-7.6	60.3	504	3.0	100
7	-5.6	59.7	419	3.0	150
7	-2.2	59.6	482	2.8	200
6	-1.5	59.1	675	2.6	250
7	.5	60.8	804	2.1	300
4	2.1	61.9	1842	2.1	350
4	1.5	61.7	835	3.2	400
4	2.7	60.7	587	3.8	450
12	-6.0	70.1	702	1.6	650
17	-5.8	69.8	660	1.4	700
17	-6.4	69.8	613	1.4	750
22	-7.4	70.7	623	1.2	800
11	-1.4	70.8	384	2.3	850
21	11.3	69.0	490	1.4	900
14	15.2	68.0	662	1.5	950
26	19.5	66.7	592	1.2	1000
16	21.6	65.8	1071	1.1	1050
22	15.3	62.5	533	1.3	1100
16	14.0	61.0	800	1.3	1150
6	14.2	59.0	1283	1.9	1200
4	12.9	58.3	2555	1.8	1250
4	12.3	58.0	1098	2.8	1300
5	3.6	60.5	704	2.9	1350
6	-3	61.7	1069	2.1	1400
7	-1.6	63.8	288	3.6	1450
9	3.8	68.8	853	1.8	1500
8	6.6	68.1	1920	1.3	1550
11	6.7	68.9	1058	1.4	1600
8	-9.3	68.1	2850	1.0	1650

2. táblázat. Az archeomágneses irányok súlyozott átlagai 50 évenként az idő függvényében

Magyarázat: Az átlagolás 100 év hosszúságú, egymást 50%-kal átfedő ablakokban történt kombinált súlyozással. A súlyok egyrészt a  $k$  pontosság, másrészt  $\exp[-r\pi/2]^2$ , ahol  $r$  az adat korintervallumának középpontja és az ablak középpontjának távolsága osztva az ablak hosszának felével.  $n$ —az átlagolásban szereplő adatok száma;  $D(^{\circ})$ ,  $I(^{\circ})$ ,  $k$  és  $\alpha_{95}(^{\circ})$ — mint az 1. táblázatban; Age—az átlagoló ablak középpontja években

Table 2. Weighted averages of archaeomagnetic directions from Hungary

Explanations: The averages were computed in overlapping windows of 100 year length. The increment between successive windows was 50 years. Each feature was weighted by its precision parameter ( $k$ ) and by  $\exp[-r\pi/2]^2$ , where  $r$  is the distance in time between the centre points of the feature's age range and that of the window divided by half of the length of the window.  $n$ —number of features averaged;  $D(^{\circ})$ ,  $I(^{\circ})$ ,  $k$  and  $\alpha_{95}(^{\circ})$ —as in Table 1; Age—Centre of window in years

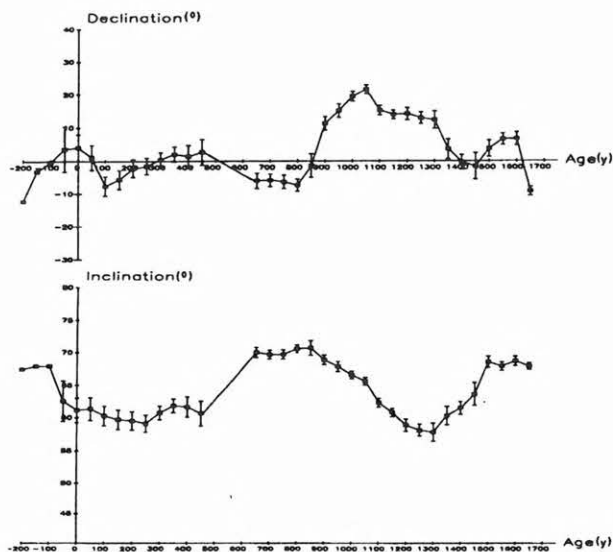
láthatók. (Az áttekinthetőség kedvéért az adatok konfidencia- és korintervallumait a 3. ábrán sem tüntettük fel.) Elvégezve az adatok súlyozott átlagolását, amelynek paraméterei ugyanazok voltak, mint a hazai adatok esetében, a 3. ábrán időben a -80-tól 1830-ig húzódó meneteket kapjuk. Az 1680-ban kezdődő folytonos szakaszok közvetlen megfigyelési adatokból készültek. Az 1. és 3. ábra anyagainak összevetésével jól látható, hogy az évszázados irányváltozás fő trendjei ebben a felbontásban mindkét területen azonosak. Az archeomágneses változások mind a deklinációban, mind az inklinációban kb. azonos nagyságúak és nagyjából fázisban is vannak, eltekintve az inklinációtól, amelynek középkori minimuma és azt követő felszálló ága Magyarországon mintegy 100 évvel siet a franciaországihoz képest. A deklinációkban az adott felbontás mellett nincs jelentős fáziskülönbség, viszont a korai és késői középkor

Az archeomágneses adatokban rejlő közös vonásnak, a földmágneses irány évszázados változásának kiemelésére simító szűrés alkalmazható, amelynek megvalósítása többféle — általában súlyozott — átlagolással történhet [pl. STERNBERG 1989]. Az irányokat adott hosszúságú időablakban ( $w$ ) átlagoljuk, majd meghatározott hosszúságú idővel ( $s$ ) továbblépünk a következő ablakra, amely a megelőzőhöz csatlakozik ( $s = w$ ), de részlegesen fedésben is lehet vele ( $s/w < 1$ ). Utóbbi esetben viszont az egymás után következő átlagok nem lesznek teljesen függetlenek egymástól. Ami a súlyokat illeti, a  $k$ -val való súlyozás a nagyobb pontosságú (kisebb szórású) adatokat részesíti előnyben, míg az időbeli pontatlanságról olyan súlyozás adhat számot, amelyben a súlyok pl. arányosak az ún. részleges fedéssel, amely az irány korintervallumának ablakot fedő része osztva magával a korintervallummal. Az itt alkalmazott ún. Gauss-féle súlyozásban a súlyokat az  $\exp[-(r\pi/2)^2]$  függvény értékei szolgáltatják, ahol  $r$  a súlyozandó irány korintervallumának középső pontja és az ablak középső pontja közti időbeli távolság osztva az ablak időbeli hosszának felével. Elegendően sima változást, de még megfelelő felbontást kitűzve, több próbálkozás után bizonyos fokig szubjektíven döntöttünk a Gauss-féle és a  $k$ -val történő kombinált súlyozás mellett.  $w = 100$  éves ablak-hosszat választva az  $s = 100$  év (független átlagok) és az  $s = 50$  év (50%-os fedés) lépésköz lényegében azonos eredményt szolgáltatott. A 2. táblázat az utóbbi esetben kapott adatokat tartalmazza.

A 2. táblázatban bármely  $t$  (év) időre vonatkozó adat a szomszédos ablakok 50%-os fedése miatt ( $s = w/2$ ) bizonyos mértékig függ a közvetlen szomszédjától, de teljesen független a tőle  $\geq 100$  évhez tartozó adatoktól. A 2. táblázat adatait grafikusan a 2. ábra közvetíti. A deklináció és inklináció értékeit a  $dD = \alpha_{95}/\cos I$ , illetve a  $dI = \alpha_{95}$  félszélességű, 95% szintű konfidencia-intervallumokkal együtt tüntettük fel az idő függvényében. Ugyanezeket a deklináció és inklináció meneteket, az illeszkedés bemutatása végett, az adatokat tartalmazó 1. ábrán is megrajzoltuk.

Mai ismereteink szerint az 1. ábra folytonos vonallal meghúzott görbéit tekinthetjük a hazai, többekévesbé simított földmágneses irányváltozás modelljeként. Az 1700-tól napjainkig tartó szakaszok ebben a felbontásban hibamentesek, a megelőző (-200) évtől 1650-ig terjedő — menetek megbízhatóságáról pedig a 2. ábrán feltüntetett konfidencia-intervallumok adnak tájékoztatást. Látható, hogy az elmúlt, mintegy 2000 évben a földmágneses irány mindkét komponense a meghatározási hibákat jelentősen meghaladó mértékben változott az idő függvényében. A deklináció (-15°) és  $\geq 20$ –25° között, az inklináció pedig 55 és 70° (75°) között variált. Az inklináció variációja majdnem monokromatikus volt, közel 900 éves periódussal, a deklinációban viszont emellett hosszabb és rövidebb periódusok is látszanak [MÁRTON 1995].

Kontinentális Európában a hazaival kb. azonos mennyiségű archeomágneses irányadat csak Franciaországból ismert [BUCUR 1994]. Ezek a 3. ábrán



2. ábra. A második táblázat adatai az idő függvényében 95%-os konfidencia-intervallumokkal.  $dD = \alpha_{95}/\cos I$ ,  $dI = \alpha_{95}$  a deklináció, illetve az inklináció 95%-os szintű konfidencia-intervallumának fele, ahol  $I$  az adott irány inklinációja

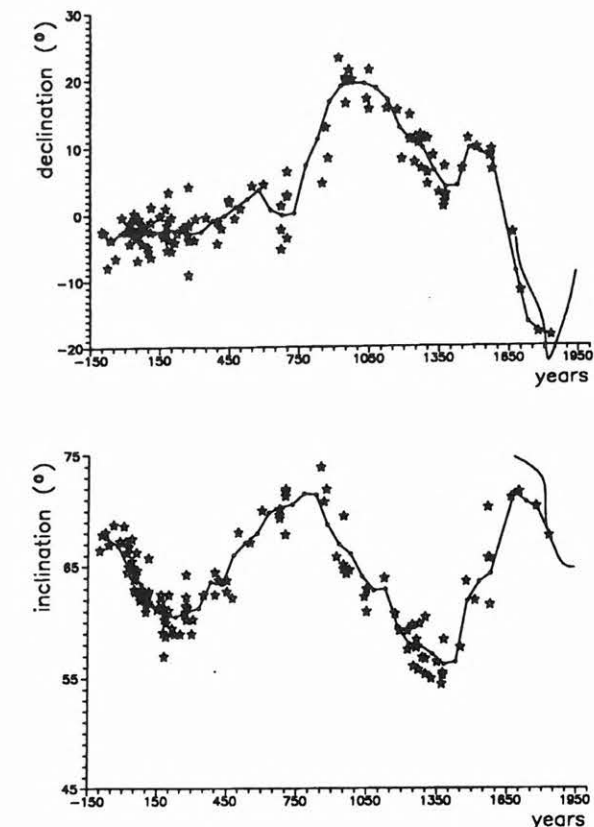
Fig. 2. Graphical display of the data in Table 2 with 95% confidence intervals. The half lengths of the 95% confidence interval for the declination and inclination are given by  $dD = \alpha_{95}/\cos I$ , resp.  $dI = \alpha_{95}$ , where  $I$  is the inclination

ri deklinációminimum Magyarországon kifejezettebben jelentkezik, mint Franciaországban.

Az archeomágnesség révén adatokat nyertünk a földmágneses tér múltbeli irányváltozásaira, mintegy 2000 évig visszamenőleg. Ezzel megteremtettük az ún. archeomágneses keltezés helyi alkalmazhatóságának alapjait olyan ismeretlen korú égett agyagobjektumokra, amelyek utolsó (kiégés utáni) lehűlése valamikor, a történelmi korok folyamán következett be. Az objektum archeomágneses irányának meghatározása után megkereshető az a kor (korintervallum), — ez lesz az objektum kora — amelyben a mért archeomágneses irány legjobban illeszkedik a földi mágneses tér irányához. Az évszázados irányváltozás jelenlegi ismerségi foka mellett az illesztést az 1. ábra teljes adatrendszerének figyelembevételével célszerű elvégezni.

## HIVATKOZÁSOK

BUCUR I. 1994: The direction of the terrestrial magnetic field in France, during the last 21 centuries. Recent progress. *Phys. Earth Planet. Inter.* **87**, 95–109



3. ábra. A Párizsra redukált franciaországi [BUCUR 1994] archeomágneses irányadatok (-100)—1830 között (nagyobb csillagok) és a közvetlen megfigyelésekből előállított évszázados változási görbe (1680-tól) az idő függvényében. A kis, egymással összekötött csillagok az archeomágneses irányadatok átlagai. (Az átlagolás módjára nézve a 2. táblázat magyarázatára utalunk)

Fig. 3. Archaeomagnetic directional data from France [BUCUR 1994] for the period (-100)—1830 years (large stars) and the directional secular variation from direct observations from 1680 years (continuous line). Starlets (also joined) are weighted averages of archaeomagnetic directional data obtained as explained at Table 2

FISHER R. A. 1953: Dispersion on a sphere. *Proc. R. Soc. London, Ser. A.* **217**, 295–305

MÁRTON P. 1990: Archaeometric Directional Data from Hungary: Some New Results. *In: PERNICKA E. and WAGNER G. (Eds.) Archaeometry '90.* 569–576, Birkhäuser Verlag, Basel

MÁRTON P. 1995: Archaeomagnetic directions: the Hungarian calibration curve. *Spec. Publ. Geol. Soc. London* (megjelenőben)

STERNBERG R. S. 1989: Secular Variation of Archaeomagnetic Direction in the American Southwest, A. D. 750–1425, *J. Geophys. Res.* **94**, B1, 527–546