

Miért csíkos a zebra, és mi a haszna a tehenek tarkafoltosságának?



Horváth Gábor

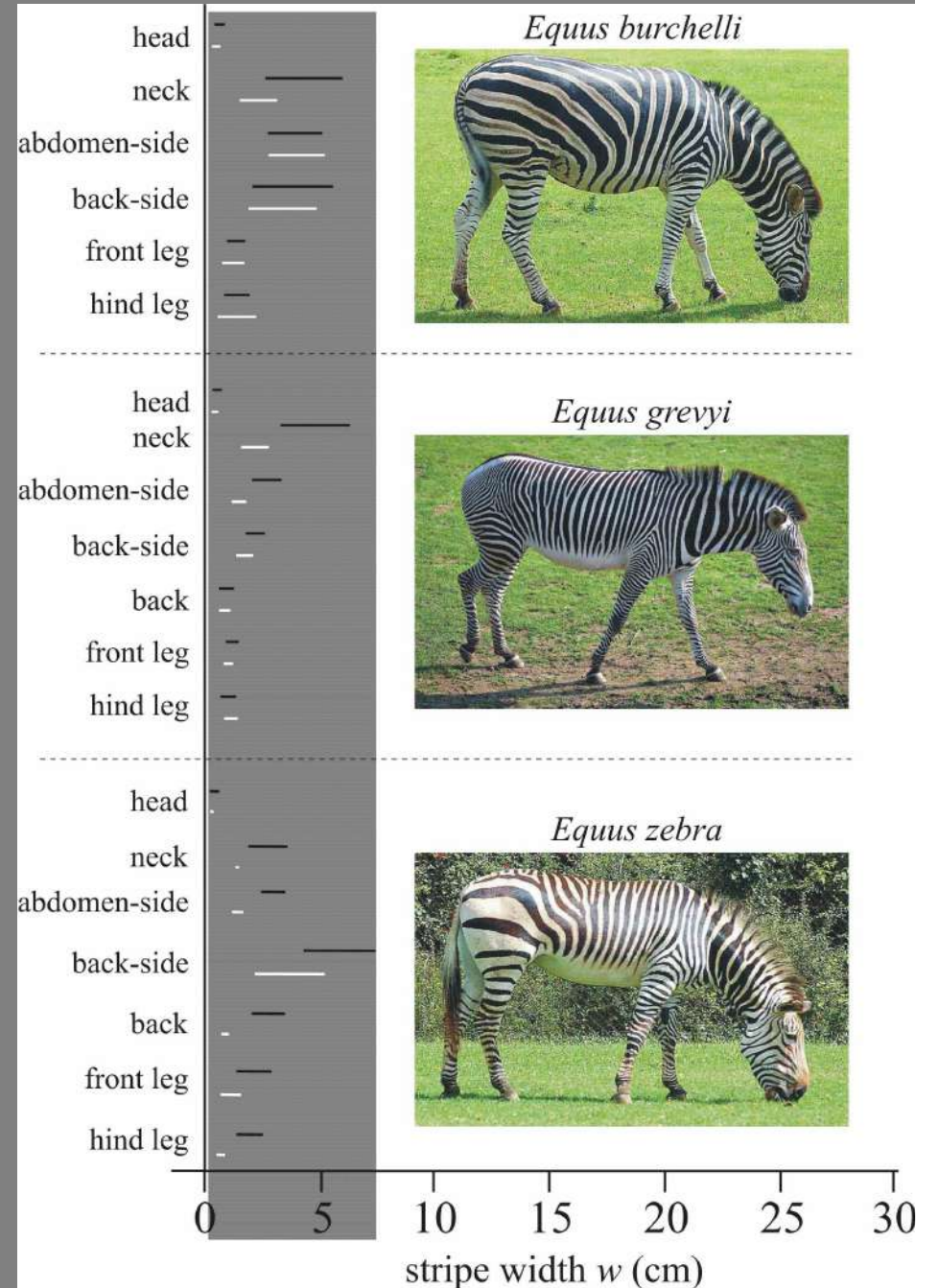
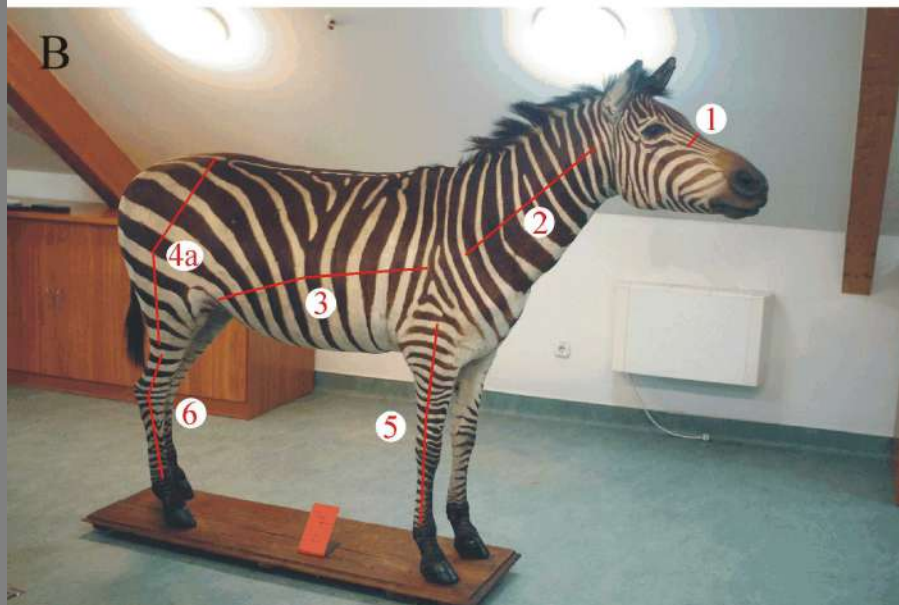
Környezetoptika Laboratórium, Biológiai Fizika Tanszék,
Fizikai Intézet, ELTE, Budapest

A zebracsíkok feltételezett funkciói

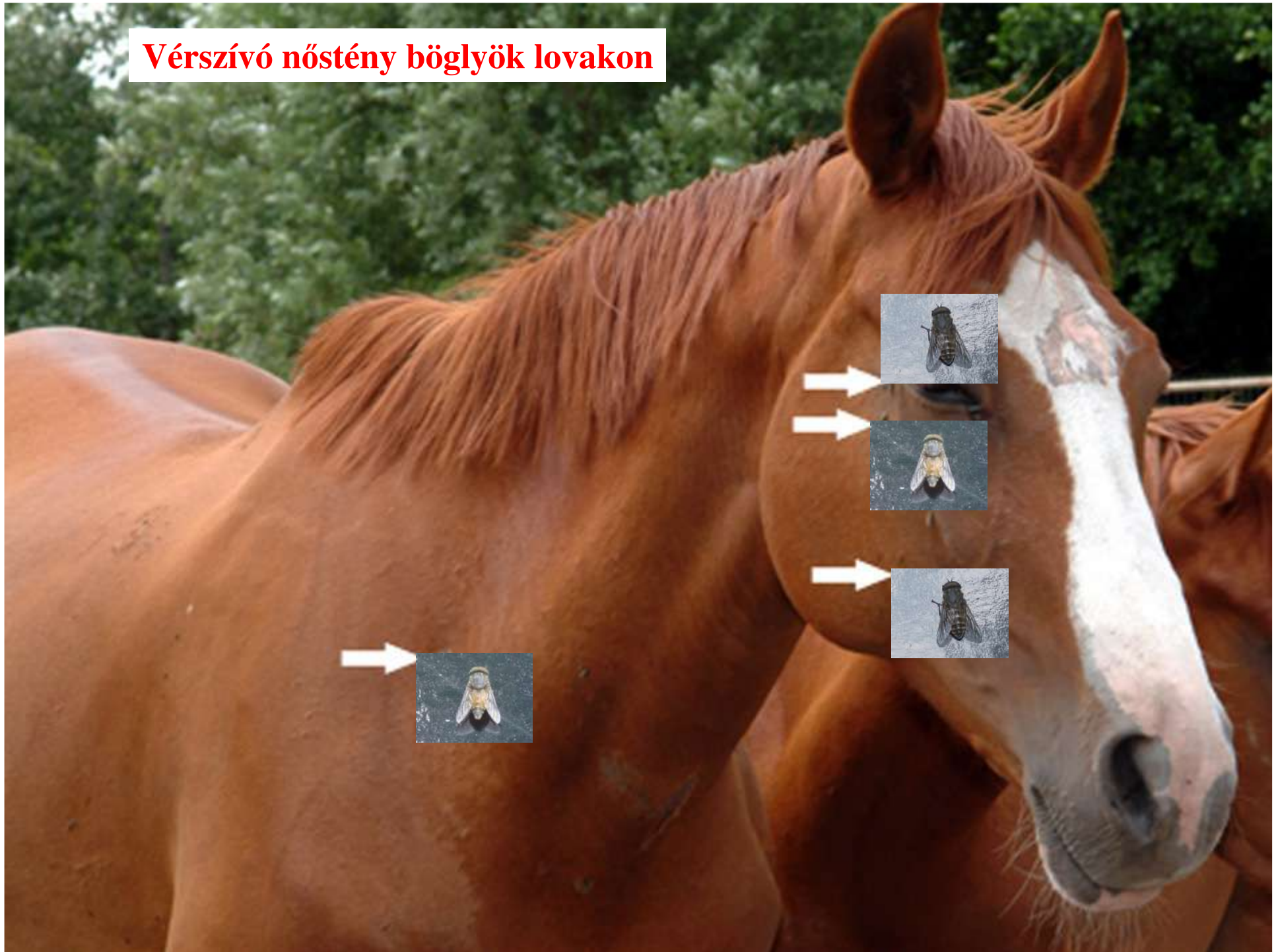
- (1) Látszólagos méretnövekedés (Cott 1966, Cloudsley-Thompson 1984, Vaughan 1986, Morris 1990)
- (2) Gyér fénybeli csökkent láthatóság (Galton 1851, Kipling 1908, Cott 1966, Cloudsley-Thompson 1984, McLeod 1987, Morris 1990)
- (3) Ragadozók mozgó csíkok általi elkápráztatása (Cott 1957, Kruuk 1972, Eltringham 1979, Morris 1990)
- (4) Optikai rejtőzés (Wallace 1867, 1879; Darwin 1871, Thayer 1909, Marler & Hamilton 1968)
- (5) Szociális hasznok az egyedi csíkmintázat miatt (Cloudsley-Thompson 1984, Kingdon 1984, Becker & Ginsberg 1990, Morris 1990, Prothero & Schoch 2003)
- (6) Álomkórt terjesztő cecelegyek elleni vizuális védelem (Harris 1930, Vale 1974, Waage 1981, Jordan 1986, Foil 1989, Estes 1992, Gibson 1992)
- (7) Rátermettség vizuális jelzése (Ruxton 2002)
- (8) Hőszabályozás (Cloudsley-Thompson 1984, Kingdon 1984, Morris 1990, Louw 1993)
- (9) A súlyos betegségek kórokozóit vérszívásukkal terjesztő böglyök elleni védelem (G. Horváth *et al.* 2011, az egyetlen, kísérletileg bizonyított magyarázat)

Zebracsíkok mérése

A zebrák csíkszélességének testfelületi eloszlása



Vérszívó nőstény boglyók lovakon



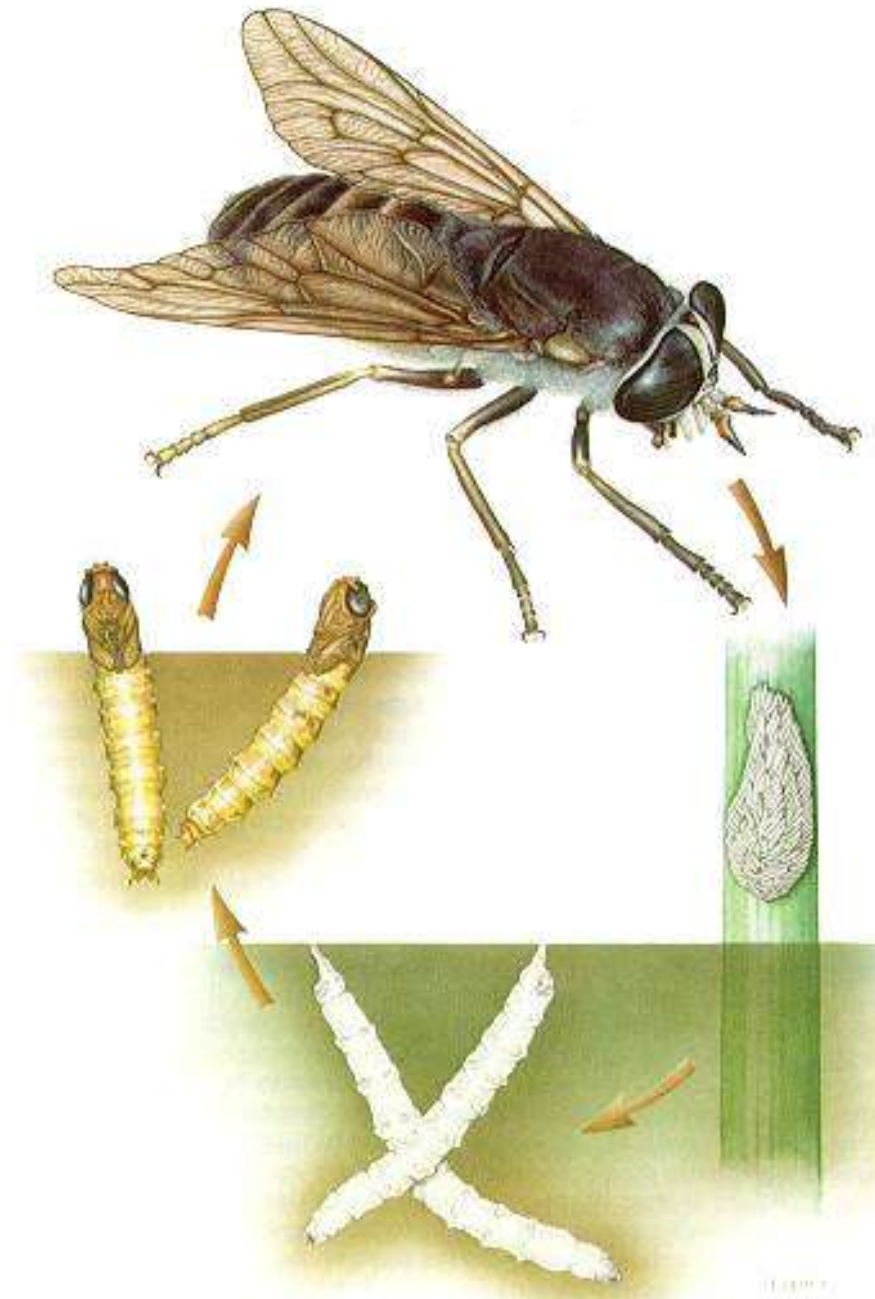
Lovak tipikus
reakciói a böglyök
támadásaival
szemben



Egy bögöly (legalul) vérszívásakor legyek csoportosulnak köréje, hogy ők is lakmározhassanak a kicsorduló vércseppből.



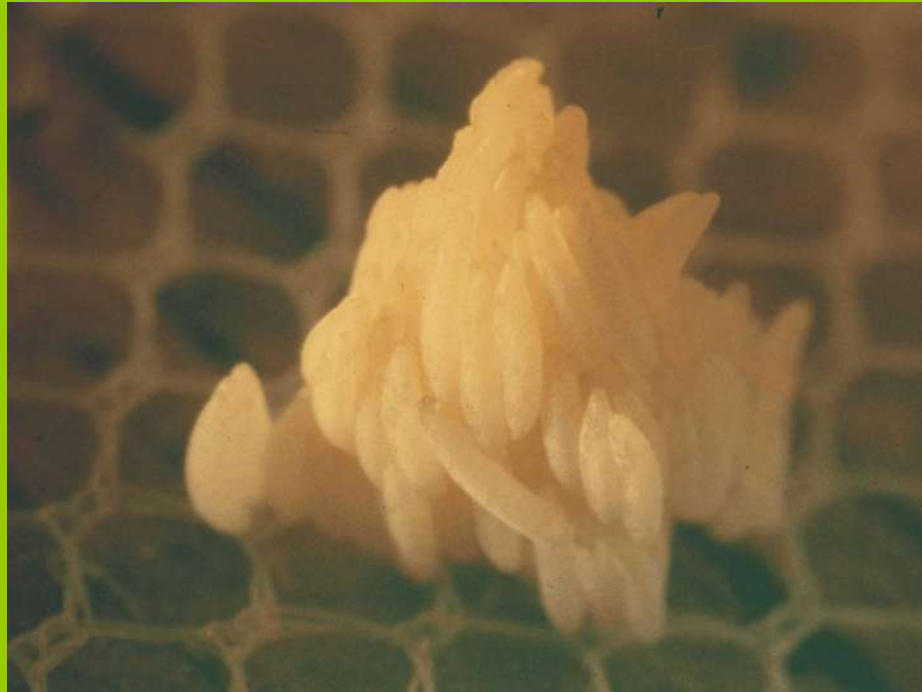
A böglyök vízhez kötődő életciklusa



Bögöly petecsomója vízfelszín fölé hajló békabuzogány levelének fonákján.



Böglyök petecsomója, lárvája és kifejlett egyedei



Vízfelszín ember általi vizuális érzékelése



sailing boat



beach boy



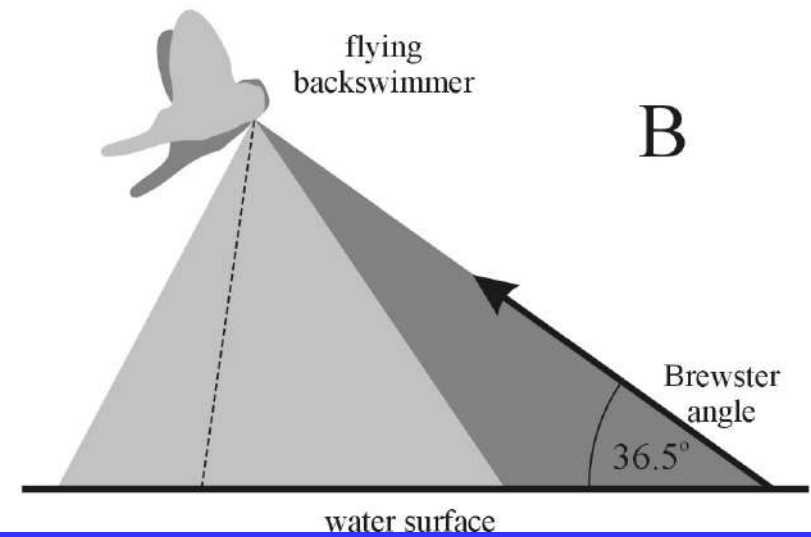
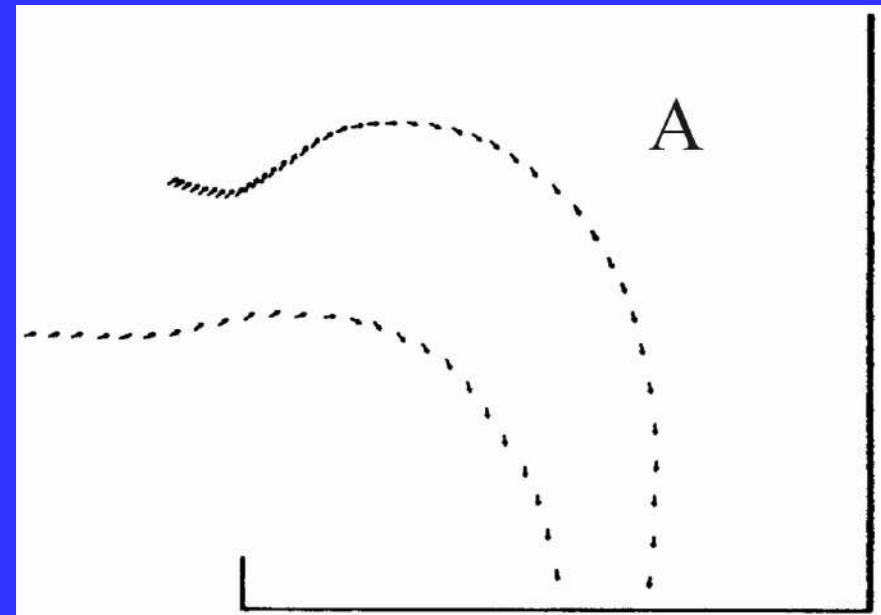
beach girl

rippling



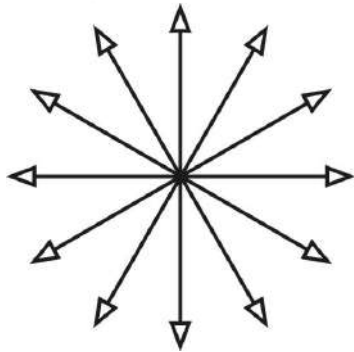
reeds

A vízirovarok polarotaktikus vízdetekciója

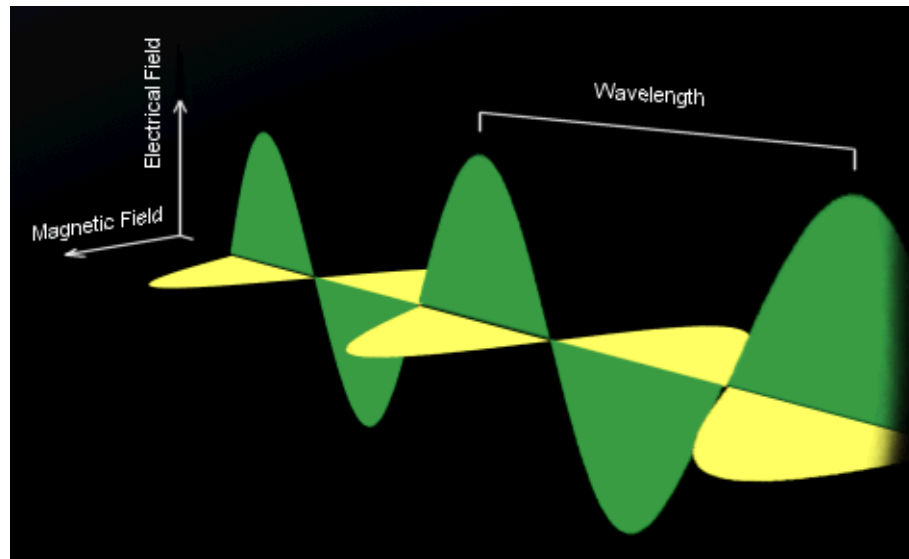
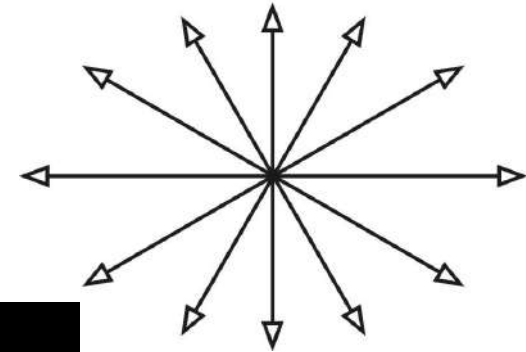


A fény polarizációja

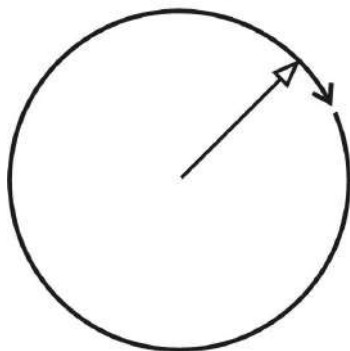
polarizálatlan



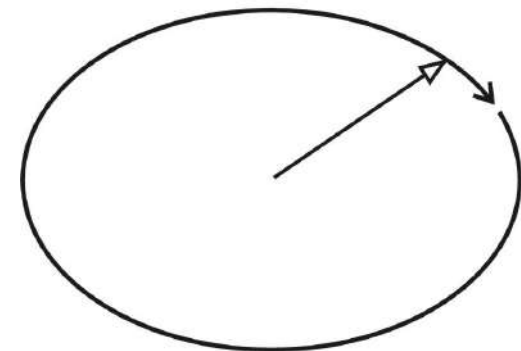
részlegesen lineárisan poláros



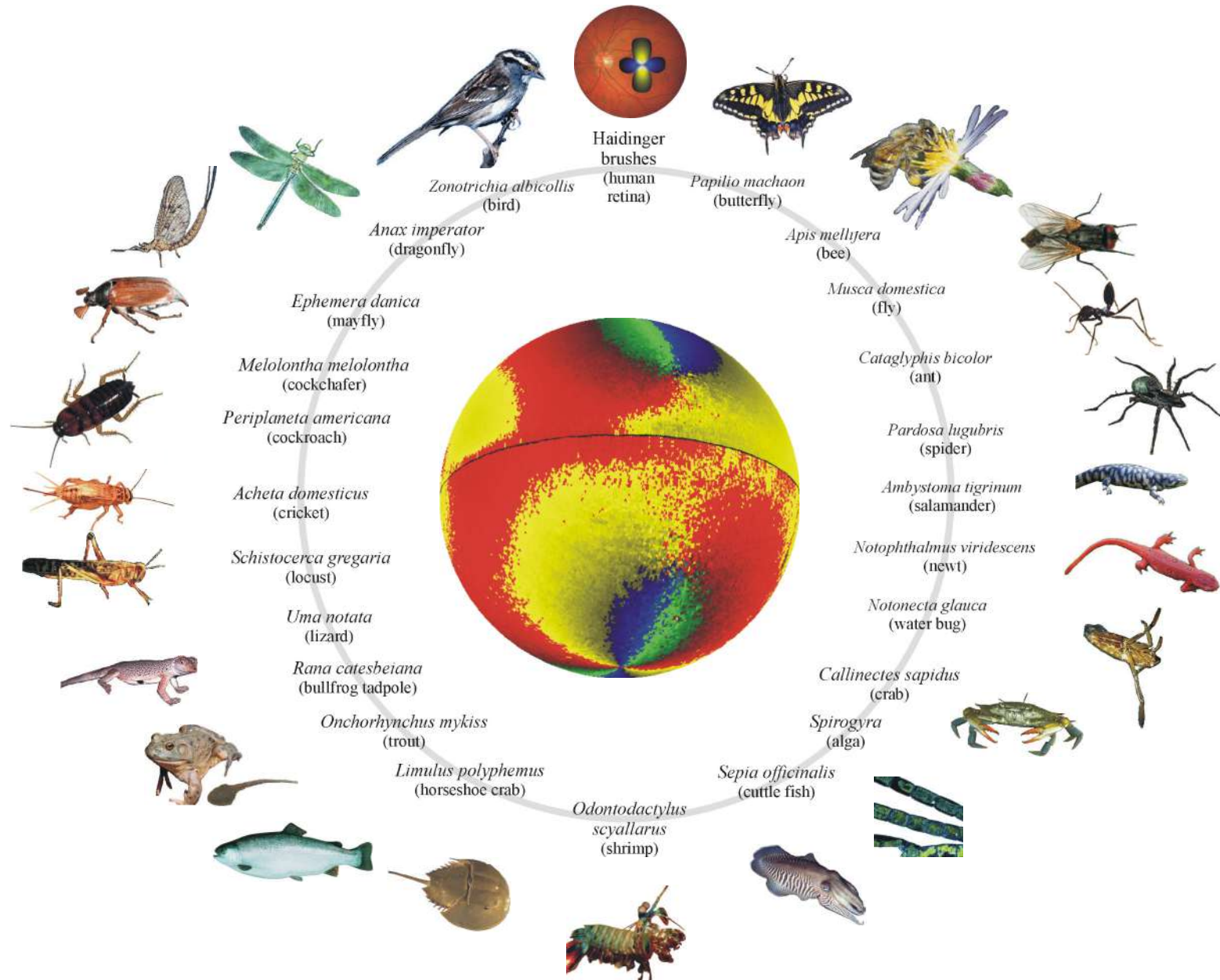
cirkulárisan poláros



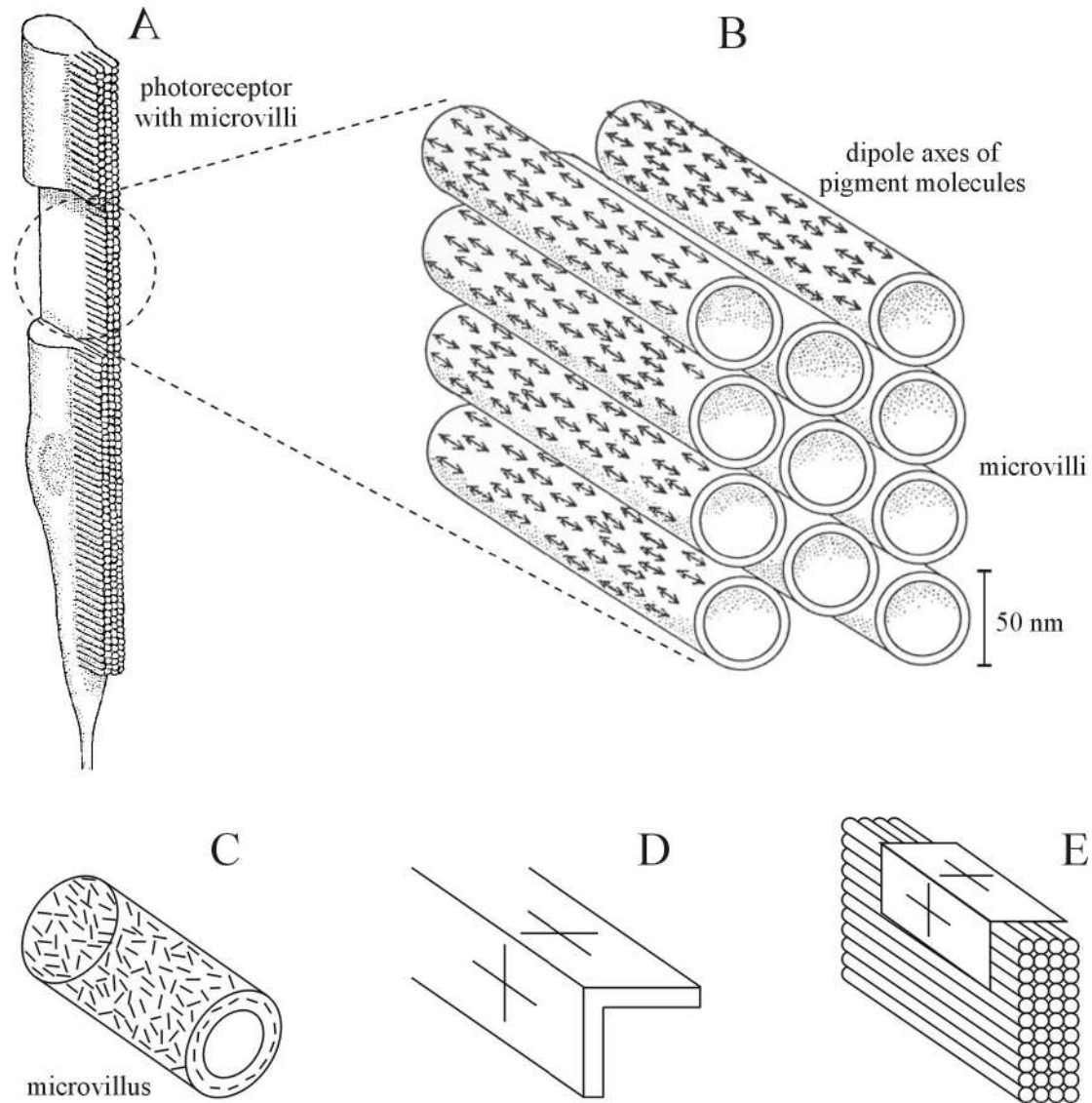
elliptikusan poláros



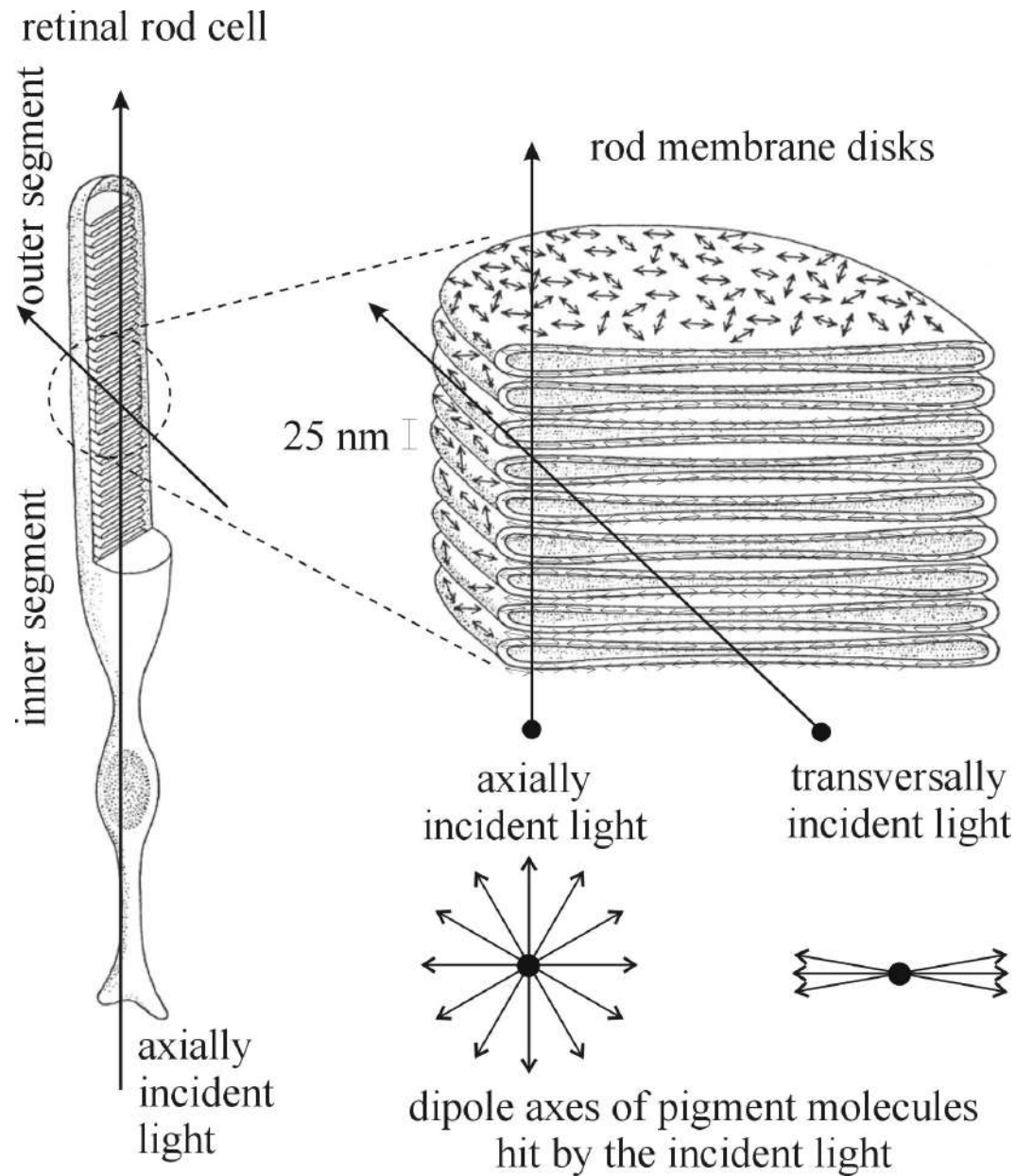
Polarizációlátású állatok



Miért érzékenyek a fénypolarizációra az ízeltlábúak fotoreceptorai?



Miért érzéketlenek a fénypolarizációra az emlősök fotoreceptorai?

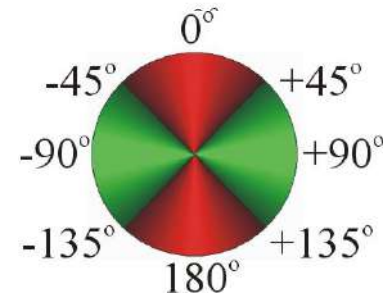
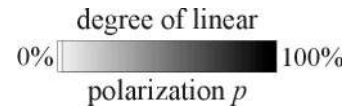


Sötét víztest polarizációs mintázatai



colour video picture

A



B radiance I

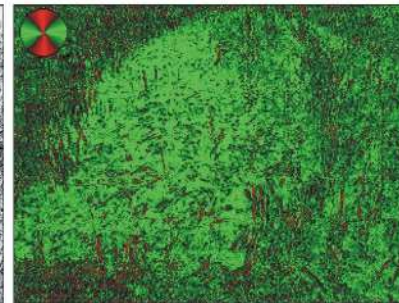


red (650 nm)

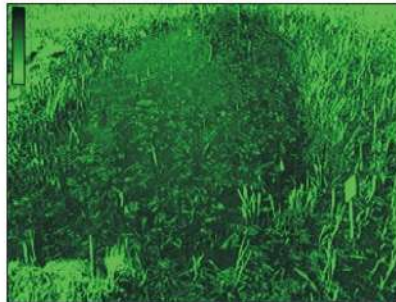
C degree of linear polarization p



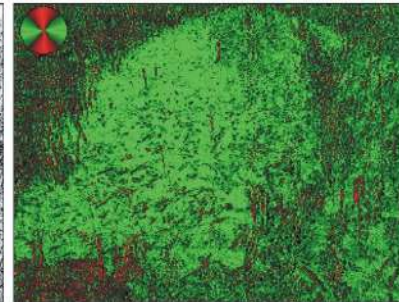
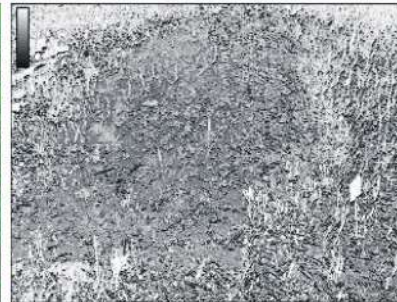
D angle of polarization α measured from the vertical



1



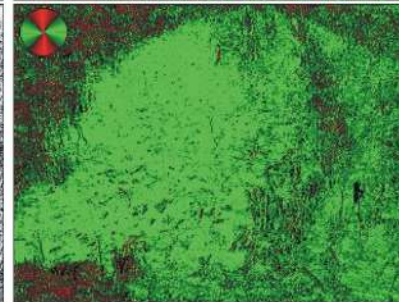
green (550 nm)



2



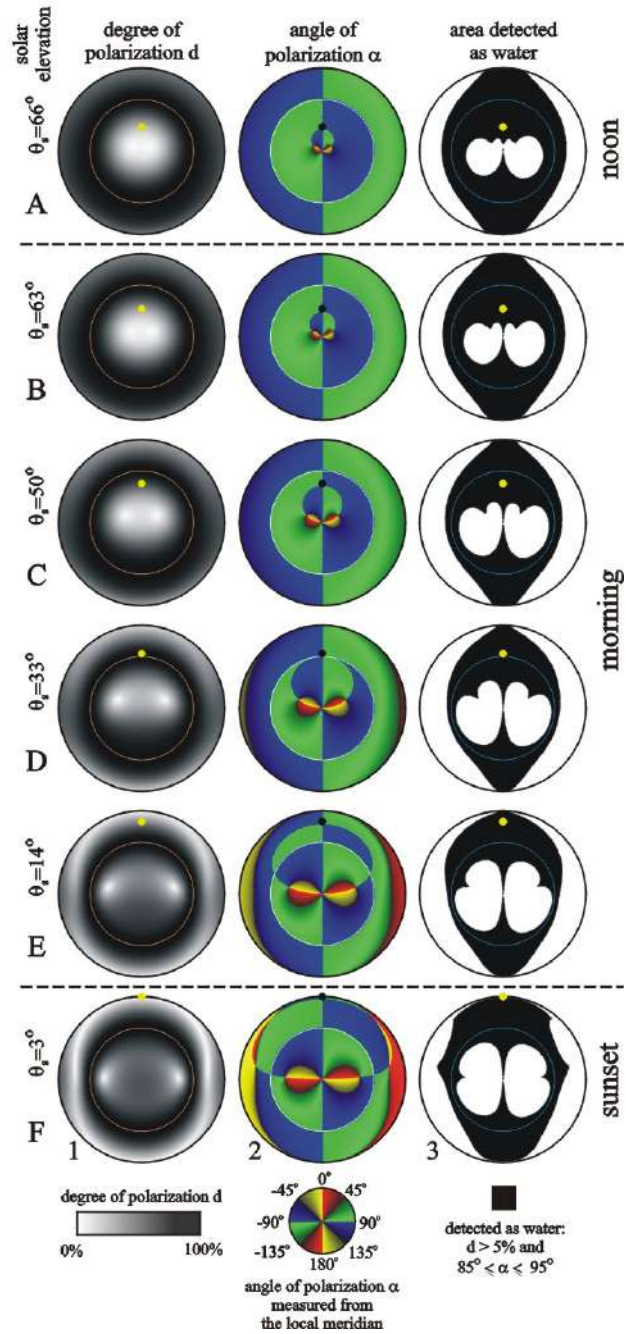
blue (450 nm)



3

perfectly black reflector under clear Rayleigh skies

Fekete vizek polarizációs mintázatai



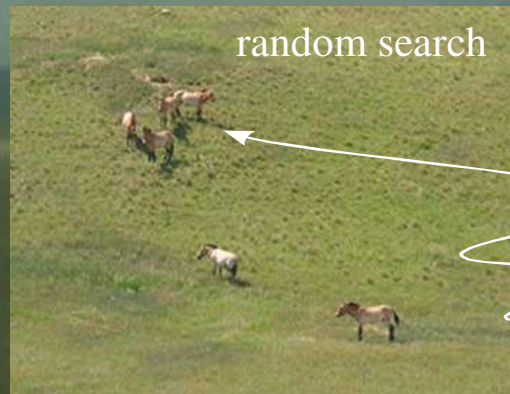
A böglyök pozitív polarotaxisának fölfedezése egy temetőben



Vízszintes sima fekete tesztfelületre leszálló polarotaktikus böglyök



A böglyök polarotaxisának szerepe a gazdaállatok megtalálásában



direct water detection by
polarization remote sensing



host-seeking
female tabanid fly

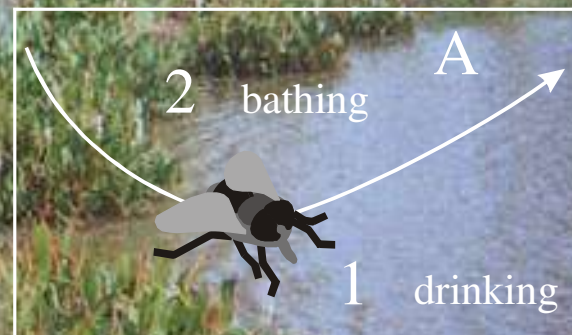
A nőstény és hím böglyök polarotaxisának funkciói



3 blood sucking



B



A



5 egg laying

E



F



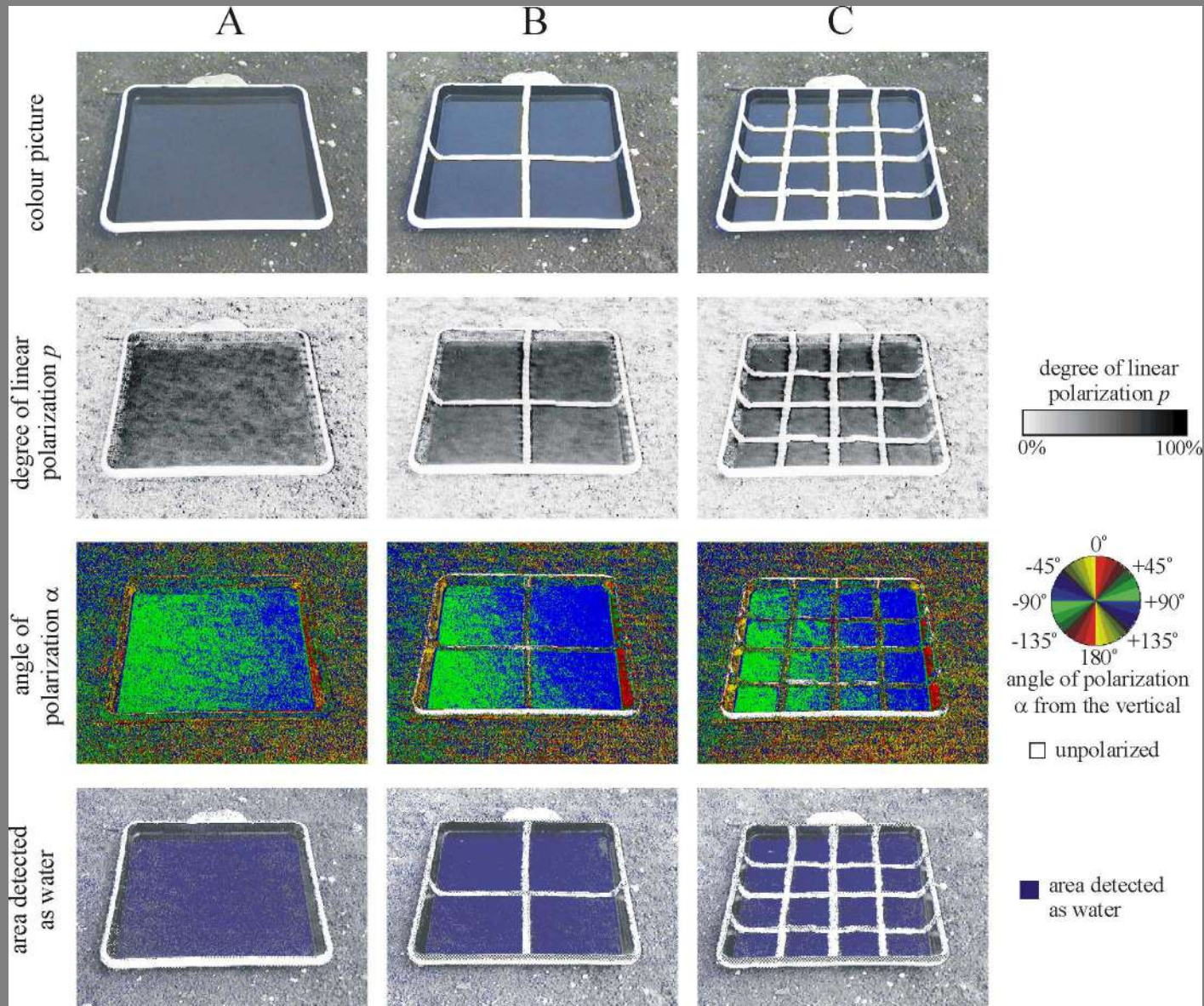
D

4 mating

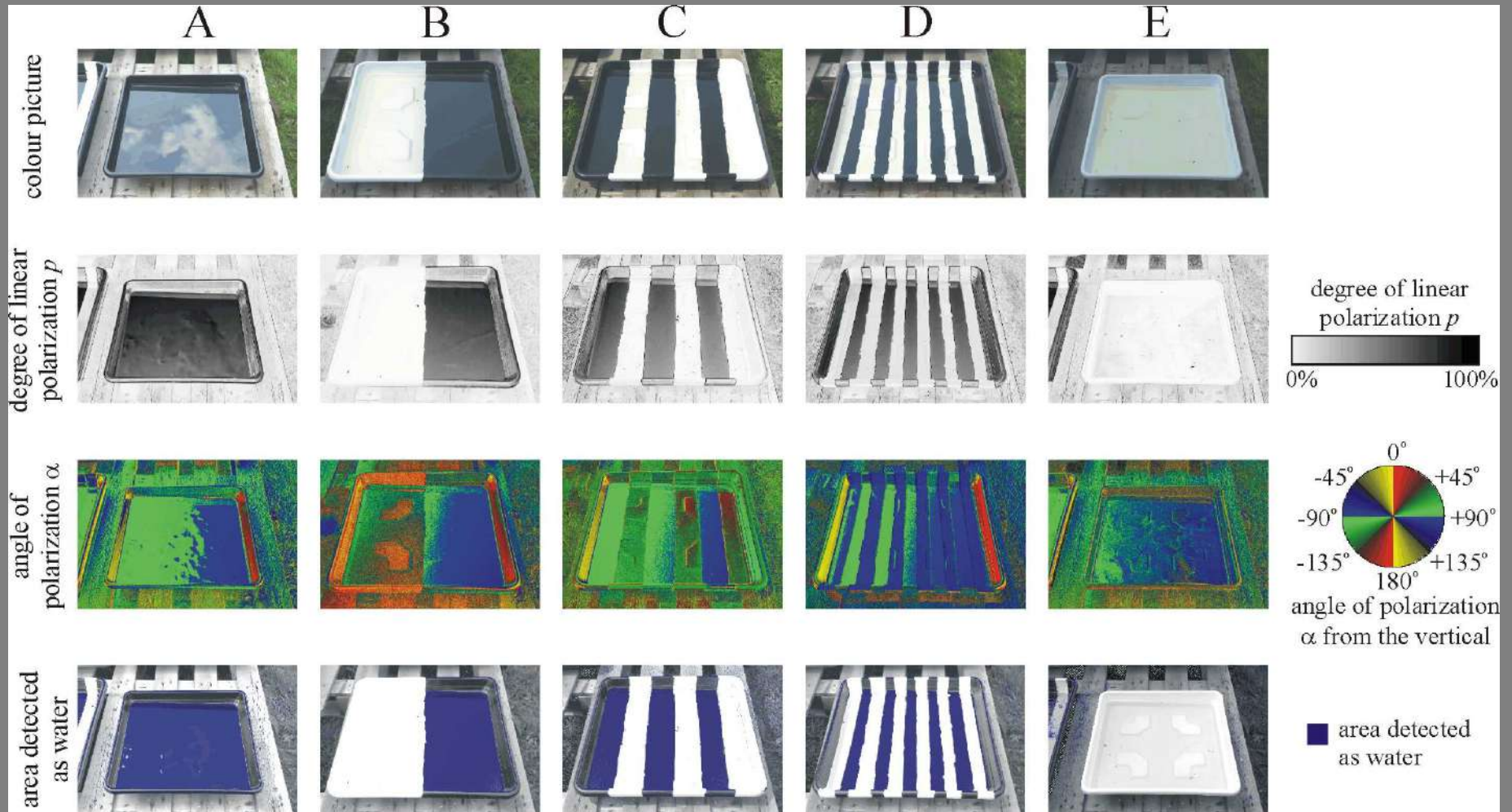


G

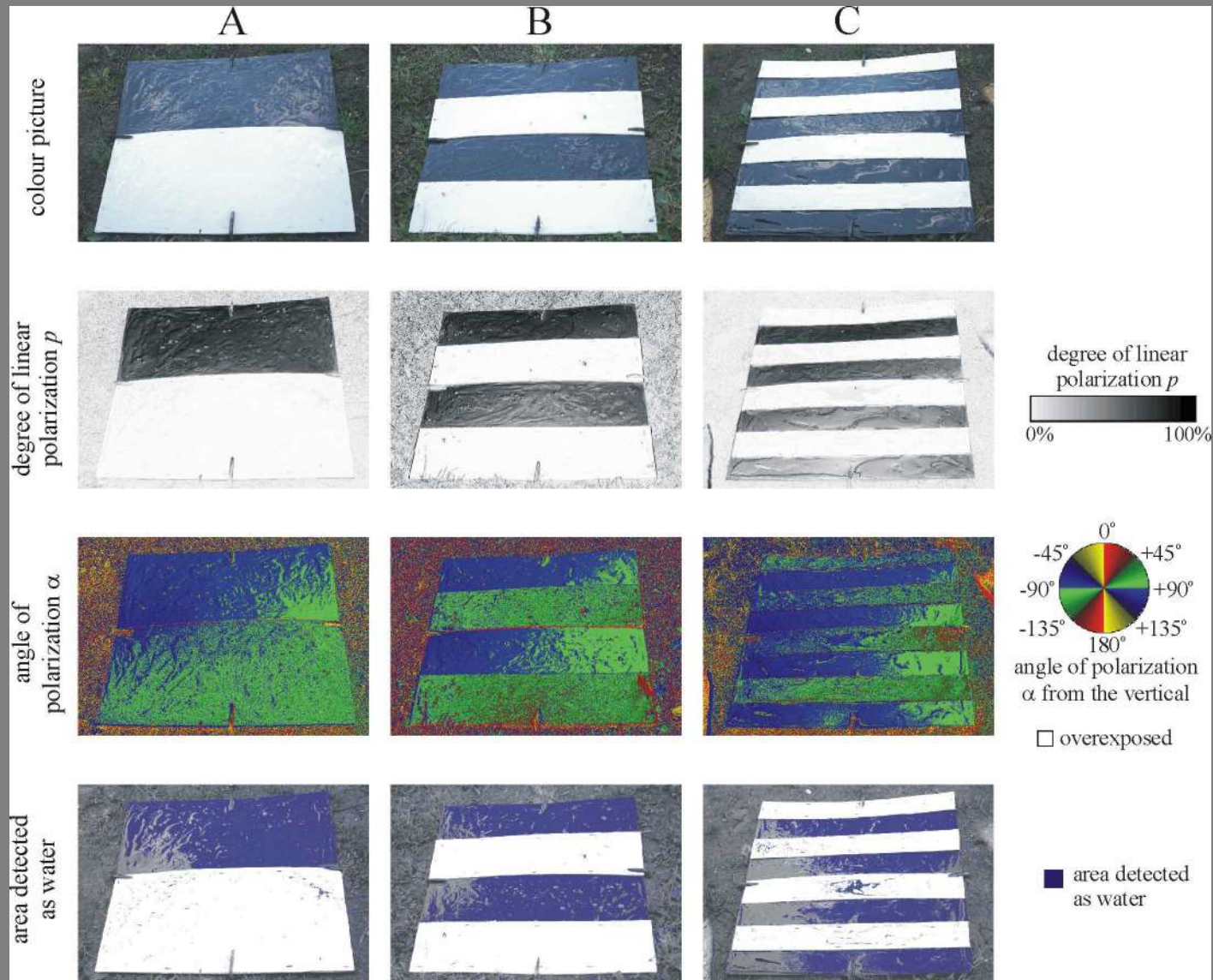
Az 1. kísérlet fehér-rácsos fekete olajtálcáinak polarizációs mintázatai



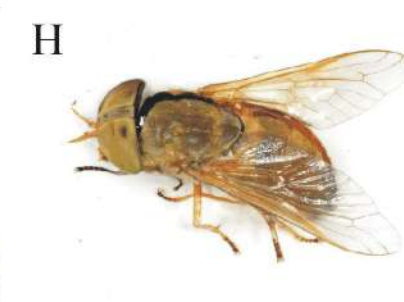
A 2. kísérlet fekete-fehér csíkos olajtálcáinak polarizációs mintázatai



A 3. kísérlet fekete-fehér csíkos ragadós tesztfelületeinek polarizációs mintázatai



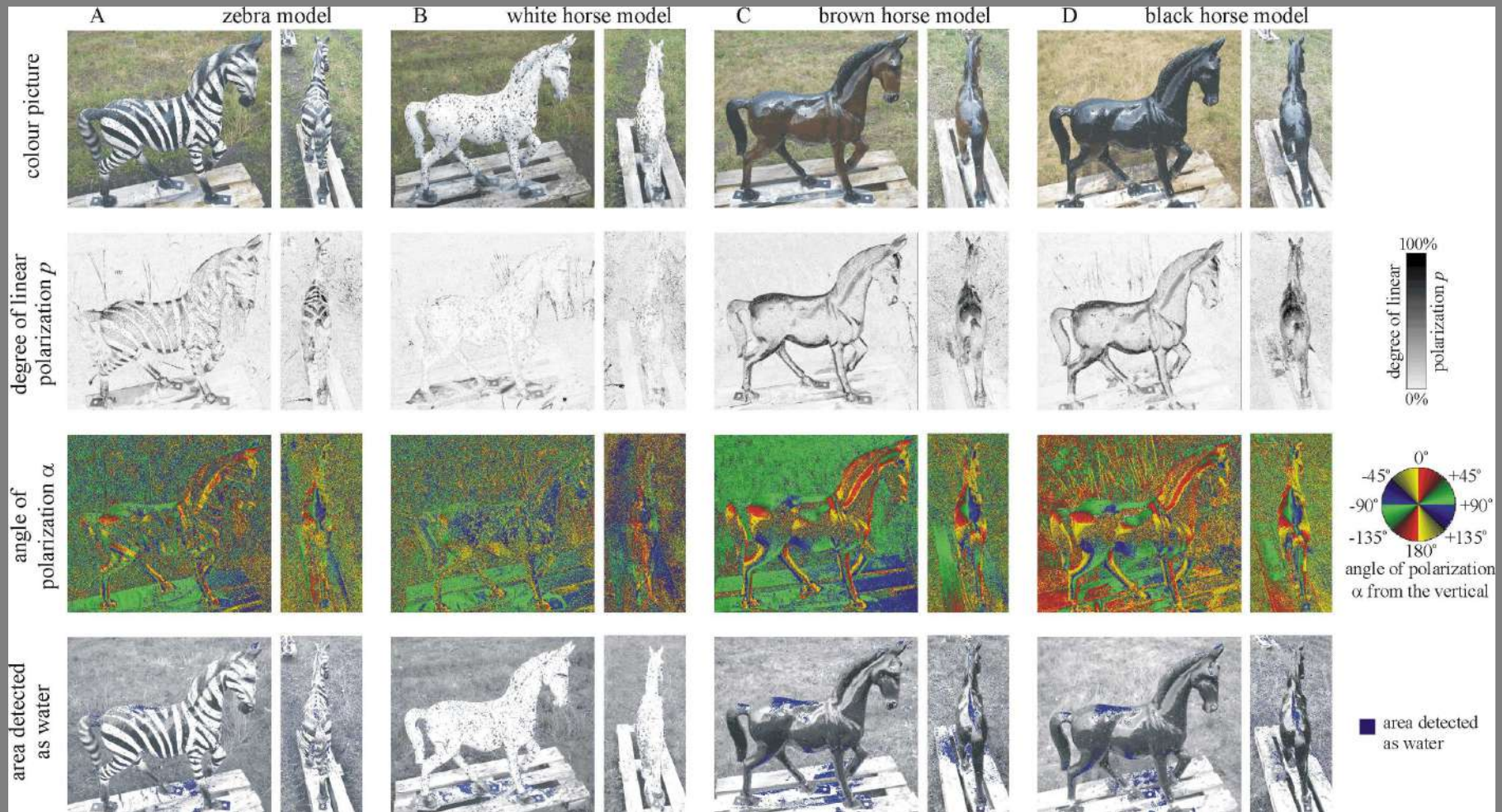
A 3. kísérlet fekete-fehér csíkos tesztfelületeibe ragadt böglyök



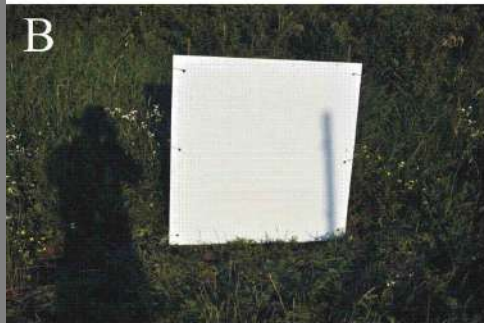
4. kísérlet ragadós lómakettekkel



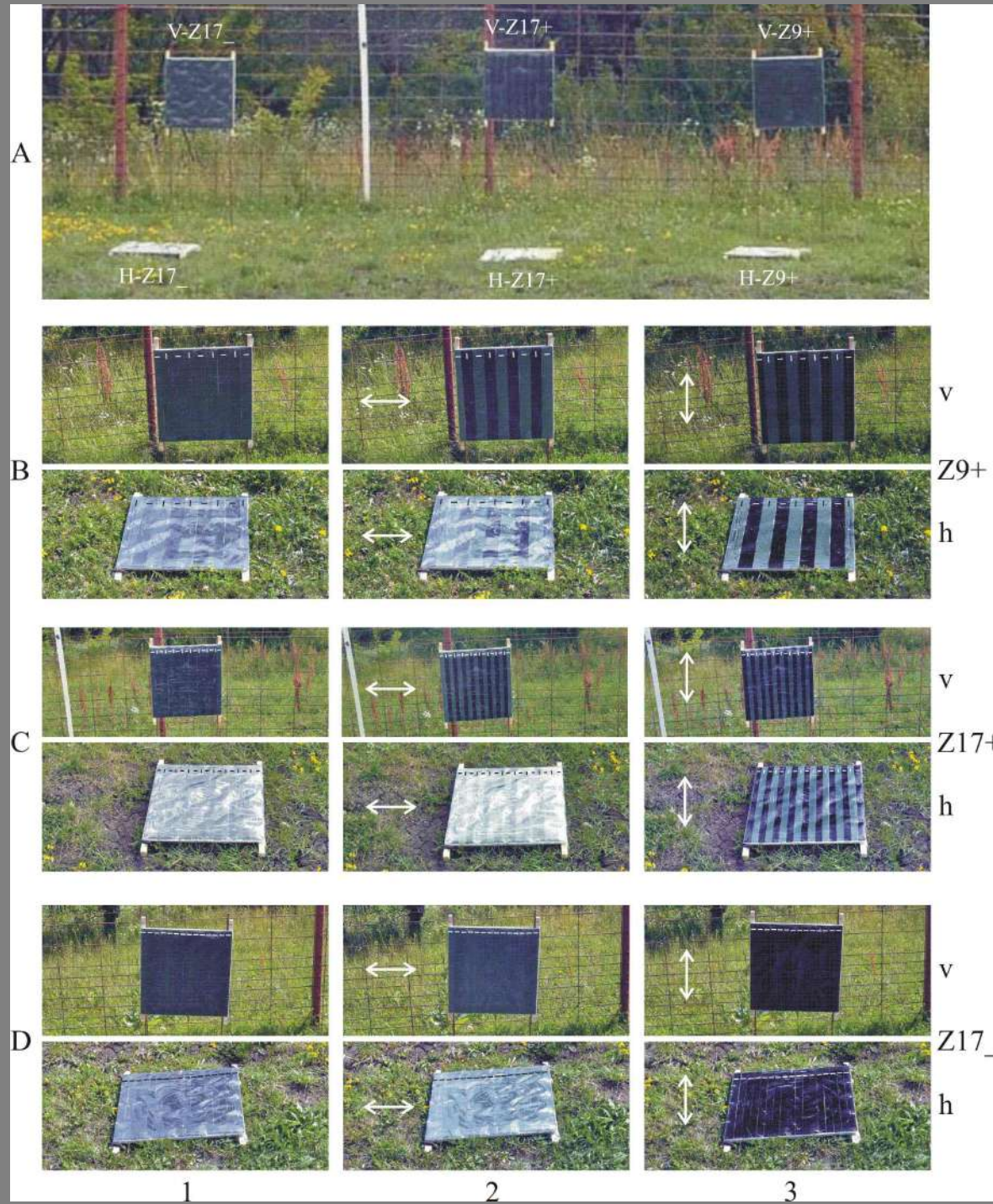
A 4. kísérlet ragadós lómakettjeinek polarizációs mintázatai



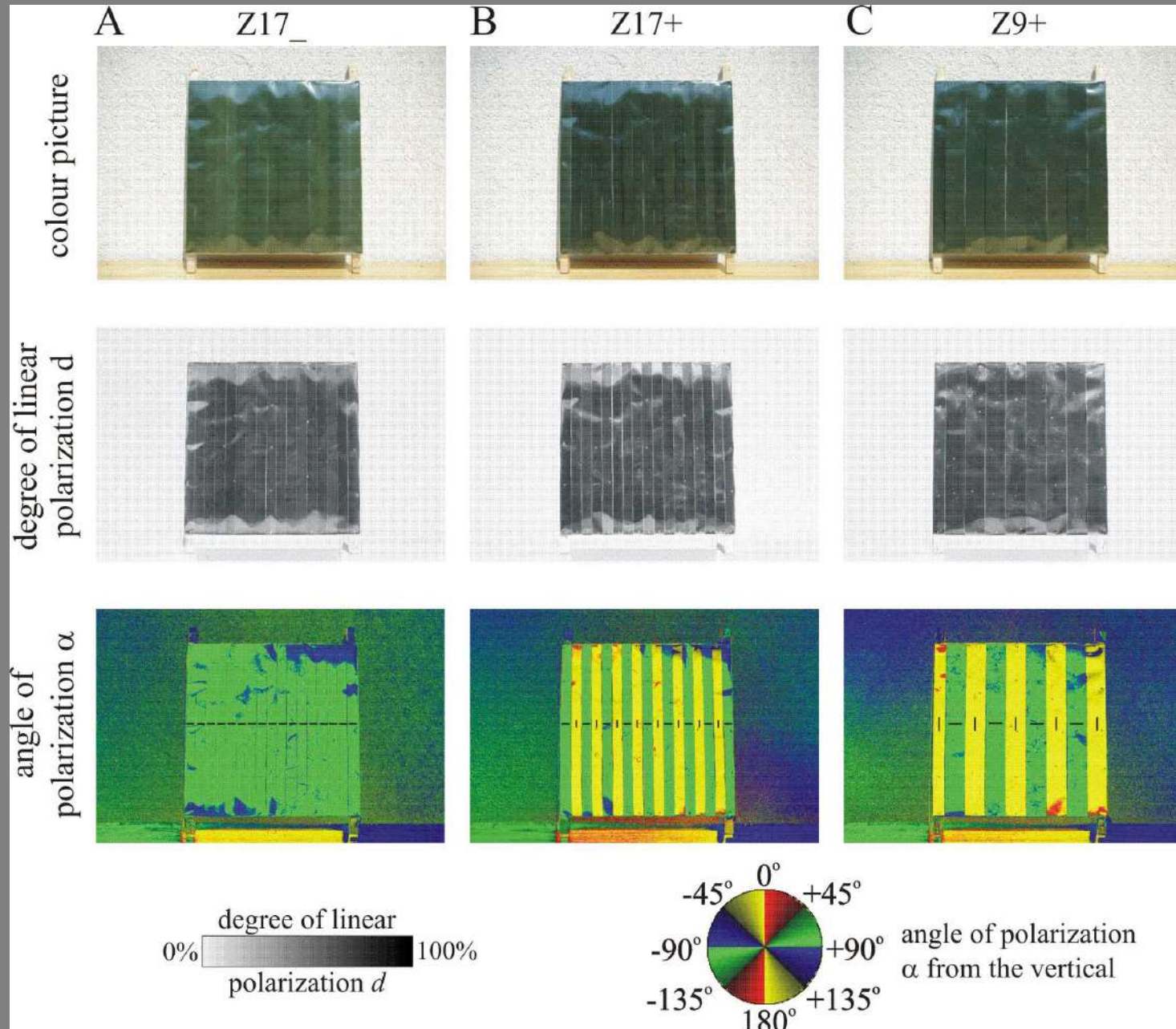
5. kísérlet fekete-fehér csíkos ragadós tesztfelületekkel



6. kísérlet csíkos lineáris polárszűrős ragadós tesztfelületekkel



A 6. kísérlet csíkos lineáris polárszűrős tesztfelületeinek polarizációs mintázatai



Terepkísérletek csíkos tesztfelületekkel és polarotaktikus böglyökkel



■ 1st experiment



● 2nd experiment



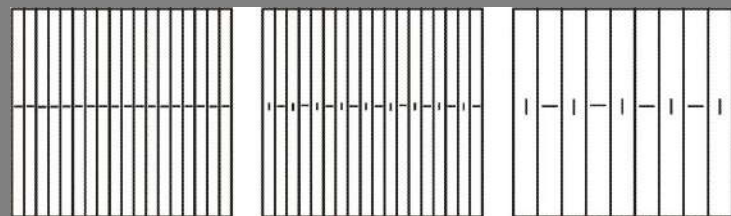
▲ 3rd experiment



--- 4th experiment



◆ 5th experiment



○ 6th experiment: horizontal test surfaces

□ 6th experiment: vertical test surfaces

Egy zebra polarizációs mintázatai

s u n n y s h a d y

facing the sun

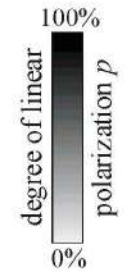
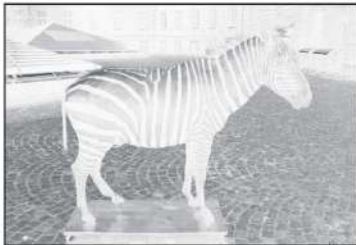
sun at left

facing the sun

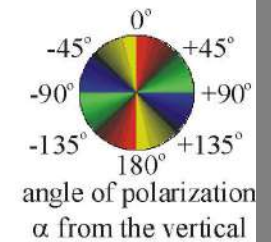
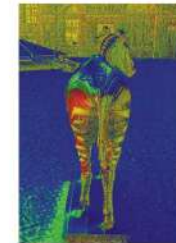
colour picture



degree of linear polarization p



angle of polarization α



area detected as water



■ area detected as water

A

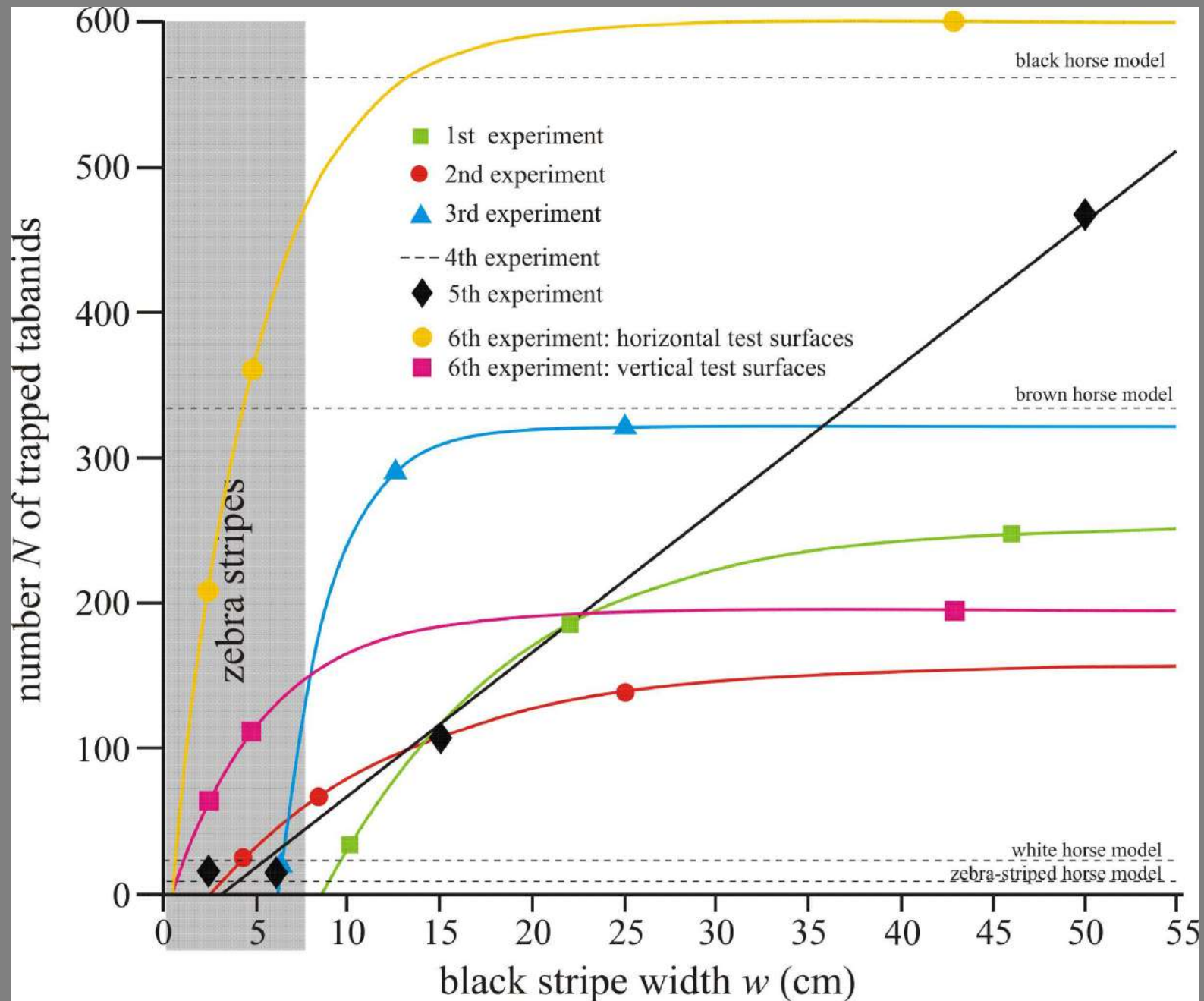
B

C

D

E

A terepkísérletek eredményei

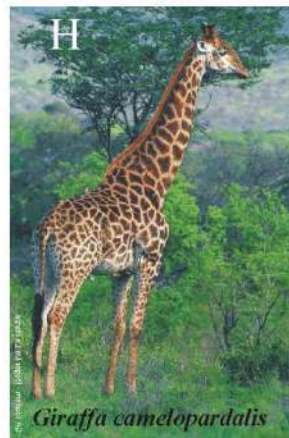
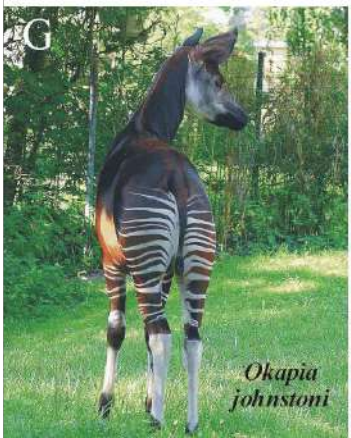


Az őszebra sötét színű volt, fehér csíkjai később fejlődtek ki



"I've already solved the Tabanid problem."

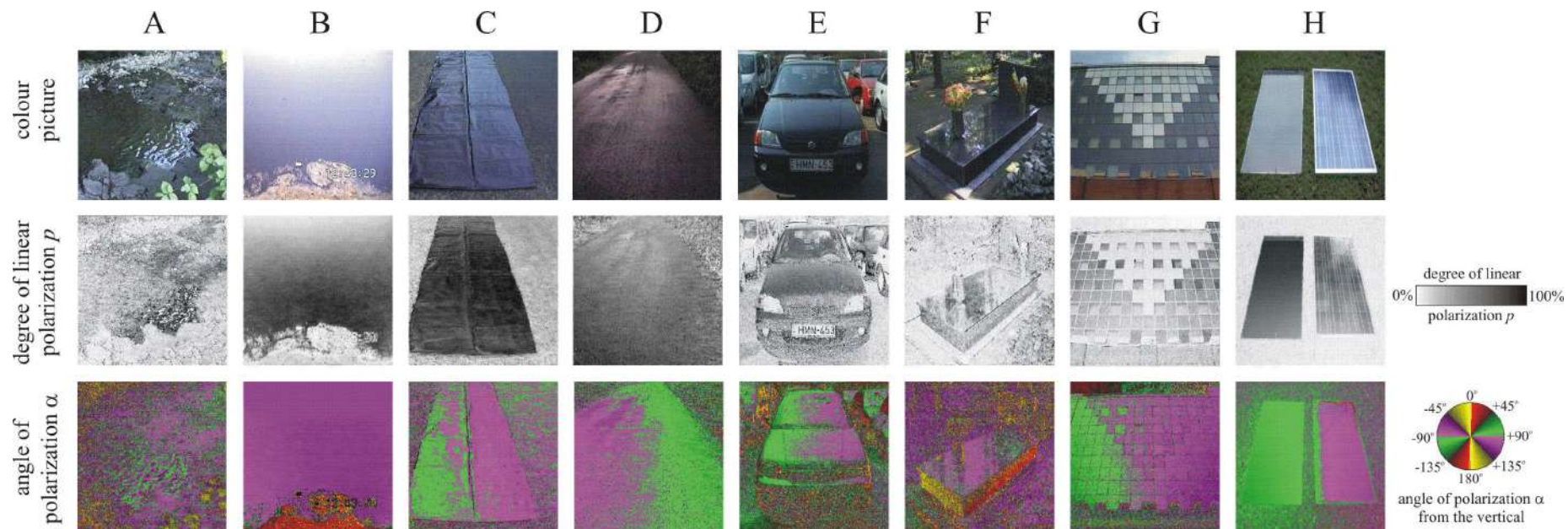
A csíkos kültakaró az emlősök körében elterjedt



Afrikai törzsek (zebra)csíkos testfestése



Poláros fényszennyező források



A poláros fényszennyezés áldozatai



A poláros fényszennyezés haszonélvezői



A poláros fényszennyezés haszonélvezői majd áldozatai



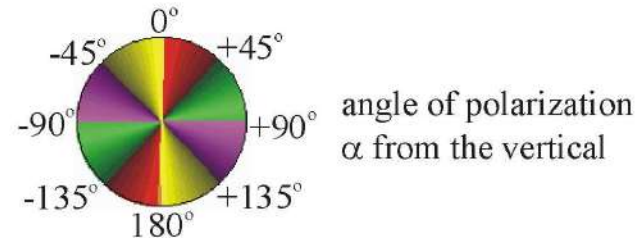
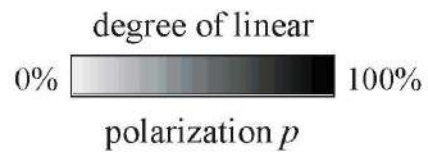
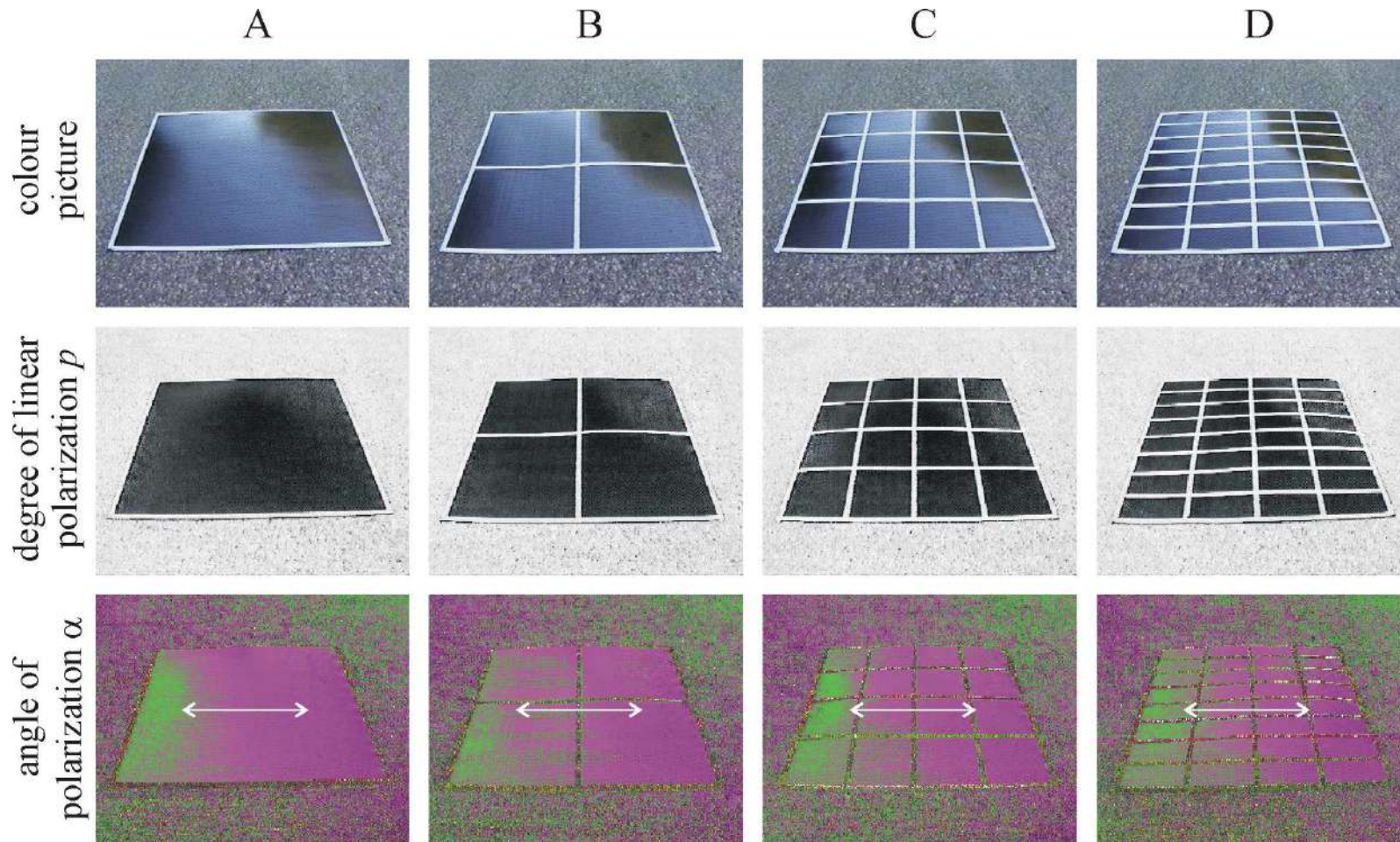


**Polarotaktikus dunai
tömegtegzések rajzása az
ELTE duna-parti poláros
fényszennyező
üvegépületénél**

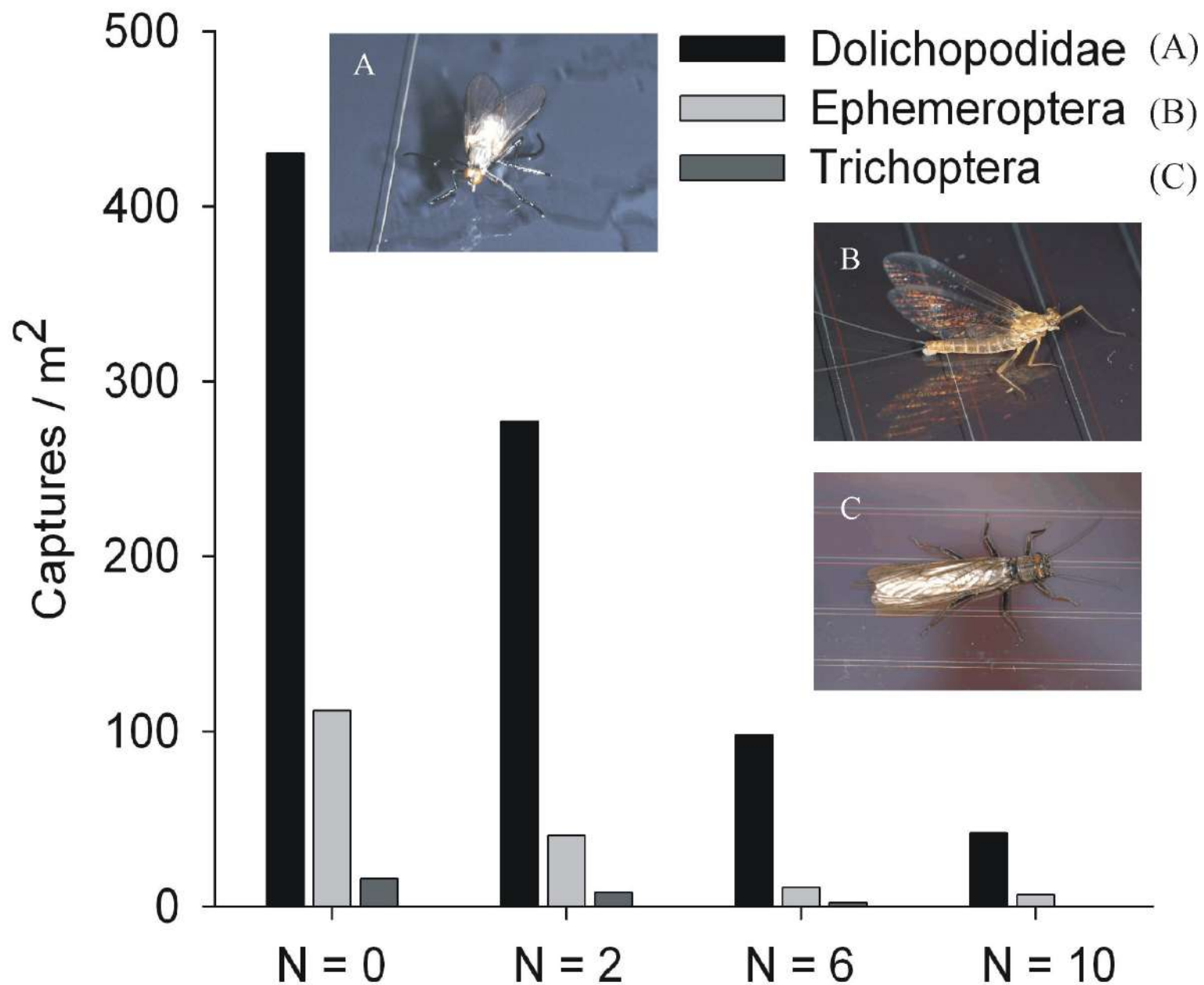
**Gyakran súlyos probléma
a poláros fényszennyezés**



Fehér csíkos, fekete csillogó felületek polarizációs mintázatai



Fehér csíkok védő szerepe: a poláros fényszennyezés csökkentésének egyik módja



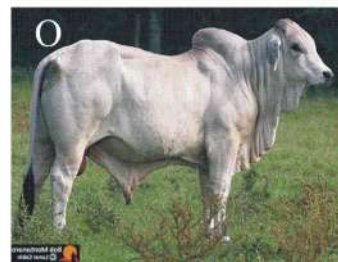
Vérszívó nőstény böglyök szarvasmarhákön



Vérszívó nőstény böglyök szarvasmarhákön



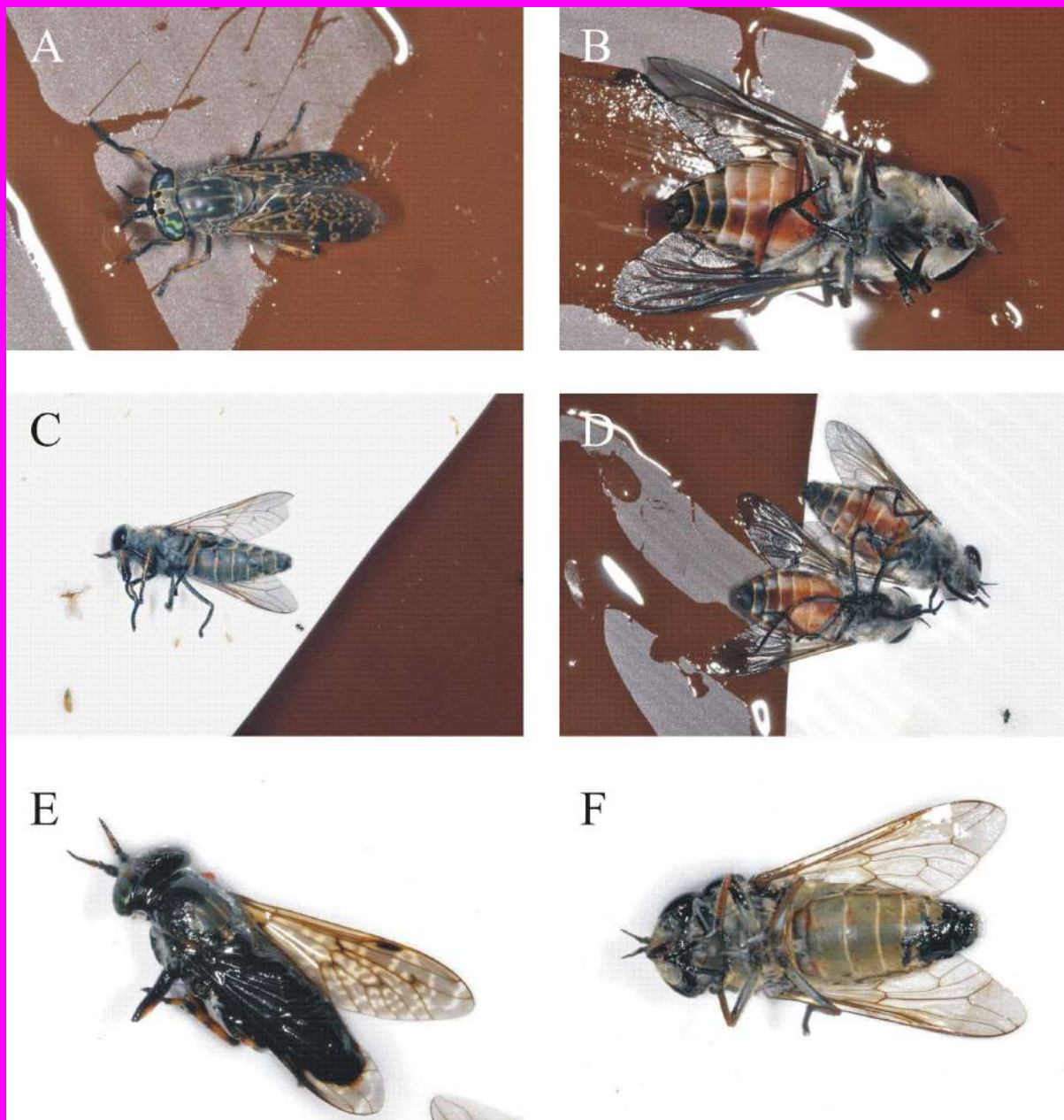
A szarvasmarhák kültakarójának különböző színmintázatai



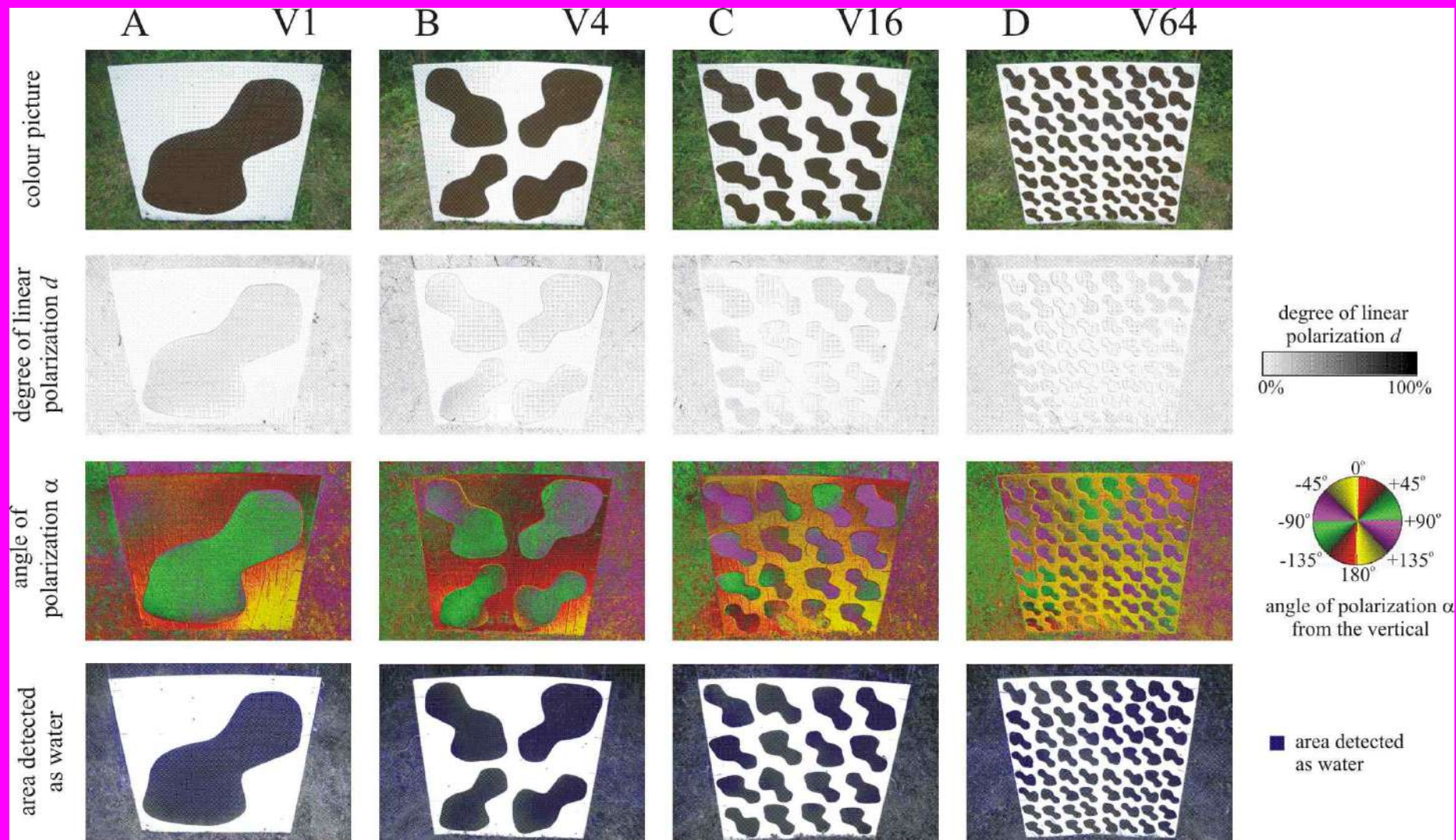
1. kísérlet barnafoltos ragadós tesztfelületekkel



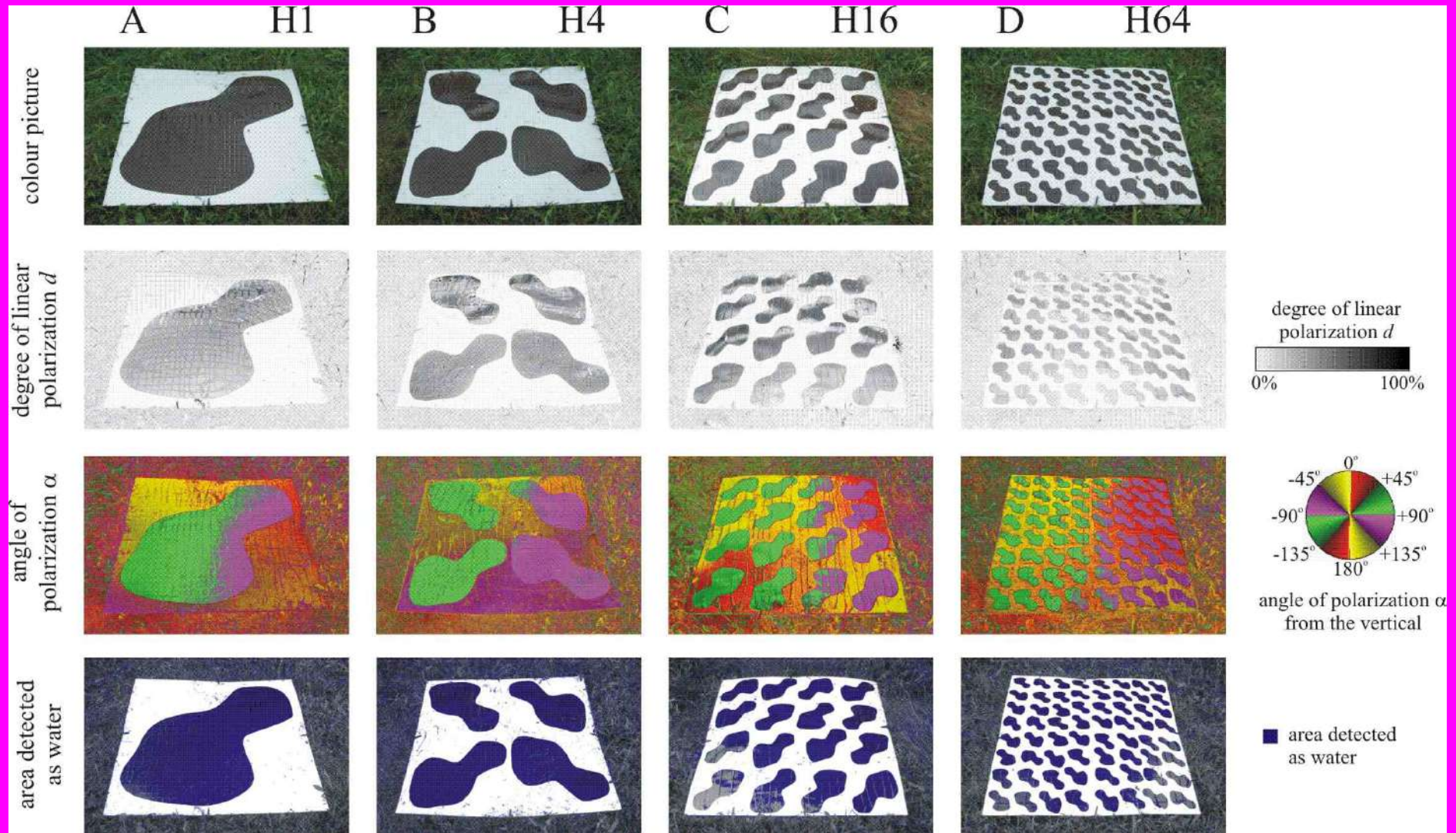
Az 1. kísérlet barnafoltos tesztfelületeibe ragadt böglyök



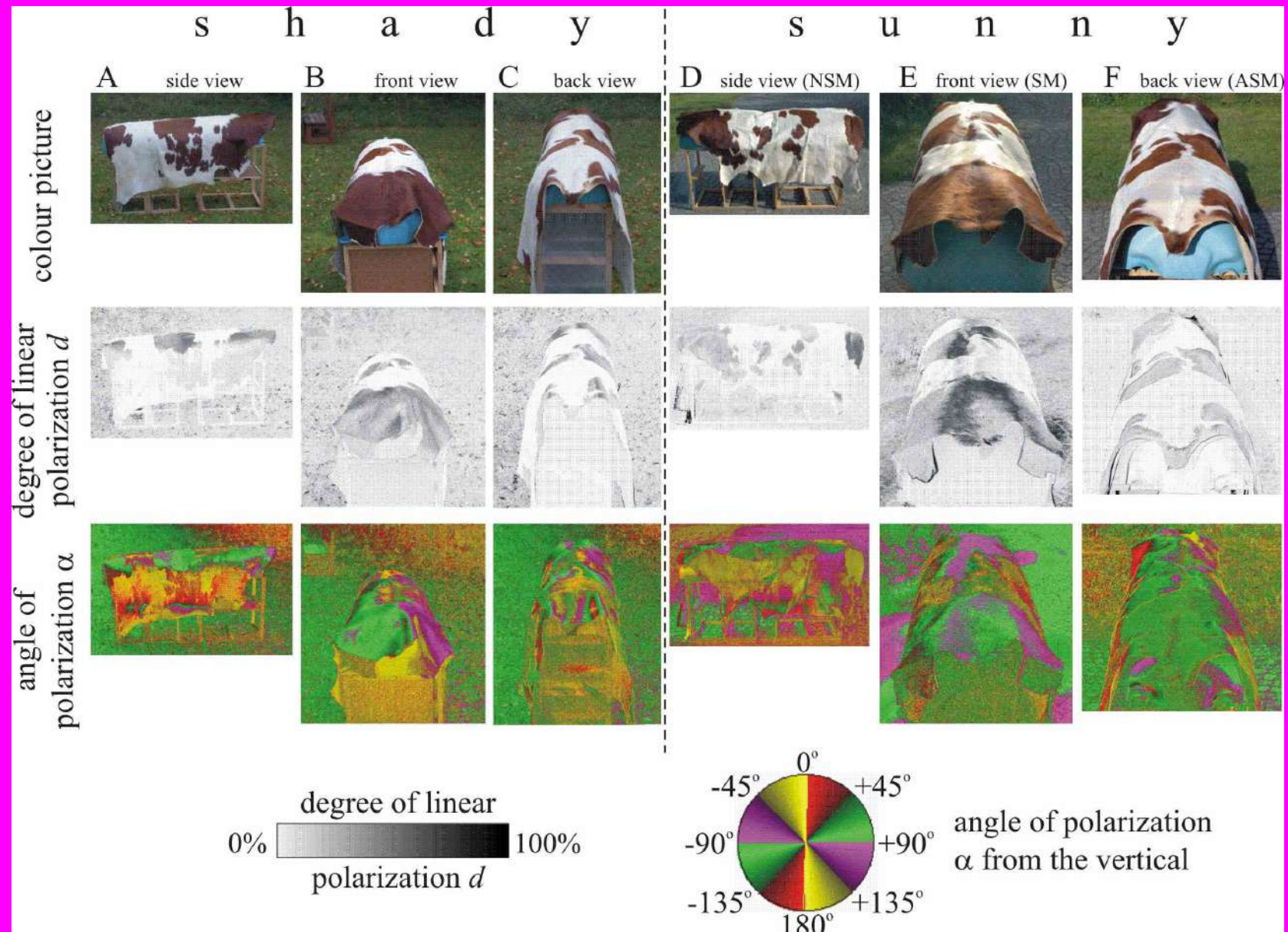
Az 1. kísérlet függőleges barnafoltos ragadós tesztfelületeinek polarizációs mintázatai



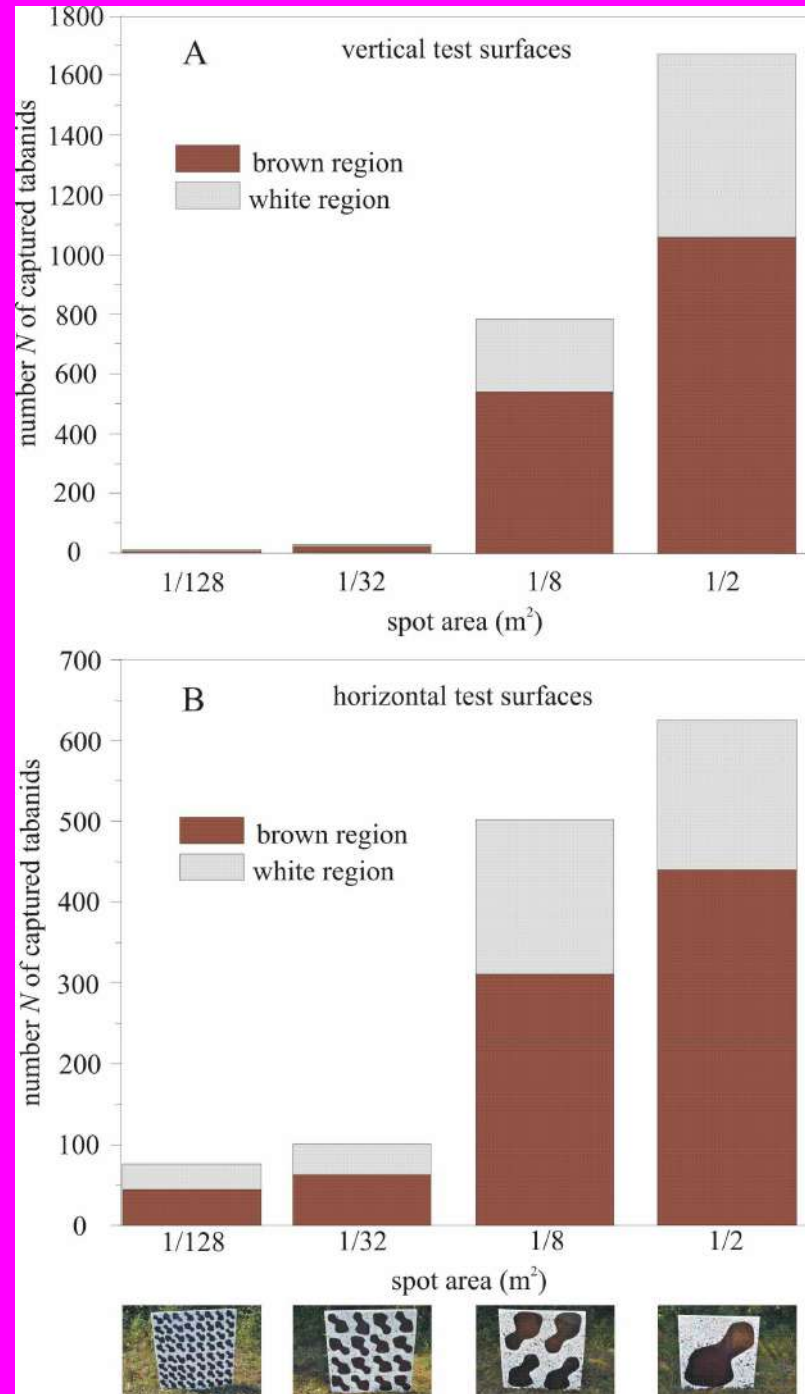
Az 1. kísérlet vízszintes barnafoltos ragadós tesztfelületeinek polarizációs mintázatai



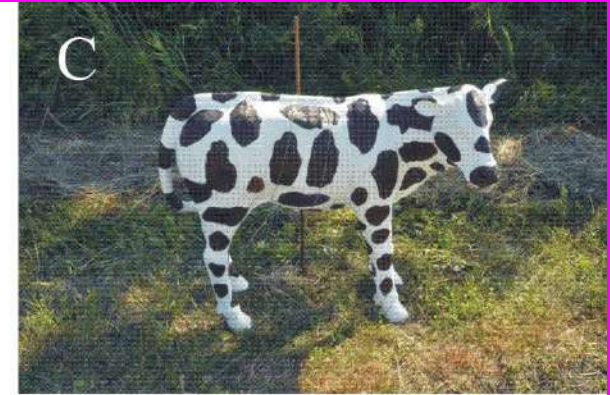
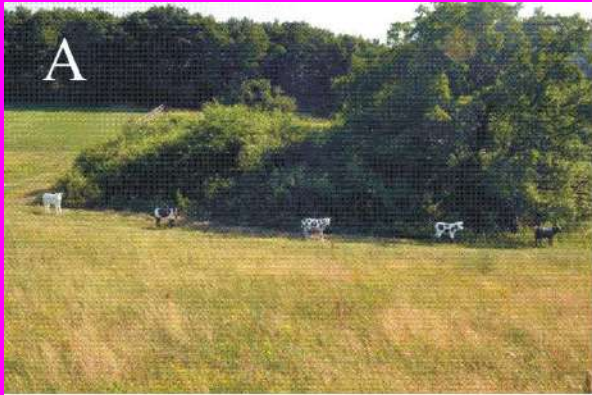
Egy szarvasmarha tarkafoltos bőrének polarizációs mintázatai



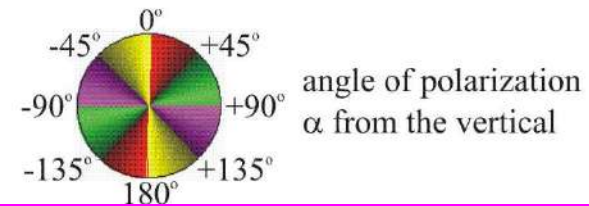
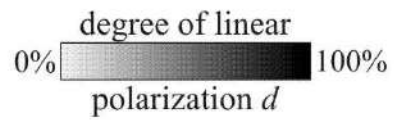
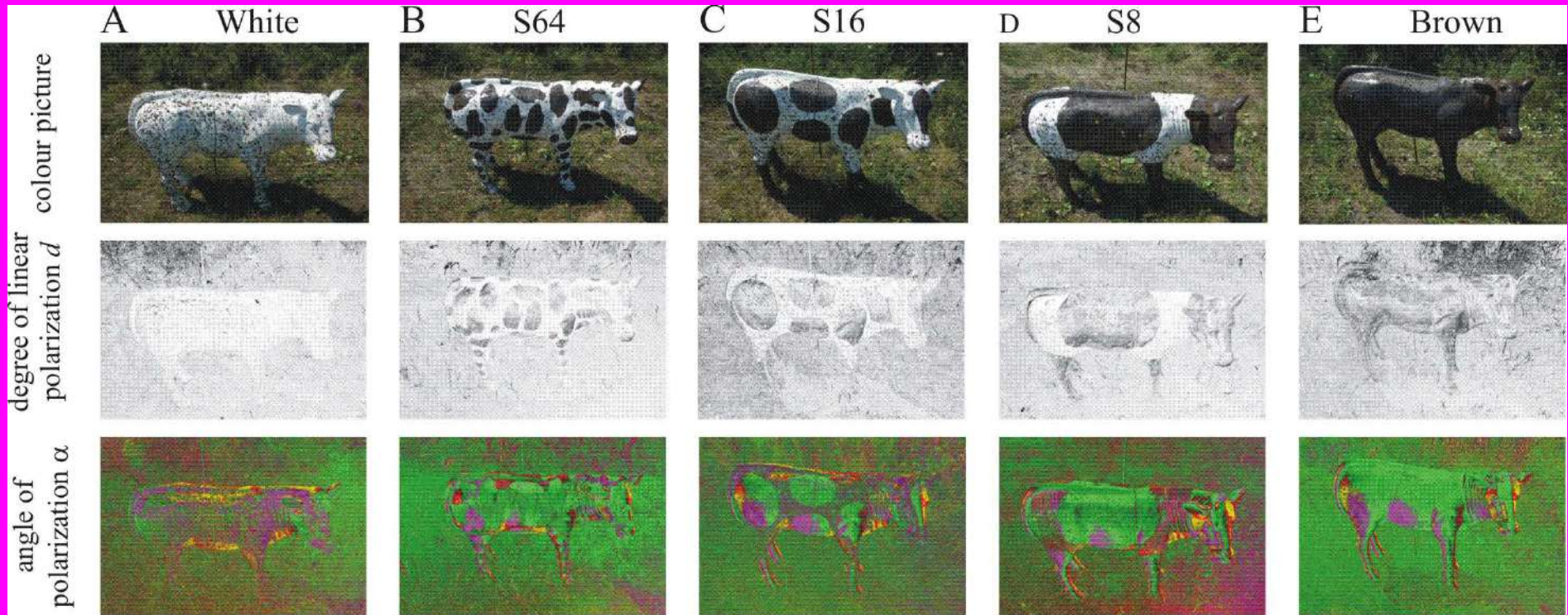
Az 1. kísérletben csapdázott böglyök száma



2. kísérlet ragadós foltos tehénmakettekkel



A 2. kísérlet ragadós foltos tehénmaktettjeinek polarizációs mintázatai



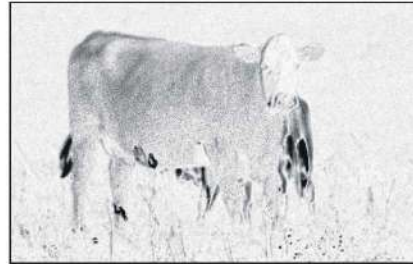
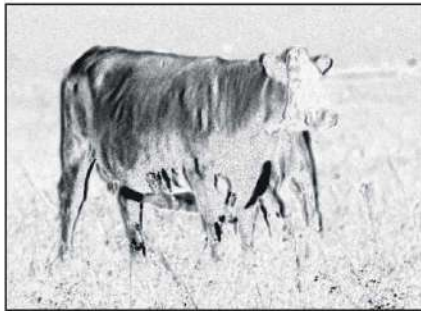
Szarvasmarhák polarizációs mintázatai

A sun at left sunny **B** shady **C** sun at left sunny

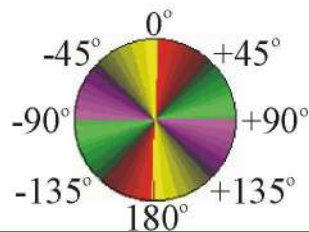
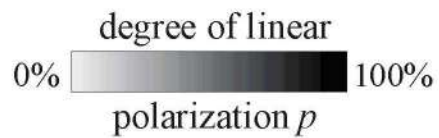
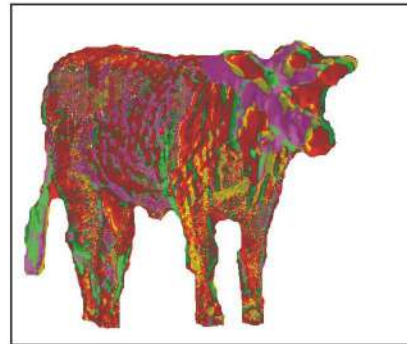
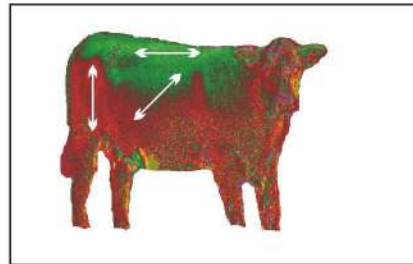
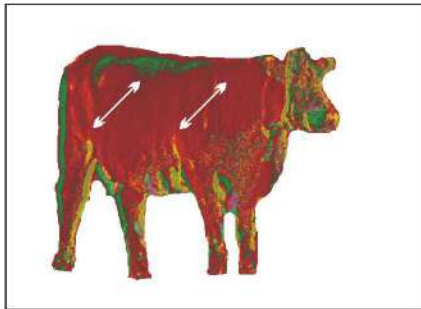
colour picture



degree of linear polarization p

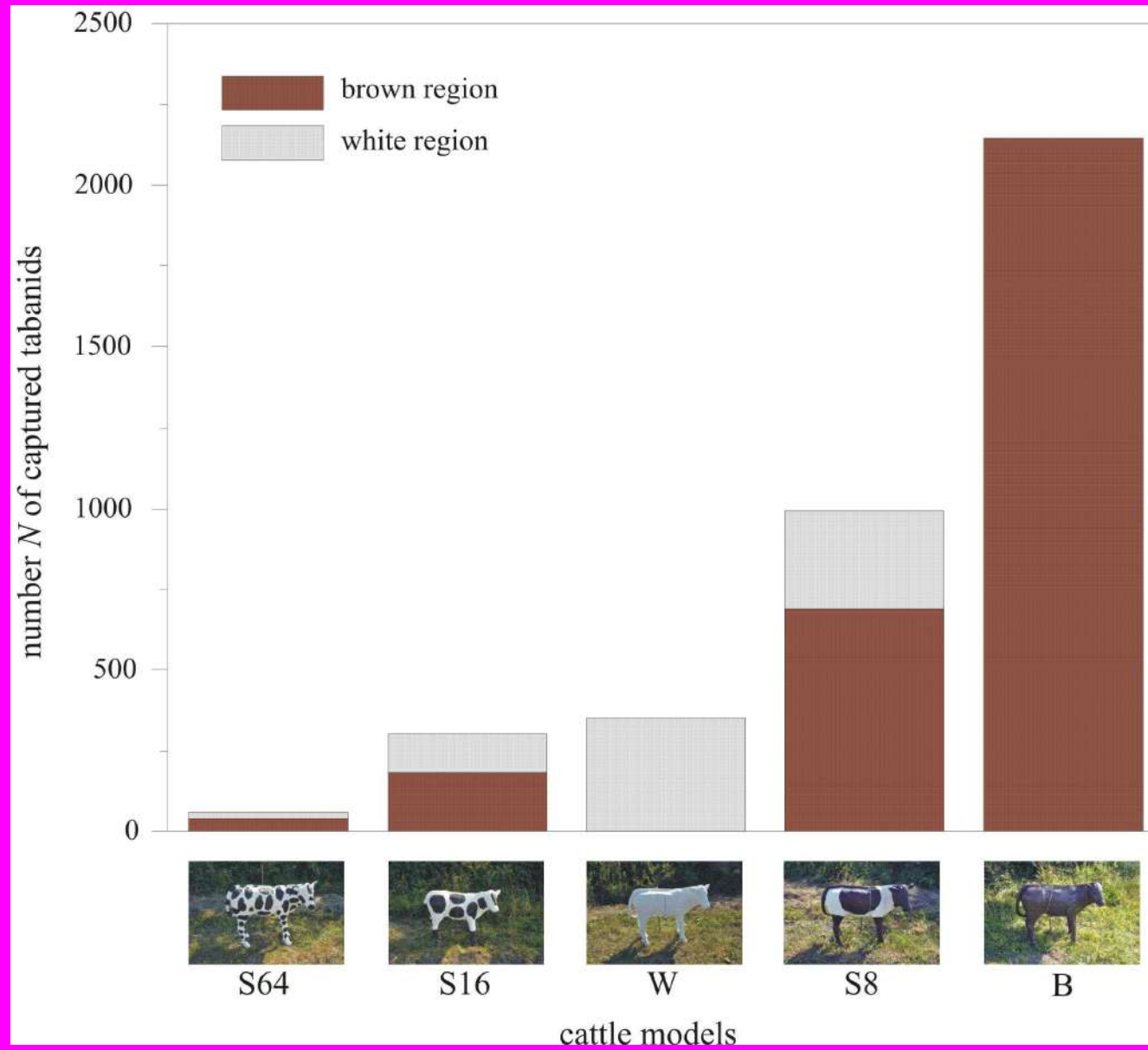


angle of polarization α

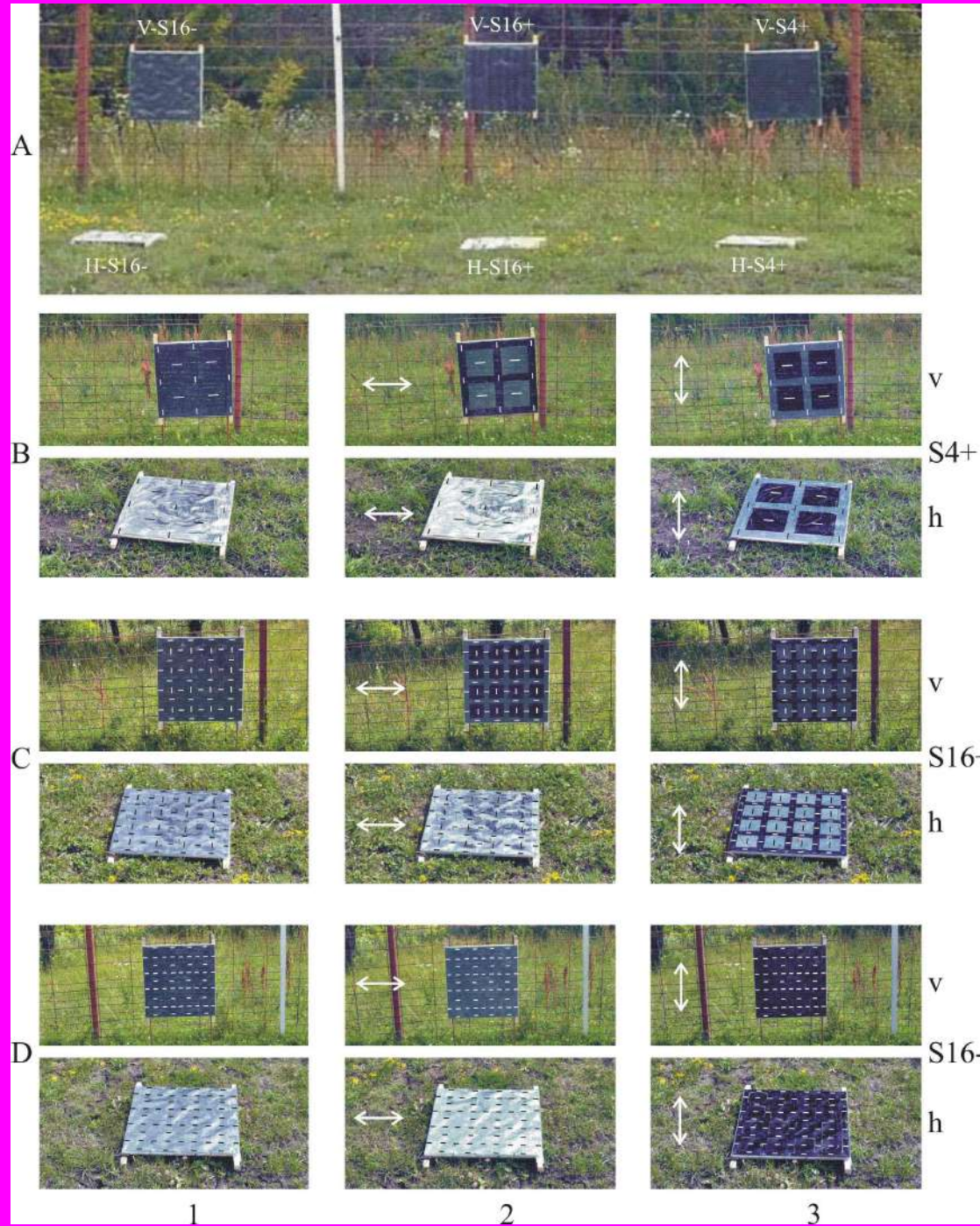


angle of polarization α from the vertical

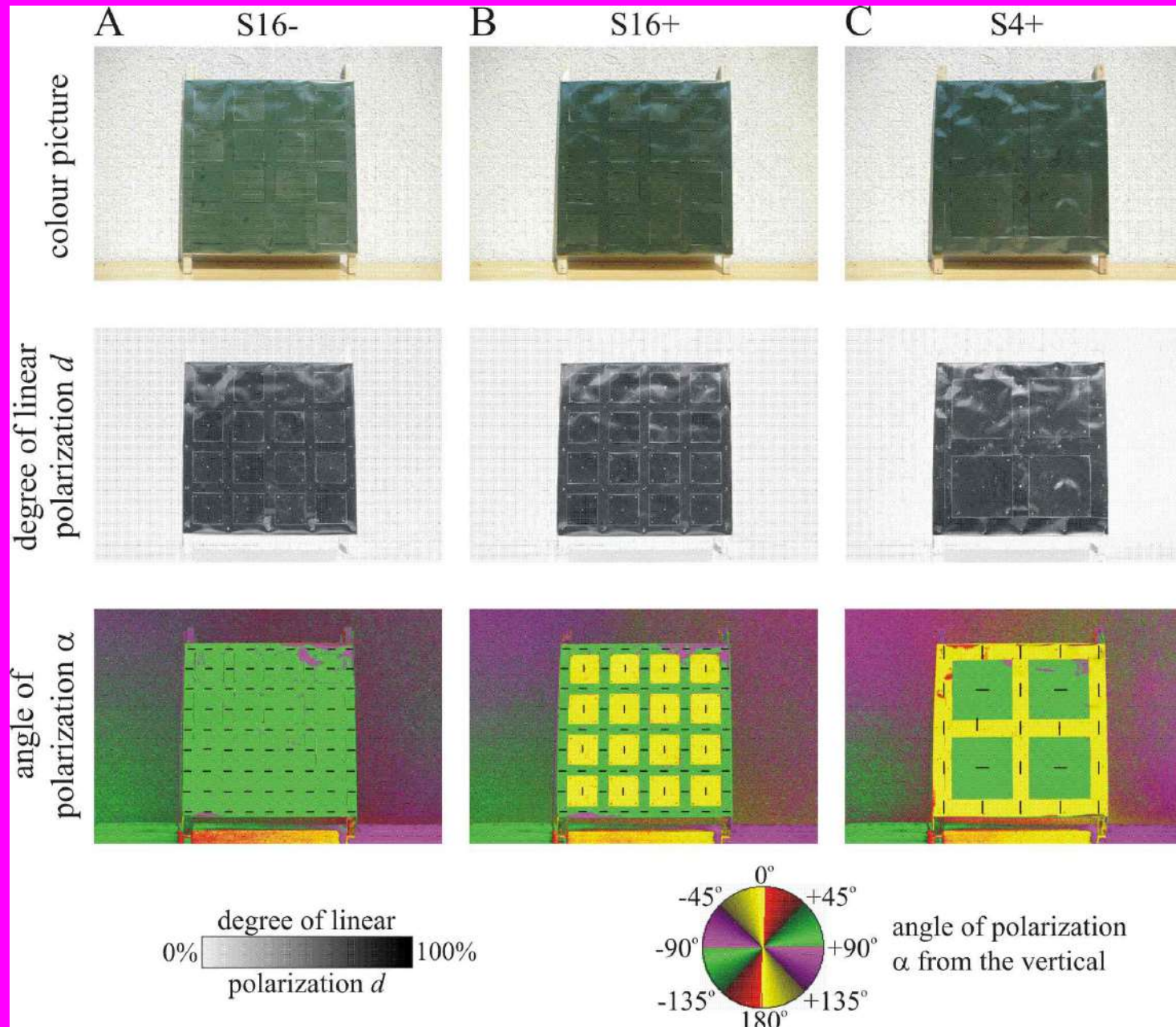
A 2. kísérletben csapdázott böglyök száma



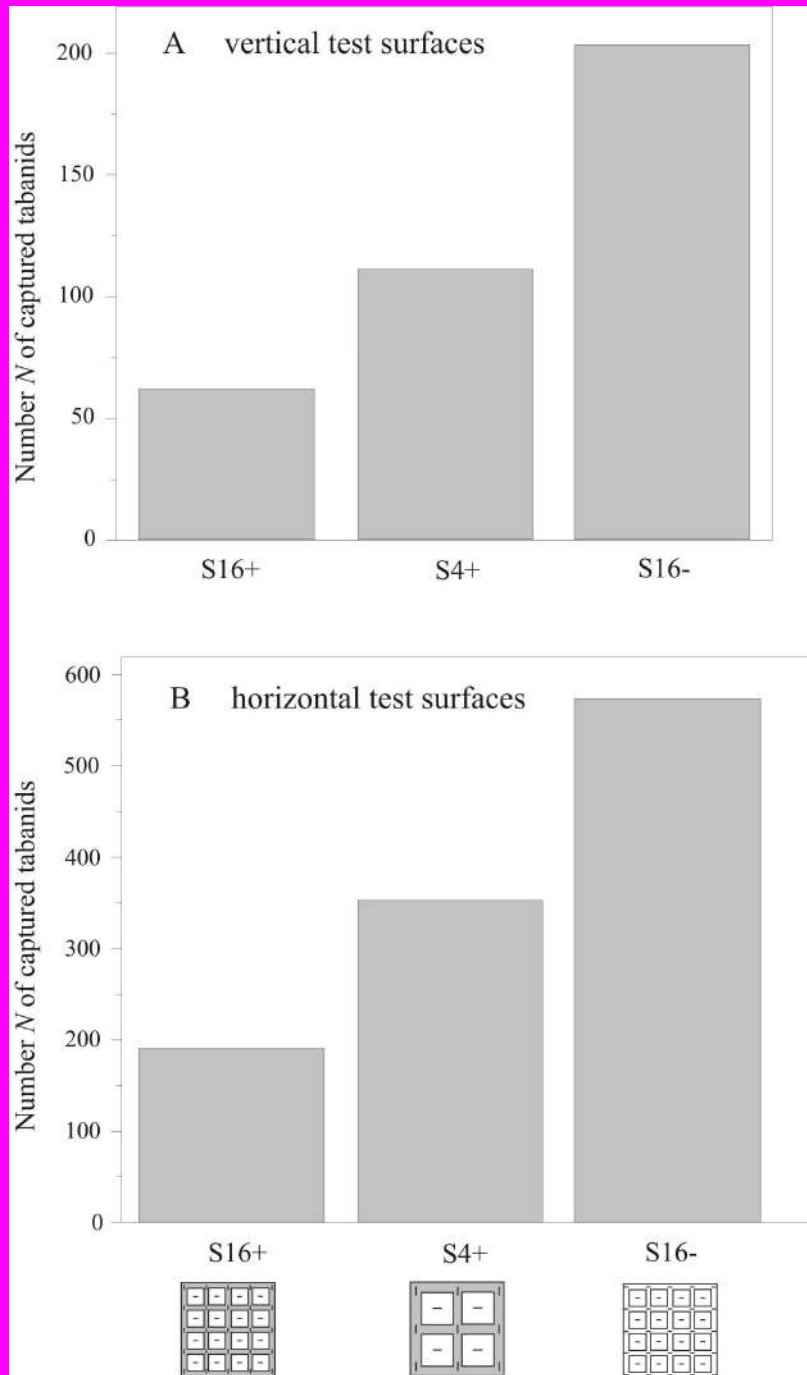
3. kísérlet foltos lineáris polárszűrős ragadós tesztfelületekkel



A 3. kísérlet foltos lineáris polárszűrős tesztfelületeinek polarizációs mintázatai



A 3. kísérletben csapdázott böglyök száma





A foltos kültakaró az emlősök körében elterjedt

Új típusú, polarizációs bögőlyepapír

1) fekete,

2) vízszintes,

3) földön fekszik,

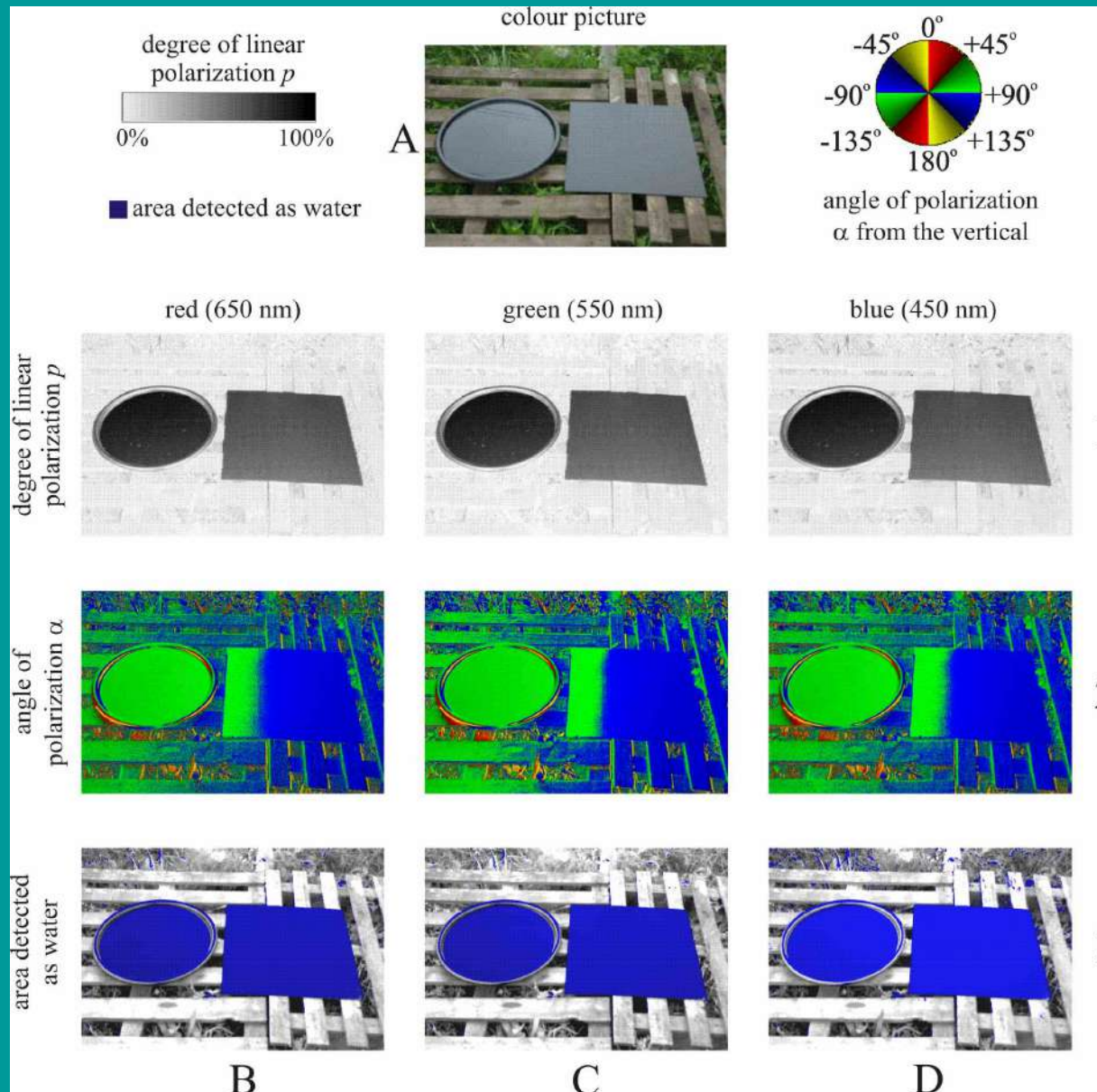
4) megfelelően nagy felületű



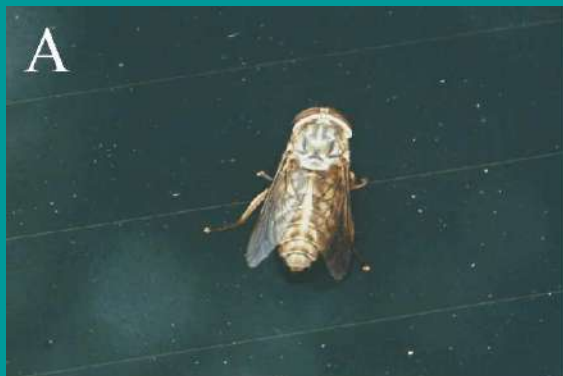
Polarizációs vizes-olajos bögölycsapda



Az új bögölycsapdák polarizációs mintázatai



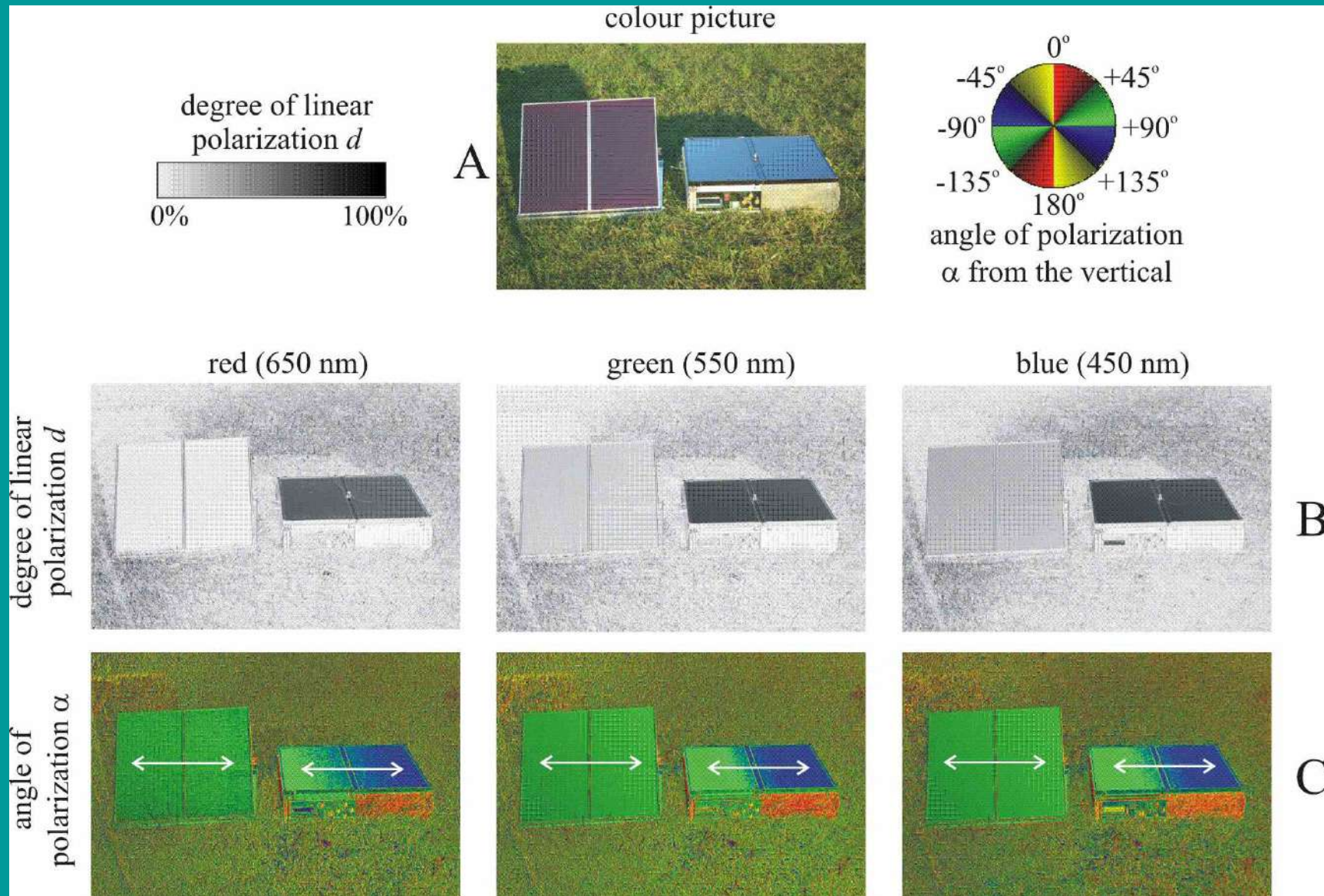
Napelemtáblákra szálló böglyök



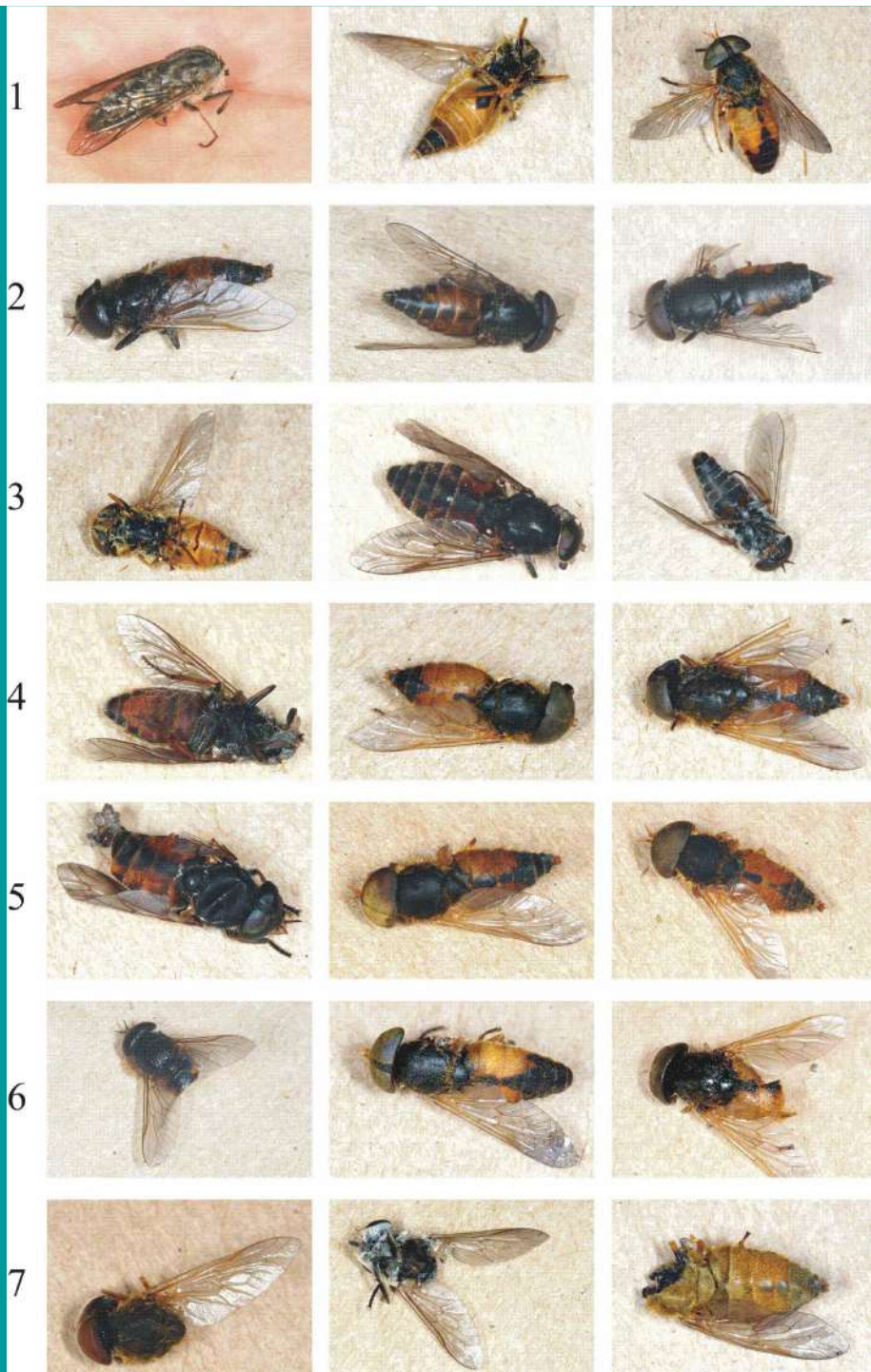
Napelemes, forgódrótos bögölycsapda



Napelemes, forgódrótos bögölycsapda polarizációs mintázatai



Napelemes, forgódrótos bögölycsapda által elpusztított böglyök tetemei



Research for the Development of TabaNOid Technology

Funded by the European Commission under the 7th Framework Programme



Grant no.: 232366

Project acronym: TabaNOid

TabaNOid

Grant type: Research for the Benefit of Small and Medium Enterprises

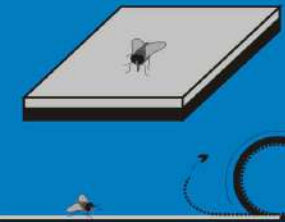
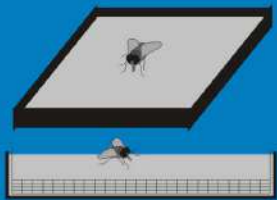
Title: Trap for the novel control of horse-flies on open-air fields

Senior researcher: György Kriska (PhD)

Eötvös University, Faculty of Natural Sciences,
Biological Institute, Department of Anthropology,
Group for Methodology in Biology Teaching

Project leader: Gábor Horváth (habil, PhD, CSc, DSc)

Eötvös University, Faculty of Natural Sciences, Physical Institute,
Department of Biological Physics, Biooptics Laboratory



**An unexpected
in horses: the
has a de****Gábor Horváth^{1,*}, Mikló
Balázs Gerics⁴, R**¹*Environmental Optics Labera*
²*Group for Methodology in Biology*³*Computer Vision and Robotics*⁴*Faculty of Veterinary Science, Depar-*
Department of Parasitology and Zoolo-
⁶*Department of Animal Ecology*

White horses frequently suffer from n
tivity to the ultraviolet solar radiation.
than dark individuals because they c
white horses have been highly appre
that blood-sucking tabanid flies, kn
white than dark horses. We also den
as a signal to find a host. The attrac
by positive polarotaxis. As the host's
has a strong influence on the parasit
horse interaction, our results can prot
as the reflection–polarization charact
not species-dependent.

Keywords: horses; tabanid flye**1. INTRODUCTION**

In nature, light grey, or albino (termed ‘white
in this work) ungulates (e.g. horses) are rar
their great vulnerability. They have a high
to solar radiation often leading to malign
and deficiency of the visual system (Pie
2008). A white-coated animal is easily detect
tors, thus individuals with white coats have t
out from wild populations during evolution.
hand, humans have bred a blood-line of ‘v
just because of their rarity in the wild. To
white horse became an icon for dignity, a s
demonstrating wealth (Tresidder 2005).

In this work, we show that white horses ar
tive to blood-sucking tabanid flies compare
horses. Our hypothesis is that this phen
partly be explained by the polarization visio
polarotaxis in tabanids discovered recently (F
2008): tabanids are strongly attracted to a
artificial sources of horizontally polarize
horses and other mammals suffer considerabl
nids, the tabanid-proof feature of host
advantageous in two respects: on the one
blood-sucking flies are vectors of serious

* Author for correspondence (gh@amgo.elte.hu).Received 2 December 2009
Accepted 13 January 2010

736

The Journal of Experimental Biology 215, 736–745
© 2012. Published by The Company of Biologists Ltd
doi:10.1242/jeb.085940**RESEA****Polarotactic tabanids find striped p
modulation least attractiv****Ádám Egr¹, Miklós Blahó¹, György Kriska^{2,3}, Róbbi
Gábor**¹*Environmental Optics Laboratory, Department of Biologi*
Pázmány sétány 1, Hungary, ²*Group for Methodology in Biol*
Pázmány sétány 1, Hungary, ³*Danube Research Institute, H-*
Zoology, Faculty of Veterinary Science, Szent István Univ
Biology, Centre for Animal Movement Research, I

*Author for corres

Accepted

The characteristic striped appearance of zebras has evol
evolved, but experimental evidence is scarce. Here, we dem
(tabanids) then either homogeneous black, brown, grey or
have considerable fitness impact on potential mammalian
this protection is the polarization of reflected light from th
tabanids is also reduced if only polarization modulations (o
occur in horizontal or vertical homogeneous grey surfaces.
light, and we demonstrate here that the light and dark strip
that disrupts the attractiveness to tabanids. We show that t
and that stripes below a certain size are effective in not e
zebra coats fall in a range where the striped pattern is most
mammals may also function in reducing exposure to taban
of reflected light. This work provides an experimentally s
selective advantage of a black-and-white striped coat patter

Supplementary material available online at <http://jeb.biologists.org/>

Key words: zebra, tabanid fly, horsefly, striped pattern, protection th

INTRODUCTION

The most characteristic aspects of zebras are the bold black-a
white striped patterns on their body surface (Fig. 1). Embryologi
evidence (Prothero and Schoch, 2003) has shown that
background colour of zebras is black, and the white stripes
beliefs (where the production of dark pigmentation is inhibit
appear only in a later embryonic developmental stage. The rea
for the striped coat pattern in zebras has long been debated,
Wallace suggested that zebras evolved striped coats as camouf
against carnivores in tall grass (Wallace, 1867; Wallace, 187
Darwin, however, who had closely studied the inheritance
colours and stripes in horses and zebras, criticized this hypothe
as an explanation (Darwin, 1871), as zebras do not occur in ar
with dense vegetation but rather prefer open savannah habitats w
short grass.

Since the 19th century, a number of alternative hypothe
(Waage, 1981; Ruxton, 2002; Lehane, 2005; Caro, 2009) have b
proposed to explain the striped pattern of zebras, including preda
defence, social interaction, indication of physical conditio
thermoregulation, and protection from tsetse flies (a more detai
account is given in the Appendix). These and more explanati

**Spottier Targets Are Less Attractive to Tabanid Flies: On
the Tabanid-Repellency of Spotty Fur Patterns****Miklos Blaho¹, Adam Egri¹, Lea Bahidzski¹, Gyorgy Kriska^{2,3}, Ramon Hegedus⁴, Susanne Åkesson^{5,*},
Gabor Horvath¹**¹*Environmental Optics Laboratory, Department of Biological Physics, Physical Institute, Eötvös University, Budapest, Hungary,* ²*Group for Methodology in Biology*
Teaching, Biological Institute, Eötvös University, Budapest, Hungary, ³*Danube Research Institute, Centre for Ecological Research, Hungarian Academy of Sciences,*
Vácrátót, Hungary, ⁴*Computer Vision and Robotics Group, University of Girona, Girona, Spain,* ⁵*Department of Biology, Centre for Animal Movement Research, Lund*
*University, Lund, Sweden***Abstract**

During blood-sucking, female members of the family Tabanidae transmit pathogens of serious diseases and annoy their
host animals so strongly that they cannot graze, thus the health of the hosts is drastically reduced. Consequently, a tabanid-
resistant coat with appropriate brightness, colour and pattern is advantageous for the host. Spotty coats are widespread
among mammals, especially in cattle (*Bos primigenius*). In field experiments we studied the influence of the size and number
of spots on the attractiveness of test surfaces to tabanids that are attracted to linearly polarized light. We measured the
reflection-polarization characteristics of living cattle, spotty cattle coats and the used test surfaces. We show here that the
smaller and the more numerous the spots, the less attractive the target (host) is to tabanids. We demonstrate that the
attractiveness of spotty patterns to tabanids is also reduced if the target exhibits spottiness only in the angle of polarization
pattern, while being homogeneous grey with a constant high degree of polarization. Tabanid flies respond strongly to
linearly polarized light, and we show that bright and dark parts of cattle coats reflect light with different degrees and angles
of polarization that in combination with dark spots on a bright coat surface disrupt the attractiveness to tabanids. This could
be one of the possible evolutionary benefits that explains why spotty coat patterns are so widespread in mammals,
especially in ungulates, many species of which are tabanid hosts.

Citation: Blaho M, Egri A, Bahidzski L, Kriska G, Hegedus R, et al. (2012) Spottier Targets Are Less Attractive to Tabanid Flies: On the Tabanid-Repellency of Spotty
Fur Patterns. PLOS ONE 7(8): e41138. doi:10.1371/journal.pone.0041138

Editor: Michel Renou, INRA-UPMC, France

Received February 10, 2012; Accepted June 18, 2012; Published August 2, 2012

Copyright: © 2012 Blaho et al. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits
unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.Funding: This work was supported by the grant OTKA K-69462 from the Hungarian Science Foundation, and the grant TabanOld 232366 funded by the
European Commission under the 7th Framework Programme received by G. Horváth and G. Kriska. Gábor Horváth thanks the German Alexander von Humboldt
Foundation for an equipment donation. Susanne Åkesson is supported by a project grant from the Swedish Research Council and the Centre for Animal
Movement Research (CanMove) financed by a Linnaeus grant (349-2007-8690) from the Swedish Research Council and Lund University. Ramon Hegedus is a
Marie Curie IEF fellow and is grateful for the support of the European Commission. The authors are grateful to Dr. Róbert Farkas and Mónika Gyurkovszky
(Department of Parasitology and Zoology, Faculty of Veterinary Science, Szent István University, Budapest) for the taxonomical determination of the captured
tabanids. The funders had no role in study design, data collection and analysis, decision to publish, or preparation of the manuscript.

Competing Interests: The authors have declared that no competing interests exist.

* E-mail: susanne.akesson@biol.lu.se**Introduction**

The coat pattern of cattle (*Bos primigenius*) has a remarkably large
diversity ranging from homogeneous black and brown, through
brown-white or black-white spotty, to homogeneous grey or white.
These coat patterns are specific to species and races, and are the
result of domestic breeding. The different coat patterns have some
trivial advantages and disadvantages. The darkness of the coat
influences the thermoregulation of the animal [1,2], for example:
black or brown coats absorb sunlight much more than white or
grey ones. The visibility of the animal depends strongly on the
brightness and colour of the coat in contrast to the background. At
a given background the coat pattern also influences the visual
detectability such that a spotty coat makes the animal conspicuous
against a homogeneous background, but can endow with
camouflaging at a structured background, for instance, similar to
what has been shown by a classical experiment in the moth *Biston
betularia* [3,4]. During breeding the brightness, colour and
spottiness of the coat in cattle and horses are usually of marginal
importance and are the by-product of cross-breeding aiming to

maximize other economically more important characteristics of
the animal, e.g. the milk or meat production, weather-proofness,
or the shape or size of the animals.

It has been demonstrated that the tabanid load of horses can be
reduced by a homogeneously bright (white or grey) coat [5]. The
study demonstrated that white horses attract much less blood-
sucking female members of the family Tabanidae (tabanids
henceforward) than dark (black or brown) horses. This phenom-
enon was partly explained by the polarizing capacity of the horse's
coat and the positive polarotaxis of tabanids. Tabanids lay their
eggs onto plants or mud near water, and thus must find water for
oviposition. Like aquatic insects in general [6,7,8,9,10], tabanids
detect water by means of the horizontal polarization of light
reflected from the water surface, thus they are attracted to
horizontally polarized light [11]. The higher the degree of
horizontal polarization of reflected light, the more polarotactic
tabanids are attracted [12]. In [13] it was showed that female and
male tabanids find water by the horizontally polarized water-
reflected light, while the polarotaxis of female tabanids that serves

fizikai szemle

Fizikai Szemle

MAGYAR FIZIKAI FOLYÓIRAT

A Matematikai és Természettudományi Értesítőt az Akadémia 1882-ben indította

A Matematikai és Fizikai Lapokat Eötvös Loránd 1891-ben alapította

LX. évfolyam

5. szám

2010. május

A LOVAK FEHÉRSÉGÉNEK EGY NEM VÁRT ELŐNYE

A leginkább „bögölyálló” ló depolarizáló fehér szőrű,
a fekete ló pedig szenvedni polarizáló szőrért

Blahó Miklós, Horváth Gábor, ELTE Fizikai Intézet, Biológiai Fizika Tanszék, Budapest
Hegedűs Ramón, Girona Egyetem, Számítógépes Látás és Robotika Ceoport, Girona, Spanyolország
Krieka György, ELTE Biológiai Intézet, Biológiai Szakmódszertani Ceoport, Budapest
Gerics Balázs, Szent István Egyetem, Anatómiai és Szóvtani Tanszék, Budapest
Farkas Róbert, Szent István Egyetem, Parasitológiai és Állattani Tanszék, Budapest
Susanne Åkesson, Lundi Egyetem, Biológia Tanszék, Lund, Svédország

A fehér lovak gyakran szenvednek az ultraibolya napsugárzással szembeni nagy érzékenységből fakadó rossztudulati bőrörvények és látórendszeri betegségekben. KAADÁSUL A VADON ÉLŐ FEHÉR LOVAKAT A RAGADOZÓK KÖNYVEBBEN ELEJTIK, MERI FEHÉRSÉGÜK MIATT KEVÉSBÉ TUDNÁK REJTŐZKÖDNI, MINT SÖTÉTEBB SZÍNŰ FAJTÁRSAIK. NAGYOBB SEBEZHETŐSÉGÜK ELLENÉRE A FEHÉR LOVAKAT AZ EMBEREK ÉVEZREDEK ÓRA NAGY BECSBEN TARTJÁK, ÉPPEA A TERMÉSZEBENI RITKASÁGUK MIATT. CÍK-KÜNKBEN MEGMUTATJUK, BGY A BÖGÖLYÖK KEVÉSBÉ VONZÓDNÁK A FEHÉR LOVAKHOZ, MINT A SÖTÉT SZÍNŰEKHEZ. A BÖGÖLYÖK SZAMOS EGÉSZSÉGTANI ÉS GAZDASÁGI PROBLÉMÁT OKOZNAK AZ EMBEREKNEK ÉS ÁLLATOKNAK EGYARÁNT, MIVEL NŐSTÉNYEKI BETEGSÉGEK KÖROKOZÓT TERJESZTIK, MÍKÖZBEN A GERINCSEK VÉRÉT SZÍVJÁK. AZT IS BIZONYÍTJUK, BGY A BÖGÖLYÖK A VÉR SZÍVÁSRA ALKALMAS GAZDAÁLLATOT RÉSZBEN AZ ANNAK TESZTELÉSEKTŐL VISSZAVEN POLÁROS FÉNY SEGÍTSÉGEVEL TALÁLJÁK MEG. A BÖGÖLYÖK FÜKÉNT FEKETE ÉS BARNÁ SZŐRŰ LOVAKHOZ VÁLÓ VONZÓDÁSA A POZITÍV POLARIZÁCIÓVAL, VAGYIS AZ ERŐSEN ÉS VÍZSZINTESEN POLÁROS FÉNYBEZ VÁLÓ VONZÓDÁSUKKAL MEGYARÁZHATÓ. MIVEL A GAZDAÁLLAT SZÍNE MEGBÁTOROZZA A BÖGÖLYÖKRE KIFEJESZETI VONZEREJÉT IS, EZÁLLT KIBÁT A GAZDAÁLLAT KÖROKOZÓK ÁLLATI MEGFERŐZŐDÉSÉRE IS. HABAR KIZÁRÓLAG A BÖGÖLYÖK ÉS LOVAK KÖZT VIZUÁLIS KÖLCSÖNHATÁST VÍZSGÁLTUK, A JELENŰS NEMZETKÖZI VÍZSGÁGOT KIVÁLÓ EREDMÉNYEINK ERŐNYESEK LEHETÉK A POLARITÁTIKUS BÖGÖLYÖK MÉS GAZDAÁLLATAIRA IS.

A természetes kiválasztódás és a hímek versengése a nőstényekért sok esetben vezetett a kitalakor (tollzat, szőrzet) látványos mintázataihoz, amelyek a hímekben hordozott „jó gének” és a paraziták elleni nagy ellenálló képesség vizuális jelzőinek számítanak [1–3]. A tesztoszteron szabályozza a szőrzeti növekedését [4] és a melaninképződést [5], valamint befolyásolja a hímek agresszióját [6], amely jellemzők a hímek dominanciájával és megnövekedett párosodási lehetőségekkel állnak szoros kapcsolatban. Ugyanakkor a magasabb tesztoszteronszint nagyobb parazita-terheléssel és a paraziták miatti nagyobb halálozási aránnyal jár együtt [7, 8]. A feltűnőség miatti nagy sebezhetőségük következtében a természetben csak igen ritkán fordulnak elő fehér (világos szürke vagy albinó) lovak és más patás állatok. Az ilyen fehér állatok sokkal kevésbé védettek a napsugárzás ultraibolya összetevőjével szemben, ami megnöveli a bőr-rák kialakulásának esélyét, továbbá a látórendszer betegségeihez vezethet [9]. Egy fehér patást a ragadozók könnyen észrevesznek, ezért a fehér egyedek az evolúció során kiszűrelődtek a vadonélő populációkból. Másrészt viszont – éppen a természetbeli ritkaságuk miatt – az emberek kitenyészítették a fehér (lovak szaknyelven szürke) lovak különféle fajtáit. A fehér ló az emberi kultúrában idővel a ritkaság, a méltóság és a gazdagság státusz-szimbólumává vált [10]. Gondoljunk csak például Árpád vezérének vagy

2010/5

Miért csíkos a zebra?

A poláros fényszennyezés csökkentésének trükkje

[3, 4] látót még napvilágot arra vonatkozóan, hogy milyen funkciói és esetleges evolúciós előnyei lehetnek a zebrák fekete-fehér csíkos mintázatának:

– *Látászólagos méretnövelkedés.* A csíkok, egy vizuális illúzió révén, nagobbnak láthatják a zebrát a valóságos méreténél, ami előnyt jelenthet a ragadozókkal szembeni védekezés során.



2. ábra. Barna ló vérét szívó nőstény bögöly (b) és a kibugyogató vérből lakmározó más legyek (c).

– *Láthatóság csökkentése gyér fényviszonyoknál.* Gyengébb megvilágítási körülmények között (alkonyatkor, hajnalban, holdfényben) a csíkok megegyezhetnek, hogy a zebrákat a ragadozók számára a zebraegyedek elkülönítését.

– *A mozgó csíkok látványa elképzírást okozhat a ragadozókat.* A csordában menekülő zebrák ideoda mozgó csíkjai megegyezhetnek a ragadozók számára a zebraegyedek elkülönítését.

– *Rejtőzködés.* A csíkos kültakaró lehetővé teszi a zebráknak, hogy észrevétel nélkül maradjanak természetes környezetükben a test határvonalának nehezebb fölismérhetősége miatt. Az egyébként nem csíkos mintázatú patás fajok többségénél a sötétebb fűnél és a kifejtett nőstény egyedeknél is megfigyelhető a hatékonyabb álcázást biztosító csíkos testmintázat.

– *Szociális előnyök.* Mivel a csíkos kültakaró egyedi jellegzetességeket mutat, mint az emberi ujjlenyomat, a zebrák esetleg azonosítani tudják egymást a testmintázatuk alapján. E képesség különösen fontos lehet az anyáknak és csikóiknak kapcsolattartásán, vagy udvarlásakor a hímek és nőstények közti kommunikációban.

– *A fizikai állapot jelzése.* A sebesülések, sérülések vagy valamilyen káros elváltozás miatt kialakuló szabálytalanságok a csíkos mintázatban vizuálisan jelezhetik az egyed leromlottabb fizikai állapotát (fimeszt), ami hatással lehet a parvasztására.

– *Hőszabályozás.* A bőr alatti zsírszövet és a fekete csíkok elhelyezkedése összhangban áll egymással, miáltal a zsírszövetcsíkok egyfajta hőátadó szervként működhetnek, ami szerepet játszhat a test hőszabályozásában. Mérészet, a fekete és a fehér csíkok eltérő mértéki fölmelegedése miatt a kültakaró fölött apró fől- és leszálló légáramok alakulhatnak ki, melyek fokozhatják a hőleadást.

– *Védelem a cecelvények ellen.* Egyes megfigyelések szerint a zebrákat kevésbé támadják a vérszívó cecelvények, mint más egyszínű patás állatok. A cecelvények vérszívásával súlyos betegségek, többek között az afrikai álomkór kórokozói terjesztik.

Ruxton [3] és *Caro* [4] arra a következtetésre jutottak, hogy a hipotézisnek többségét semmiféle kísérleti adat nem támaszja alá, miáltal még ma sem tudjuk, hogy miért alakult ki a zebrák csíkos mintázata. Mindazonáltal, a legelfogadottabb magyarázat szerint a csíkok védhetnek a cecelvények ellen [5].

Bögölyök és lovak

A nőstény bögölyöknak petéik érleléséhez emlősök vértre van szükségük. Vérszívásukkal (2. ábra) számos veszélyes kórokozót hordozó és

terjesztői, emellett vérvesszeséget okoznak, fájdalmas csipésűekkel pedig zaklatják a legelő lovakat és szarvasmarhákat, ami jelentős gazdasági kárral (lassabb testtömeg-gyapmodással, csökkent tejtermeléssel) jár. Attól függően, hogy a különböző bögölyfajoknak milyen a földrajzi eloszlása Afrika-szerte, a vérszívó legyek súlyos állategészségügyi problémákat jeleníthetnek a zebráknak is.

A bögölyfajok vizek közelében rakják le a petecsomóikat, lárvák vízben vagy nedves talajban fejlődnek. Emiatt a kifejtett nőstények és hímek vonzódnak a vízszintesen poláros fényhez, mert a vízzel visszaverődő ilyen fény alapján találják meg a vizes [6]. A bögölyök pozitív polarizációsánkat öt fontos funkciója van. (i) A nőstények számára ki-

jelölt a jó peterakó helyet, ahol a lárvák a vízbe juthatnak. (ii) Nagyból eséllyel találunk a nőstények gazdálalata, hiszen a társas nővények gyakran megtalálhatók az édesvizek mellett, ahol isznak, vagy fürdenek. (iii) Útmutató a nőstények és a hímek számára a vízlelőhelyek felé, ahol illanok és hirtetnek magukat. (iv) Mindezt nemet olyan helyre irányítja, ahol nagy valószínűséggel egymásra találhatnak és párosodhatnak. (v) A bögölyök kevésbé vonzódnak a fehér, mint a sötét (fekete, barna) szőri emlősökhöz, továbbá a szárazról visszaverődő fény polarizációja is segíti őket a gazdállal megtalálásában [7].

A zebracsiskos kültakaró átmenet az egyszínű fekete és fehér között, ezért azt várjuk, hogy a zebrák bögölyvonzó-képessége a fehér és fekete lovaké közé esik. Ezt több terepkísérletben tanulmányoztuk.

Terepkísérletek zebracsiskos mintázatok bögölyvonzásának vizsgálatára

Az 1. kísérletben egy szokolyai lovas tanya közelében három, étőljal tölött, fehér peremű fekete tálcát helyeztünk a földre, melyekből több héten keresztül, naponta begyűjtöttük a csapdázott bögölyöket. Az egyik talca teljesen fekete volt, a másikon és harmadikon 2, illetve 6 fehér csík egymásra merőlegesen (3. ábra, 1. sor). A tálcák sorrendjét naponta véletlenszerűen változtattuk. Mivel a különböző számú fehér csíkokkal ellátott tálcák fekete összefüggése kissé eltérő volt, ezért a bögölyökre kifejtett vonzóképeség vizsgálatakor a csapdázott bögölyöknél az egyszínű fekete (a fényt erősen és vízszintesen polarizáló) csapdátelűre eső számát hasonlítottuk össze.

A 2. kísérletben egy gödi lovas tanyán két hónapon át öt, étőljal te li tálcát hagytunk a földön, néhány naponta változó sorrendben (3. ábra, 2. sor): egy fekete és egy fehér talca, valamint három másik, kétszer akkora felületű talca 1-1, 3-3, illetve 6-6 darab fekete-fehér párhuzamos csíkkal, azonos nagyságú fehér és fekete összefüggéssel. Itt is rendszeres időközönként begyűjtöttük a csapdázott bögölyöket.

A 3. kísérletben az említett szokolyai lovas tanya mellett egy hónapig volt a földön naponta véletlenszerűen változó sorrendben három azonos nagyságú, fekete-fehér csíkos tesztfelület, melyeket állászo, színtelen, szagtalan, eső- és napfényálló ragaccsal kentünk be. Az 50-

A foltos kültakaró előnye

A szarvasmarhák kültakarójának mintázata változatos. Az állattenyésztők elsőséges célja a marhafajták gazdaságilag fontos tulajdonságainak, mint a tej- és húshozam vagy a parazítákkal, vagy időjárással szembeni ellenálló-képesség maximalizálása, miáltal a szőrzet színe és mintázata csak másodlagos szempont. Vérszívás közben a nőstény bögölyök súlyos betegségek kórokozói vehetik át a gazdállatokba, továbbá annyira zaklatják azokat, hogy nem tudnak legelni, így a tej- és hústermelésük drasztikusan csökken. Egy megfelelő színű és mintázatú kültakaró azonban minimalizálja a bögölyök támadásait, s ezáltal a gazdállatot bizonyos előnyhöz juttathatja. Terepkísérletekben a foltok méretének s nagyságának és bögölyökre gyakorolt vonzóképeségének a kapcsolatot vizsgáltuk. Kimutattuk, hogy minél kisebbek a foltok és minél több van belőlük, annál kevésbé vonzó a foltos gazdállat a bögölyök számára, s mindebben nagy szerepet játszik a kültakaróról visszaverődő fény polarizációja is. Ez lehet az egyik oka annak, hogy a kültakaró foltos és csíkos mintázatait az emlősök körében meglehetősen elterjedtek, különösen a patásoknál, melyek többsége a bögölyök gazdállatai közé tartozik.

A szarvasmarhák kültakarójának mintázata változatos, kezdve a homogén fekete vagy barna színűtől a barna-fehér, illetve fekete-fehér foltoson át az egyszégen fehér vagy szürke színűig (1. ábra). Ezen adott fajra/fajára jellemző kültakaró-mintázatok az állattenyésztés eredményei. A különböző mintázatoknak van néhány jól ismert előnye és hátránya. A kültakaró sötétsége például befolyásolja az állat hőháztartását [1]: a fekete vagy barna több fényt nyel el, mint a szürke vagy a fehér. Az állat láthatósága erősen függ a mintázat színinté befolyásától és a háttértől; ha a színe hasonló a háttérhez, akkor nehéz észrevenni. Egy adott optikai háttér előtt a mintázat színinté befolyásolja a láthatóságot: egy foltos állat felülnő lesz a homogén háttér előtt, de a strukturált háttérbe beleolvad. A tenyésztés során a szarvasmarhák kültakarójának világossága, színe és foltossága háttérbe szorult és csak mellékterületei a kereszteszűnek, aminek fő célja, hogy gazdaságosság szempontjából maximalizálja az állatok más, fontosabb tulajdonságait, mint például a tej- vagy hústermelést, az időjárással szembeni ellenálló-képességet, a formát vagy a méretet.

Nemrég derült ki [2, 3], hogy a fehér lovak kevesebb vérszívó bögölyt vonzanak, mint a feketék vagy barnák. E jelenség részben a lovak szőrének fénypolarizáló-képességével és a bögölyök pozitív polarizációsával magyarázható. A bögölyök vízparti növényekre vagy víz, mellett nedves helyekre rakják petéiket, éppen ezért vizek közelében találunk a petézsűtűk. Mint a szaporodásukban vízhez kötődő rovarok általában [4, 5], a bögölyök is a vízfelszínről visszavert vízszintesen poláros fény alapján találják meg a lárvák kifejlődéséhez szükséges vizezteket [6, 7]. Minél nagyobb a vízszintesen poláros visszavert fény polarizációfoka, annál több bögölyt vonz [8].

A nőstény bögölyök petéik érleléséhez az emlősök vért szívják. Elközben súlyos betegségek kórokozói is terjeszthetik [9]. A szarvasmarhákat erősen zavarhatják a bögölyök támadásai, aminek eredményeként kevesebbet legelnek a nap folyamán, ezért a testtömegük és tejtermelésük erősen lecsökken [10]. A lovak hasonlóan szenvednek a bögölyök zaklatásaitól, minek következtében lefogynak, illetve a folytonos zavarások miatt nem lehet őket megfogolni. A kültakaró megfelelő világossággal, színnel és mintázattal minimalizálhatja a bögölyvonzó-képességet, ami előnyös a bögölyök genetikai számára.

A bögölyök gazdállathoz való vonzódása nemcsak a világos (szürke vagy fehér) kültakaróval csökkenthető [2, 3], hanem a kültakaró megfelelő mintázatával is. Kiderült, hogy például a zebrák fekete-fehér csíkos mintázata hatékony védelmet nyújt a bögölyök támadásai ellen, mert a bögölyvonzó-képesség drasztikusan csökken a csíkészség csökkenésével [11, 12]. A csíkok szélessége olyan határok között változik a zebráknál, hogy bögölyvonzásuk minimális. A csíkos mintázat előnyös a bögölyök más gazdállatai számára is, és talán ez az egyik oka a csíkos kültakaró széles körben való elterjedésének az emlősök, különösen a patások körében.



1. ábra. A szarvasmarhák kültakarójának mintázata sokféle, kezdve a homogén fekete (A) vagy barna színűtől (B), a barna-fehér (C), illetve fekete-fehér foltoson (D, E) át, az egyszégen fehér vagy szürke színűig (F). Foltos kültakarójú emlősök. (G) Amerikai foltos ló (*Equus caballus*), (H) Magyar foltos ló (*Equus caballus*), (I) Pöttyös őz (*Axis axis*), (J) Zsiráf (*Giraffa camelopardalis*), (K) Mexikói földimókus (*Spermophilus mexicanus*), (L) Tigris quoll (*Dasyurus maculatus*), (M) Közönséges petyengő (*Genetta genetta*), (N) Foltos hiéna (*Crocuta crocuta*), (O) Gepárd (*Acinonyx jubatus*)

gölyvonzásuk minimális. A csíkos mintázat előnyös a bögölyök más gazdállatai számára is, és talán ez az egyik oka a csíkos kültakaró széles körben való elterjedésének az emlősök, különösen a patások körében.

RESEARCH HIGHLIGHTS

Why horses wear white

Proc. R. Soc. B doi:10.1098/rspb.2009.2202 (2010)

White horses are more susceptible to skin cancer and predation than their darker kin, but their coats seem to protect them from another danger: pathogen-bearing horseflies.

Gábor Horváth at Eötvös University in Budapest and his colleagues tracked the landing frequency of horseflies on horses of different colours. The flies preferred black and brown horses. When the team covered horse models in transparent glue, more than 15 times as many horseflies stuck to dark models as to white ones.

The authors found that, unlike white horses, dark-coloured horses reflect polarized light, which horseflies can detect. A brown matt cloth attracted horseflies only if it was covered by a transparent, light-polarizing sheet, demonstrating that polarized light, not dark colour, draws the flies.



MOMATIUK & EASTCOTY/CORBIS/PHOTOLIBRARY

Science

AAAS.ORG | FEEDBACK | HELP | LIBRARIANS

Science Magazine

Enter Search Term

SEARCH

ADVANCED

GUEST | ALERTS | ACCESS RIGHTS | MY ACCOUNT | SIGN IN

AAAS

NEWS

SCIENCE JOURNALS

CAREERS

BLOGS & COMMUNITIES

MULTIMEDIA

COLLECTIONS

JOIN / SUBSCRIBE

Science on Twitter :: 2009 Visualization Challenge :: Help AAAS Win the Siemens Smart Chopper :: Science on Facebook

ScienceShots



Bug repellent. White horses have a tough time in the wild. They're prone to skin cancer, and they stick out to predators. But they do have one advantage: They attract far fewer blood-sucking horseflies than do brown or black horses. The reason has to do with physics, researchers report online 3 February in the *Proceedings of the Royal Society B*. The flies home in on polarized light—light whose electric field vibrates in a single direction—which a horse's glossy coat reflects in abundance. But a white horse's pale hide and hair also reflect large amounts of non-polarized light, scrambling the signal that otherwise says "I'm tasty" to hungry horseflies. (Photo: Photos.com)

Echo 0 Elem

Admin

Follow

Follow

Moderáció

Moderáció

Általános Be

Általános Be

Admin Üzenc

HOW THE ZEBRA GOT ITS STRIPES



http://news.sciencemag.org/sci

If there was a 'Just So' story for how the zebra got its stripes, I'm sure that Rudyard Kipling would have come up with an amusing and entertaining camouflage explanation. But would he have come up with the explanation that Gábor Horváth and colleagues from Hungary and Sweden have: that zebra's stripes stave off blood-sucking insects (p. 736)?

Horseflies (tabanids) deliver nasty bites, carry disease and distract grazing animals from feeding. According to Horváth, these insects are attracted to horizontally polarized light because reflections from water are horizontally polarized and aquatic insects use this phenomenon to identify stretches of water where they can mate and lay eggs. However, blood-sucking female tabanids are also guided to victims by linearly polarized light reflected from their hides. Explaining that horseflies are more attracted to dark horses than to white horses, the team also points out that developing zebra embryos start out with a dark skin, but go on to

develop white stripes before birth. The team wondered whether the zebra's stripy hide might have evolved to disrupt their attractive dark skins and make them less appealing to voracious bloodsuckers, such as tabanids.

Travelling to a horsefly-infested horse farm near Budapest, the team tested how attractive these blood-sucking insects found black and white striped patterns by varying the width, density and angle of the stripes and the direction of polarization of the light that they reflected. Trapping attracted insects with oil and glue, the team found that the patterns attracted fewer flies as the stripes became narrower, with the narrowest stripes attracting the fewest tabanids.

The team then tested the attractiveness of white, dark and striped horse models. Suspecting that the striped horse would attract an intermediate number of flies between the white and dark models, the team was surprised to find that the striped model was the least attractive of all.

Finally, when the team measured the stripe widths and polarization patterns of light reflected from real zebra hides, they found that the zebra's pattern correlated well with the patterns that were least attractive to horseflies.

"We conclude that zebras have evolved a coat pattern in which the stripes are narrow enough to ensure minimum attractiveness to tabanid flies", says the team and they add, "The selection pressure for striped coat patterns as a response to blood-sucking dipteran parasites is probably high in this region [Africa]."

10.1242/jeb.070860

Egri, Á., Blahó, M., Kriska, G., Farkas, R., Gyurkovszky, M., Árkson, S. and Horváth, G. (2012) Polarization modulation least attractive to tabanid flies as the stripes become narrower, with the narrowest stripes attracting the fewest tabanids. *J. Exp. Biol.* **215**, 738-745.

Kathryn Knight
kathryn@biologists.com

© 2012 Published by The Company of Biologists Ltd

THE JOURNAL OF EXPERIMENTAL BIOLOGY

SECURE BEST OFFER
US\$225.00 - One Year via
Credit Card

NewScientist Connect IT'S NOT ROCKET SCIENCE

SUBSCRIBE

NewScientist Life

search New Scientist Go Log In My New Scientist

Home News In-Depth Articles Blogs Opinion TV Galleries Topic Guides Last Word Subscribe Dating Look for Science Jobs

SPACE TECH ENVIRONMENT HEALTH LIFE PHYSICS&MATH SCIENCE IN SOCIETY

Home | Life | News

Zoologger: Don't bite – how the zebra got its stripes

12:56 09 February 2012 by Wendy Zukerman
For similar stories, visit the Zoologger Topic Guide

Zoologger is our weekly column highlighting extraordinary animals – and occasionally other organisms – from around the world

Species: *Equus burchelli*, *E. grevyi*, *E. zebra*

Habitat: Open grassland areas and woodlands

Zebras are quite the communists. They graze together, groom each other and stay in packs to protect themselves from predators. And while some herds reportedly contain harem, a recent study observed peaceful and equal interactions among all the sexes.

But it's not their egalitarian habits that define them, it's their distinctive black and white stripes, which for centuries have puzzled biologists. Now Adam Egri at Eötvös University in Budapest, Hungary, and colleagues have an answer: they believe zebras evolved stripes to protect themselves from blood-sucking insects.

The zebra is completely black as an early embryo, and white stripes only appear in a later embryonic stage, when the production of dark pigmentation is blocked. Each zebra has a subtly different stripes, acting like nature's own barcode.

Charles Darwin wondered what purpose they served. A popular theory, both in the 19th century and today, is that zebras evolved striped coats as camouflage in tall grass. But, as Darwin noted, the stripes cannot afford any protection in the open plains of South Africa.

Social stripes

More recently, biologists have observed that zebras don't attempt to conceal themselves by freezing in response to predators. Zoologist Desmond Morris wrote in his *Animal watching: A field guide to animal behaviour* that "compared to many hoofed animals on the plains of Africa, they are remarkably mobile and noisy and never attempt to hide in cover".

Darwin suggested that zebras developed their unique stripes to recognize each other, which could be particularly important for male and female courting. "A female zebra would not admit the addresses of a male ass until he was painted so as to resemble a zebra," Darwin wrote.

Martin How at the University of Queensland, Australia, agrees that the stripes have an obvious social function. "But it's possible they appeared for another reason and the social benefits came later."

How says he has unpublished evidence suggesting that the stripes evolved to confuse predators, giving zebras crucial time to escape. He analysed videos of zebras with a motion detection program that mimics how movement is encoded in the animal brain. Their stripe pattern generated a range of optical illusions which would baffle a predator, he says. This effect was particularly strong when the animals moved together as a herd.

Dark horse

Another suggestion is that the stripes create a visual illusion, which makes the zebra look bigger than it is. Or perhaps the stripes exist with in camouflage. But there is little evidence to support these claims, so the evolutionary explanation for the zebras' stripes has remained murky.

Egri's team picked up on a theory first proposed in 1930 and backed up in 1981, when it was demonstrated that biting tsetse flies were least attracted to striped animal models, when compared to black or white models.

PRINT SEND SHARE

This week's issue
Subscribe
NewScientist
SOMETHING FROM THE HISTORY OF SCIENCE
16 February 2012
ADVERTISEMENT

ADVERTISEMENT

NewScientist Connect

LOOKING FOR YOUR HERO?
WE HAVE PLENTY TO CHOOSE FROM

NewScientist Connect

More Latest news

Underground oasis found below Earth's driest desert
00:25 16 February 2012
A thriving community of microbes flourishes two metres below the surface of Chile's parched Atacama desert – the news bodes well for the chances of Mars life

Parasite-plagued flies self-medicate on booze
17:29 17 February 2012
The problems of fruit flies infested by parasitic wasps disappear when they have booze-soaked meals

'Immortal' Tasmanian devil brings vaccine hope
15:12 17 February 2012
Genome scans show that fatal facial cancers evolved from a single Tasmanian devil alive around 18 years ago, and reveal possible vaccine targets

Sir David Attenborough (2012): *Natural Curiosities*

Humble Bee Films – Bristol Television

<http://www.humblebeefilms.com>



Környezetoptika Laboratórium:

<http://arago.elte.hu>

**Köszönöm a
figyelmet!**

