



Ervaringen met een paartje *Boa constrictor* als huisdier

10. Vervellen (2): *De kleuren van de huid*

A.A. Verveen
Poelwaai 3
2162 HA Lisse
www.verveen.eu
Foto's van de auteur

“

“Waar wordt de troebele verkleuring van de ogen door veroorzaakt?”

en

“Zijn er tijdens de vervelfase vóór het afstropen van de opperhuid nog andere veranderingen in de huidskleur van *Boa constrictor* te zien?”

Dit zijn de vragen die in dit artikel aan de orde komen.

Hoewel het afstropen van de oude opperhuid in een uur of twee kan zijn afgelopen heeft de boa voor de hele procedure ongeveer twee weken nodig. Eerst moet er onder de oude opperhuid een nieuwe worden aangemaakt. In deze *vervelfase* (in het Engels de “renewal phase” genoemd) zijn de cellen in de onderste laag van de opperhuid, de basale laag, hard aan het werk om nieuwe cellen voor de nieuwe opperhuid te maken. Ook ziet het dier dan enkele dagen slecht doordat de ogen een blauwgrijze op verdunde melk lijkende kleur krijgen.

De slang is in de vervelfase heel kwetsbaar

In de vervelfase trekt de slang zich meestal ergens rustig terug omdat het dier dan heel kwetsbaar is. Het ziet dan een tijdje slecht, maar dit is niet de enige reden voor de kwetsbaarheid van de slang. De belangrijkste reden is dat de groeiende nieuwe cellen nog niet sterk zijn, waardoor stukken van



Foto 1. Enige dagen oude 40 cm lange schaafwond door het af- en losschuiven van de huid tijdens de vervelfase. Tussen de open wat ingedroogde wonden zijn bloederig verkleurde, ontstoken buikschilden te zien.

Photo 1. A several days old 40 cm long graze of the belly where the skin of the renewal phase had been scraped away or loosened when the snake had crawled into too narrow a crevice. Note the dried out skin of the open wound as well as the signs of inflammation under the loosened scales in between.



Foto 2. De anderdaagse penicilline injectie. Omdat het dier tijdens de injectie naar voren kroop werd zij de richting van de staart geprikt

Photo 2. An injection with penicillin was given every other day. Since the injection caused her to crawl forward it was easier to direct the needle caudally



de héle opperhuid makkelijk kunnen worden afgestroopt. Wanneer dit gebeurt, ontstaan er grote schaafwonden die door vochtverlies en door het optreden van infecties het dier ernstig ziek maken en levensbedreigend kunnen zijn.

Mijn grootste boa, een vrouwtje, kroop eens tijdens de vervelfase in een te nauwe spleet, waardoor zij een groot deel van de opperhuid van haar buik af- of losschoof (foto 1).

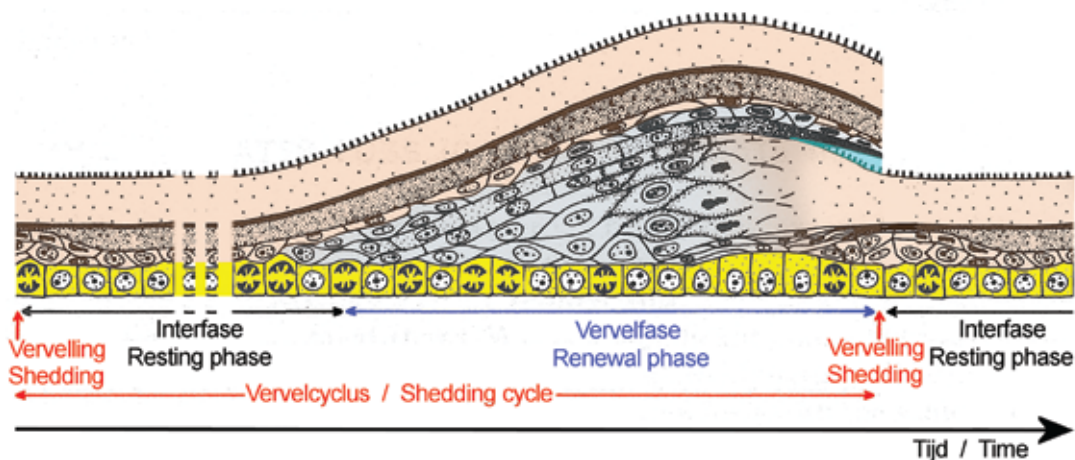
Omdat ik jaren geleden had gemerkt dat slangen ernstige huidwonden goed overleven, dacht ik eerst dat het wel mee zou vallen. Dat was onverstandig van mij, want zij verloor veel vocht uit de wond wat aan de natte kruipsporen op de kranten was te zien. Zij dronk vaak en veel om dit verlies te compenseren, tenminste een keer per dag tegen normaal eens per veertien dagen (VERVEEN, 2005). Ook genas de wond niet. Zij bleef veel wondvocht verliezen waardoor zij bovendien mineralen en eiwitten kwijtraakte. Bacteriën kregen nu de kans haar aan te vallen wat prompt gebeurde en waardoor de wond er minder fris uit ging zien. Bovendien kreeg zij er last van wat zij uitte door zich op haar zij te draaien (foto 1). De dierenarts schreef een kuur penicilline-injecties voor (foto 2) en een dagelijks kortdurend bad (foto 3) in ontsmettend water, wat werd verkregen door betadinejodiumtinctuur in het bad te druppelen. Hierdoor genas het dier, maar het was op het nippertje. Later zou helaas blijken dat deze ernstige belasting ("stress") een vermoedelijk "commensaal" virus de kans had gegeven haar geleidelijk te overmeesteren (VERVEEN, 2005).

Het microscopische beeld van de opperhuid

Tijdens de vervelfase vindt de vorming en ontwikkeling van de nieuwe opperhuid plaats, tegen het eind ervan gevolgd door het afstropen van de oude huid. Om te begrijpen wat er dan met de opperhuid gebeurt, kijken wij eerst naar wat er over de groei van de cellen van de opperhuid bekend is. Uit dit microscopisch onderzoek van de opperhuid tijdens de vervelcyclus komt het volgende beeld naar voren (figuur 1) (MADERSON, 1965, 1984, 1985).

Foto 3. Het dagelijkse 10 minuten-bad in betadinejodium houdend water

Photo 3. Her daily ten-minute-immersion in a water-bath containing a diluted tincture of betadine-iodine



In de vervelfase worden de cellen van de basale laag (geel gekleurd in figuur 1) actief. Zij gaan zich delen en vormen nieuwe cellen (blauwgrijs) die tussen de basale laag en de oude opperhuid (lichtbruin) liggen. Deze laag nieuwe cellen wordt steeds dikker. Tegen het eind van de vervelfase groeien deze cellen niet meer, maar verhoornen tot de nieuwe opperhuid. Een deel van de nieuw gevormde cellen vormt een speciale laag onder de oude opperhuid (figuur 1), vermoedelijk om het afstropen te bevorderen. Pas op dit moment ontstaat er een nauwe spleet tussen de oude en de nieuwe opperhuid, vermoedelijk (mede) door ophoping van het vocht uit de verhoornde cellen. Nadat de oude huid is afgestroopt stabiliseert de nieuwe opperhuid zich. Dit kan nog enkele dagen in beslag nemen. Een gedetailleerde beschrijving van deze lagen en hun eigenschappen is in de genoemde artikelen van MADERSON te vinden.

Hoewel de tijdsduur tussen opeenvolgende vervelfasen, de *interfase* ("resting phase" in het Engels), sterk kan variëren, heeft de *vervelfase* ("renewal phase") daarentegen per soort een eigen, ongeveer constante duur (MADERSON, 1985, blz. 538; BINDER, 2002, blz. 76). Hierbij moeten wij wel bedenken dat het lastig is om vast te stellen wanneer deze fase precies begint. Verder nemen slangen de omgevingstemperatuur aan waardoor temperatuurgebonden variaties optreden.

Wat is er in de vervelfase te zien?

De vervelfase begint onopvallend, maar gedurende deze beginperiode is bij *Boa constrictor* dikwijls, hoewel vaak lastig, een lichtrode verkleuring van de crèmekleurige delen van de buik te zien: het

Figuur 1. Schematische voorstelling van de ontwikkeling van de opperhuid tijdens de vervelcyclus. De hieronder liggende lederhuid is niet getekend.

Bruin: volgroeide opperhuid. Grijs: groei van de nieuwe huid. Overgang grijs naar bruin: overgang van de natte celstructuur naar de droge hoornstructuur, met (hemelsblauw) vochtophoping in de spleet tussen oude en nieuwe opperhuid. Geel: laag van de basale cellen waaruit de nieuwe cellen ontstaan. Onder deze cellen ligt de veel dikkere lederhuid, die hier niet is getekend. Door de schrijver aangepaste tekening naar Landmann (1975) via Maderson (1985).

Figure 1. Diagram of the epidermal development during the shedding cycle. Brown: ripe epidermal layer. Grey: formation of the new epidermis. Transition from grey to brown: the "wet" cellular layer transforms into the dry keratinous epidermis. At the end of this phase fluid (sky-blue) accumulates in the space between the old and the new keratin layers. Yellow: the stratum germinativum out of which the epidermal cells are formed each time. The dermis has not been drawn. The much thicker dermis that lies below the epidermis has not been drawn. Adapted after Landmann(1975) from Maderson (1985).

roze (of rode) buik stadium (foto 4) ("pink belly" in het Engels). De huid is dan ook iets donkerder van kleur.

Vervolgens zijn er in de vervelfase nog meer deelstadia te onderscheiden. Zo krijgt de buik na een of meer dagen een goed zichtbare blauwgrijze verkleuring boven op de roze verkleuring, terwijl rug en flanken van het hele dier wat "doffer" worden. Dit is het *blauwe buik* stadium (foto 5).

Het doffer worden van rug en flanken valt meestal niet erg op. Omdat het dier vaak op de buik op een ondergrond ligt leveren de ogen meestal het eerste



Foto 4. Twee één jaar oude boa's die in hun klimrek (een ouderwetse televisieantenne) zijn gekropen waardoor hun buikzijde goed is te zien. Het rechter dier bevindt zich in de interfase. Het linker dier is net in de vervelfase gekomen en heeft een roze buik. De staart ervan bevindt zich rechtsonder. Photo 4. Two one-year-old Boa constrictor had climbed into an old-fashioned TV antenna, enabling the study of their bellies. The animal at the right is in the interphase and its belly has the accompanying creamy colour. The animal at left, whose tail is visible at the lower right corner has just entered the renewal phase, showing the accompanying rose-coloured belly, the "pink belly" stadium.



duidelijk zichtbare teken van de komende vervelling op: een geleidelijk sterker wordende melkachtige blauwgrijze verkleuring van de ogen, het *grijze ogen stadium* (foto 6). Hierin is geen roze verkleuring te zien. Deze troebele verkleuring neemt meestal vrij snel af zodat de ogen enkele dagen vóór de vervelling weer helemaal helder zijn (foto 6).

Ook de blauwgrijze verkleuring van de overige huid, met name de buik, neemt af zodat de oorspronkelijke helderheid terugkomt: het "heldere stadium" vóór de eigenlijke vervelling. Je kunt dan denken dat de slang al is verveld, maar het kan nog enkele dagen duren voor de slang de oude opperhuid afstroopt, de eigenlijke *vervelling*.

Foto 5. De slangen van foto 4, enkele dagen later. De donker gekleurde delen van de buik vertonen nu de blauwgrijze verkleuring van het "blauwe buik" stadium boven op de eerder opgetreden roze verkleuring.

Photo 5. The animals of photo 4, photographed after a few more days had passed. During the "blue belly" stadium the darker parts of its belly show a bluish grey hue on top of the earlier acquired pink hue.



Foto 6. Het oog van dezelfde boa (zowel in detail als voor de hele kop) tijdens het hoogtepunt van de vervelfase (links) en kort na het afstropen van de oude huid (rechts). Pas bij dit vergelijken valt het op dat ook de overige huid van de slang een melkgrauwe blauwgrijze verkleuring vertoont. Let op de wijd open pupil links en de smalle spleet rechts

Photo 6. The eye of the same boa (detail, as well as its complete head) during the cloudy eyes stadium of the renewal phase (left) and shortly after sloughing (right). Only by direct comparison does one note that the skin colour changed to a milky bluish grey during the renewal phase. Note the size of the pupils: wide open at left, a narrow slit at right

Foto 7. Flank en deel van de buik van een tussen schuilplaats en glazen wand liggende boa. De melkachtige verkleuring is op de onderkant van de flank en op de buik zichtbaar. De huid erboven en die van de rug maakt een wat doffe indruk hoewel de glans ervan niet is veranderd.

Photo 7. Flank and part of the belly of a boa which lies between a hiding pot and the glass side of the terrarium. The milky coloration is visible on the belly and on the underside of the flank only. The skin elsewhere, though equally shiny, is somewhat dim.



De slang bloost

De roze buik, de kleurverandering die het eerste teken van de komende vervelling vormt, is gering, treedt geleidelijk op en valt vaak pas op wanneer je er bewust op let. Dit verschijnsel zal het gevolg zijn van een versterkte doorbloeding van de huid, het “blozen” van de slang, omdat er voor het aanmaken van nieuwe cellen een grotere aanvoer van bloed nodig is met daarin de voor de opbouw van de cellen benodigde stoffen en zuurstof.

Nu is de buik meestal alleen te zien wanneer de slang op een tak zit. En zelfs dan is het lastig om het begin waar te nemen, omdat het zo geleidelijk optreedt. Er kan dus vaak een dag soms zelfs twee dagen zitten tussen het begin van de vervelfase en de constatering dat de buik iets roze is verkleurd. Zit het dier op de grond, dan is het nog veel lastiger. Meestal valt de verkleuring pas op wanneer de slang al verder in de vervelfase zit, omdat dan aan

de onderkant van de flanken de blauwe buik, de wat later optredende blauwgrijze verkleuring ervan is te zien (foto 7).

Waarom zie je weinig aan rug en flanken?

Dit voert tot de derde vraag; hoe komt het dat je de kleurveranderingen wel aan de buik en de ogen ziet, maar niet of slecht op de rug en het grootste deel van de flanken?

Voor het antwoord hierop en op dat van de troebele ogen en de blauwe buik moeten wij meer in detail naar de kleuren van de huid kijken.

De kleuren van de huid

De huid bestaat uit twee hoofdlagen. Aan de buitenkant de dunne *opperhuid*, die uit verhoornde dode cellen bestaat. De opperhuid beschermt het dier tegen van buiten komende invloeden zoals uitdroging, het binnendringen van bacteriën, geringe



mechanische beschadigingen en schadelijke UV straling van de zon. Daaronder ligt de dikke *lederhuid* (niet in figuur 1 getekend), die uit levende cellen bestaat en die heel stevig is.

De huidcellen hebben een eigen, melkwitte kleur. Hoe dikker de laag huidcellen is, hoe witter de kleur ervan is. Aan de binnenkant van de verse lederhuid van een dode slang is deze melkwitte kleur goed te zien (foto 8B). De donker gekleurde delen van de buitenkant (foto 8A) schemeren er min of meer sterk doorheen, waardoor de kleur varieert van grijs tot een wat blauwig wit. De spieren waarmee het dier kruipt hechten aan de buikhuid. De resten daarvan kleuren in foto 8B de randen ervan iets rood. Wanneer wij de kleurindruk (de kleurtoon,

met een meetbereik van 0 tot 255, zie het kader “Schilderen met licht”) in de sterker wit gekleurde gebieden ter weerszijden van de rug opmeten vinden wij waarden tussen 113 en 131: varianten van hemelsblauw (cyaan).

Aan de buitenkant zie je deze blauwig grijs tot witte melkkleur niet (foto 8A). Dit komt door de *chromatoforen*, pigment bevattende cellen die de slang zijn kleuren geven (zie het kader “Vervende cellen”). De meeste van deze cellen of hun uitlopers liggen boven in de lederhuid en enkele ook in de opperhuid. Zij bedekken de onderliggende cellen waardoor de eigen melkkleur ervan niet zichtbaar is (ZUG, e.a., 2001 blz. 49).

Foto 8. Scans van de huid van een juist overleden mannetje (Verveen, 2006), gezien van buiten (A: opper- plus lederhuid) en van de binnenkant (B: lederhuid)

Photo 8. Colour scans of the skin of a male that had died on the day before (Verveen, 2006), seen from the outside (A: epidermis and dermis) and from the inside (B: dermis)



Vervende cellen

Chromatoforen (Grieks χρωμα (chroma) = kleur en φορεω (phoreo) = dragen, inbrengen) zijn cellen die kleurpigment bevatten. Omdat elke chromatofoor één kleur draagt zijn er allerlei typen chromatoforen (zie WALLIN, 2002). Wit gekleurde delen van de huid zoals de witte banden rond zadelvlekken en de witte centra van verschillende vlekken laten niet de melkkleur van de huidcellen zien, maar zijn door de leukoforen wit gekleurd (Grieks λευκος (leukos) = wit). Dit zijn cellen met grotere guaninekristallen, die een van de blauwgrijze melkkleur wel te onderscheiden spierwitte kleur opwekken door wit licht te reflecteren. Een populaire mutant van *Python regius*, te weten de “piebald” oftewel “witbonte koningspython” vormt hiervan een mooi voorbeeld. De geheel witte vorm hiervan heeft donker gepigmenteerde ogen en is geen albino. Een ander type chromatoforen heeft kleinere kristallen die het blauwe licht verstrooien en daardoor een blauwe kleur reflecteren, de blauwe iridoforen (cf. “iriseren”). Verder zijn er cellen met door het dier zelf aangemaakte melaninekorrels, die een zwarte of bruine en soms roodachtige kleur hebben, de melanoforen (van het Griekse μελας (melas) = zwart). Kleincellige melanoforen bevinden zich ook in de opperhuid (RAHN, 1941, niet getekend in figuur 1). Albino's zijn melaninemutanten die wel de melanoforen bezitten, maar door een productiestoornis de melanine missen. De pigmenten in de gele (xanthoforen, van het Griekse ξανθος (xanthos) = geel) of rode (erytroforen, van het Griekse ερυθρος (erythros) = rood) chromatoforen zijn in planten aangemaakt (denk bijvoorbeeld aan het caroteen uit gele of oranje wortels of aan rode bessen) en komen via de voedselketen binnen.

Sommige kleuren berusten op “pixelmenging” (zie het kader “Schilderen met licht”). Zo wordt de kleur groen bijvoorbeeld gevormd door cellen die geel reflecteren samen met de al genoemde blauw reflecterende cellen. Dit is vergelijkbaar met de kleurproductie via de drie typen pixels (rood, groen en blauw) van de beeldschermen. De blauwe, groene en gele kleuren van de groene boompython *Morelia viridis* en de hondskopboa *Corallus caninus* berusten op plaatselijk verschillende pixelmenging, dan wel ontmenging.

Wordt door een mutatie een bepaald type chromatofoor niet meer aangemaakt, dan verandert de kleur van het dier. Bij groene dieren geeft de uitval van geel blauwe slangen. Zo ontstaan ook de blauw gekleurde groene kikkers die soms in het nieuws komen.

Structuurkleuren

De buitenkant van de opperhuid van slangen bevat vaak een bijzondere structuur, waardoor net als bij een compact disk zogenaamde structuurkleuren worden opgeroepen. Bij de boa constrictor is dit een eenvoudig lijnenraster dat bij felle belichting een fraai kleurpatroon oproept (foto 9) (VERVEEN & ROUWKEMA, 2007). Dit kleurpatroon hoort bij de opperhuid (foto 10) en blijft daardoor ook tijdens en na de vervelling intact.

Melaninekleuren

Lichter bruine melaninekorrels komen in de opperhuid terecht (SZABO, e.a., 1973), waardoor deze een eigen bruine kleur vertoont die maar een gedeeltelijke “afdruk” van het haast zwarte melaninepatroon van de lederhuid voorstelt (foto's 11 en 12).

Foto 11 laat zien dat het zwarte melanine bij deze boa's in de lederhuid zit en het bruine melanine hoofdzakelijk in de opperhuid. Het is mogelijk dat het verschil in kleur op verschil in korrelstructuur berust, maar het kan ook zijn dat het door een verschil in dichtheid wordt veroorzaakt. De verdeling van deze kleuren is in deze foto's over de hele breedte van de huid te zien. De bruine kleur van de opperhuid beperkt zich tot de rug en de bovenkant van de flanken. De opperhuid van de buik en de onderkant van de flanken is veel helderder en van het zwarte vlekkenpatroon van met name de buik en het onderste deel van de flanken is geen tegenhanger in de opperhuid te vinden (foto 12). De helderheid van de kleur van de buikschubben en die van de rughuid zowel in de donkerder zadelvlekken en in de lichtere medaillons is afgebeeld in figuur 2.



Foto 9. Boa constrictor iriseert fraai in het felle licht van de zon. Photo 9. Beautiful iridisation of a sunning Boa constrictor

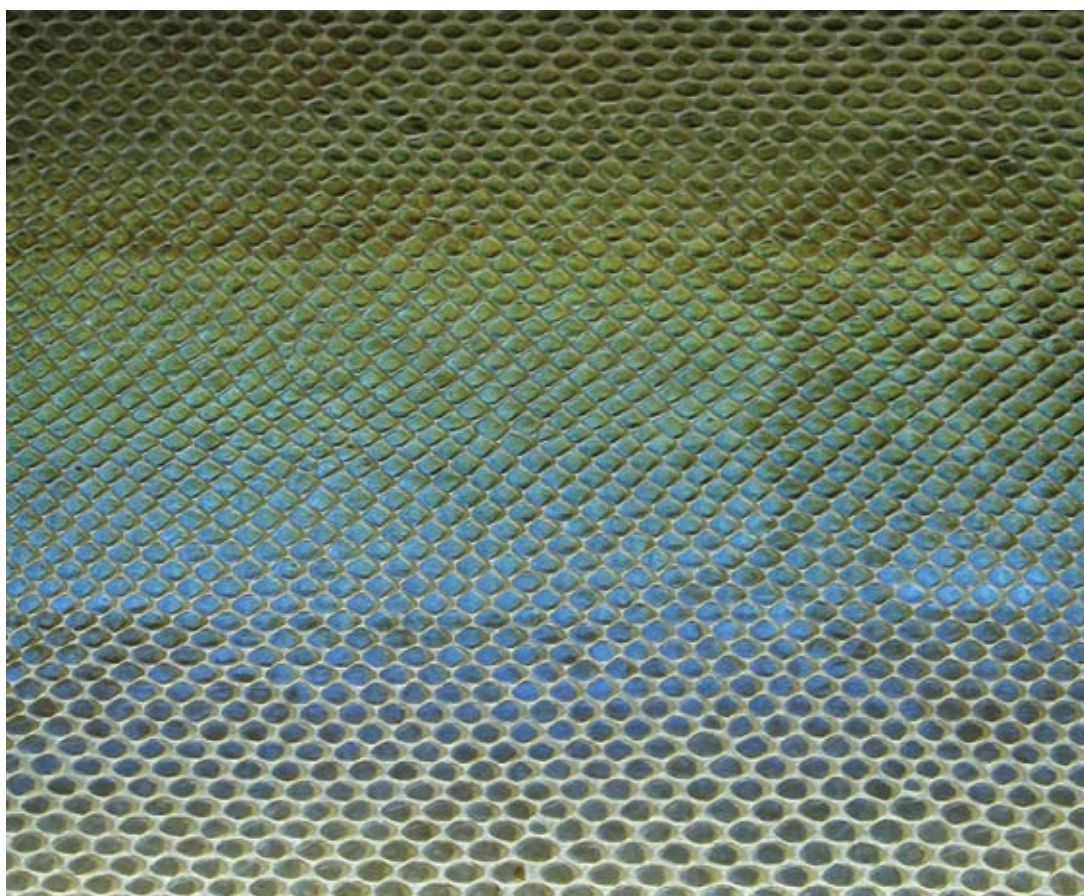


Foto 10. Ook de vervelde opperhuid iriseert in fel licht Photo 10. The sloughed skin does also iridise



Foto 11. Kleurencans van de verse huid en van de onderdelen ervan uit de voorste helft van het lichaam van een kort tevoren overleden boa mannetje (Verveen, 2005). Links: opperhuid en lederhuid zitten nog op elkaar. Midden: lederhuid. Rechts: de verwijderde opperhuid.

Photo 11. Colour scans of the fresh skin and its parts from the frontal part of a recently dead male boa (Verveen, 2005). Complete skin at left (dermis and epidermis), dermis at centre after removal of the epidermis and the removed epidermis (original, not a sloughed skin) at right.

Zichtbaarheid van de troebele verkleuring

Dikte en kleur van de ondergrond

De altijd aanwezige basale laag van de opperhuid bestaat uit levende cellen, maar is zo dun dat de eigen kleur ervan niet opvalt. Wanneer de nieuwe cellen van de opperhuid worden aangemaakt (figuur 1), wordt hun eigen melkachtige kleur (foto 8B) duidelijker naarmate de nieuwe laag dikker wordt. Het duidelijkst is dit op een donkere ondergrond te zien, zoals op de zwarte melaninevlekken van de buik en, in een later stadium, op de dan eveneens donkere ogen. Die ogen zijn dan donker omdat er door de vertroebeling minder licht in valt en de pupillen daardoor wijder open staan (foto 6).

Hoewel het onderzoek van MADERSON (1965) al het tegendeel bewees en JACOBSON (1977, blz. 277) dit bevestigde, komt de opvatting dat de grijze kleur van de ogen berust op de aanwezigheid

van een witte vloeistof die tussen de oude en de nieuwe opperhuid ligt, nog steeds veel voor (zie bv. BINDER, 2002, blz. 76 of: DRENOWSKI, 2003, blz. 60). Vermoedelijk is dit idee van ENGELMANN en OBST (1981, blz. 78) afkomstig, maar mocht men een oudere bron kennen dan houd ik mij aanbevelen. Deze stelling moet naar het rijk van de fabelen worden verwezen. De wat vocht bevattende dunne spleet tussen de twee hoornlagen (hemelsblauw gekleurd in figuur 1) ontstaat pas in het allerlaatste stadium van de vervellingsfase, wanneer het dier opheldert (figuur 1, zie ook de samenvatting in JACOBSON, 1977).

Doorzichtigheid van de opperhuid

(foto's 11 en 12 en figuur 2)

De vraag is nu waarom wij zo weinig zien van de verkleuring op de rug en de flanken.

De oogschubben zijn glashelder. Daardoor is de eigen kleur van de nieuw gevormde levende cellen

Figuur 2. Proeve van kleuren uit de scan van de opperhuid, genomen tegen een witte achtergrond. De lichtdoorlaatbaarheid (Helderheid / Lightness H / L) van de bruin melanine bevattende donkere (71 op 255 = 28%) en lichtere (150 op 255 = 59%) delen van de opperhuid van de rug en die van de bijna glasheldere (232 op 255 = 91%) buikopperhuid, vergeleken met transparant “wit” (255 op 255 = 100%)

Figure 2. Colours from scans of the sloughed epidermal skin against a white background, showing the amount of lightness L related transparency. The brown melanin of darkest parts is rather opaque since it transmits about 71 parts out of 255 (28%), the lighter parts of the back about 150 out of 255 (59%), while the abdominal skin is about completely transparent with about 232 parts out of 255 (91%). The 100% (255 out of 255) situation is presented in the fourth quadrant (white)

Zadeltvlek / Saddle R 100, G 54, B 71 K / H 9 V / S 107 H / L 71	Medaillon R 183, G 146, B 117 K / H 19 V / S 80 H / L 150
Buik / Abdomen R 241, G 232, B 222 K / H 25 V / S 103 H / L 232	Wit / White R 255, G 255, B 255 K / H 0 V / S 0 H / L 255

die de nieuwe oogschub gaan vormen goed zichtbaar op de donkere ondergrond van de wijde pupil. De opperhuid is vaak eveneens heel helder onder in de flanken en op de buik (foto's 11 en 12 en figuur 2), vandaar dat ook daar op de ondergrond van de zwarte melaninevlekken de blauwig grijze kleur van de nieuwe cellen goed is te zien en zich als “blauwe buik” manifesteert (foto 7).

Het overige deel van de opperhuid laat door de bruine melanine veel minder licht door en de blauwgrijze cellaag maakt daardoor dat het dier tijdens de vervelling een wat donkerder indruk maakt. Bij goed kijken blijkt ook hier toch iets van de melkachtige verkleuring zichtbaar te zijn (foto 6). Omdat er een tweede opperhuid onder de eerste wordt aangelegd, zal ook die op dezelfde plaatsen dezelfde bruine melanine in dezelfde hoe-

Foto 12. Kleurenschans van de verse huid van het achterlijf van het dode boa mannetje. Links onder de pijlen: opper- en lederhuid zitten nog op elkaar. Links erboven: alleen de lederhuid. Rechts: alleen de opperhuid van de laatste vervelling. Het valt op dat het zwarte melanine alleen in de lederhuid zit terwijl het bruine melanine alleen in de opperhuid zit en wel in de rug en de flanken. Let met name op de distributie van het zwarte melanine

Photo 12. Colour scans of the fresh skin from the hind body of a dead male boa. Left below the arrows: complete skin: dermis and epidermis. Above the arrows: dermis only. Right: epidermis only, sloughed skin from the last time before he became ill and died. These pictures show that black melanin remains confined to the dermis while the brown melanin is purely epidermal and does not occur in the scales of the abdominal region and of the adjacent parts of the flanks. Note the heavy black melanin coloration of the abdominal skin and its absence in the epidermis



Schilderen met licht

TV- en beeldschermen schilderen met licht. Naar aanleiding van de eigenschappen van ons oog wordt elk kleurpunt door drie licht uitstralende pixels gevormd, een rood R, een groen G en een blauw B pixel. Voor elke pixel varieert de intensiteit van 0 tot 100 procent. Bij het meten van de intensiteit met een digitale computer gebruiken wij een “meetlat” die 256 gelijke stappen telt, van 0 tot 255 (respectievelijk overeenkomend met 0 en 100%):

Rood R	0	20	42	64	85	106	127	148	169	190	212	234	255
--------	---	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Naast de enkelvoudige basiskleuren, de kleurcomponenten R, G en B, zijn twee kleuren ervan voldoende om ons in hun combinaties een uitputtende kleurindruk te geven, de kleurtoon K genoemd. Komt de derde kleurcomponent erbij, dan hoeft de kleurindruk niet te veranderen maar kan er een vergrijzing optreden (een afname van de “verzadiging” V van de kleur) of een toe- of afname van de helderheid H waardoor de kleurtoon lichter dan wel donkerder wordt, met wit en zwart als uiterste waarden.

De invloed van de verzadiging is bijvoorbeeld aan een van de kleurcomponenten (hier groen) te bekijken). In een beeldbewerkingprogramma is dit te doen door de kleurencirkel op te roepen en in de bijbehorende “tabel” de verzadiging V te variëren. Een volledig verzadigde kleur is helder (de waarde van de verzadiging is 255), en deze wordt grijzer bij afnemende verzadiging. Dit is op te vatten als een vermenging met grijs.

Verzadiging V	0	20	42	64	85	106	127	148	169	190	212	234	255
---------------	---	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Op dezelfde manier is de invloed van de helderheid te zien (hier aan blauw, 3^e figuur). Deze geeft de felste kleur bij een helderheid van 127, omdat bij toenemende helderheid de kleur witter wordt en bij afnemende zwarter. Er wordt als het ware wit dan wel zwart “bijgemengd.”

Helderheid H	0	20	42	64	85	106	127	148	169	190	212	234	255
--------------	---	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

Wanneer alle drie de componenten dezelfde waarde hebben, dan is zuiver grijs het resultaat. De intensiteit ervan hangt af van de waarde, met wit en zwart als uitersten:

Naam / Name	Kleurtoon K		Kleur component		
	Hou H		Colour component		
	K / H	K / H	R	G	B
	%	comp	0-255	0-255	0-255
	0-100	0-255			
Rood / Red	0	0	255	0	0
Oranje / Orange	8	20	255	128	0
Geel / Yellow	17	42	255	255	0
Geelgroen / Chartreuse	25	64	128	255	0
Green / Green	33	85	0	255	0
Blauwgroen / Spring Green	42	106	0	255	128
Cyaan / Cyan, Aqua	50	127	0	255	255
Azuur / Azure	58	148	0	128	255
Blauw / Blue	67	169	0	0	255
Paars, Purper / Purple	75	190	128	0	255
Magenta, Fuchsia	83	212	255	0	255
Roze / Rose	92	234	255	0	128
Rood / Red	100	255	255	0	0

Helderheid R = G = B	0	20	42	64	85	106	127	148	169	190	212	234	255
----------------------	---	----	----	----	----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----

De kleurtoon K

De kleurtoon of tint K wordt gevormd door de afzonderlijke kleurcomponenten R, G of B zelf en door combinaties van twee kleurcomponenten:

Overheerst de rode component, dan zien wij een rode tint. Is de rode component twee keer sterker dan de groene dan nemen wij oranje waar (of bruin wanneer de intensiteiten laag zijn). Zijn de rode en de groene component even sterk dan is de tint geel. Overheerst de groene component dan is de kleurtoon groen. Zijn de groene en de blauwe component even sterk dan is de indruk die van cyaan (hemelsblauw) en overheerst de blauwe component dan is de kleurtoon blauw. Dit zijn de kleuren van de regenboog, ook spectrale kleuren genoemd. Overheerst de blauwe boven de rode component dan nemen wij paars waar. Bij gelijke sterkten van de blauwe en de rode component is de kleurindruk magenta (fuchsia). De kleurtoon is roze wanneer de rode component overheerst. De blauw met rood combinaties komen niet in de regenboog voor en heten daarom extraspectrale kleuren.

Alle overige tinten zijn te vinden door andere waarden voor de tweetallen in te vullen. Wanneer men het venster met de kleurencirkel oproept, en vervolgens bijvoorbeeld R 255, G 0, B 0 instelt kan men één van deze waarden opvoeren om te zien wat er gebeurt.

Het is voor het kleurbegrip van belang om met dit venster ook de invloed van de helderheid H en van de verzadiging V op de twee-component-tinten te bekijken.

Via Wikipedia is op het internet veel meer informatie over kleuren, kleurtonen of tinten (Engels: "hue"), verzadiging ("saturation") en helderheid ("lightness") te vinden.

veelheden bevatten (de melanine is niet getekend in figuur 1). De slang zal dus op de bovenste deel van de flanken en op de rug ook al hierdoor extra donker zijn. Voor de lichtbruine delen van de rug komt dit neer op een totale doorzichtigheid (zie figuur 2) van de twee op elkaar liggende opperhuiden van elk ongeveer 60 procent, dus van $0,6 * 0,6 = 0,36$ dus ongeveer 36 procent. Op foto 13, een kopie van foto 7, is in de ovalen de doorzichtigheid teruggebracht tot de uit de metingen volgende percentages. Wij zien dat de zichtbaarheid van de blauwgrijze verkleuring dan flink minder is.

Of dit ook voor andere slangen opgaat, is nog een open vraag. Het is best mogelijk dat de situatie met betrekking tot rug en flanken toch gecompliceerder is dan hier is voorgesteld. Ook is het mogelijk dat de hoeveelheid melanine in de opperhuid zich verder naar omlaag, eventueel zelfs op de buik toe voortzet. In dat geval zal het lastiger zijn het blauwe buik stadium te zien. En wanneer er geen donkere vlekken op de buik aanwezig zijn maakt dat het ook lastiger dit stadium te zien.

Omdat melanine allerlei straling absorbeert waaronder infrarood en ultraviolet licht, is het denkbaar dat deze verdelingen van melanine over de opperhuid en de lederhuid een rol spelen in zowel de bescherming tegen de beschadigende werking van ultraviolette straling als in de opname van warmte. Ook kan het een rol spelen dat roofdieren een donker blijvende slang minder makkelijk kunnen vinden.

Slot

Wij hebben gezien dat de levende cellen van de huid een melkachtige kleur hebben. Tijdens de vervelfase wordt deze kleur duidelijk doordat er een dikke laag levende cellen onder de oude opperhuid wordt gevormd. Deze verhelderen tenslotte door verhoorning, maar de daarin aanwezige lichtbruine melanine belemmert de doorzichtigheid.

De vroegst waarneembare kleurverandering is die tengevolge van de toenemende doorbloeding van de lederhuid. Dit verschijnsel wordt de rode buik genoemd. Deze is slecht zichtbaar doordat zij door de grote hoeveelheid verschillende pigmenten die boven in de lederhuid liggen wordt gemaskeerd. De celgroei zelf manifesteert zich in de blauwe buik - de blauwgrijze verkleuring van de donker gepigmenteerde delen van de buik - en de grauwe



Literatuur

- BINDER, S., 2002. *Boa constrictor*. Natur und Tier - Verlag, München.
- DRENOWSKI, G., 2003. *The guide to owning a red-tailed boa*. T.F.H. Publications, Neptune City, N.J.
- ENGELMANN, W.-E. & F.J. OBST, 1981. *Mit gespaltener Zunge. Aus der Biologie und Kulturgeschichte der Schlangen*. Edition Leipzig, Leipzig.
- JACOBSON, e.r. 1977. Histology, endocrinology, & husbandry of ecdysis in snakes (a review). *Veterinary Medicine / Small Animal Clinician*, February, 275-280.
- MADERSON, P.F.A., 1965. Histological changes in the epidermis of snakes during the sloughing cycle. *J. Zool.* 146: 98-113.
- MADERSON, P.F.A., 1984. The squamate epidermis: new light has been shed. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 52: 111-126.
- MADERSON, P.F.A., 1985. Some developmental problems of the reptilian integument. In: C. Gans, F. Billet & P.F.A. Maderison, Eds. *Biology of the reptilia*. 14 Development A., Chapter 7.
- RAHN, H., 1941. The pituitary regulation of melanophores in the rattlesnake. *Biol Bull* 80: 228-237.
- SZABO, G., P.F.A. MADERSON, S.I. ROTH & R.M. KOSTICK, 1973. Melanocyte activity in the epidermis of the *Boa constrictor* (*Constrictor constrictor*) during the sloughing cycle. *Anat. Rec.*, 176 (4): 377-387.
- VERVEEN, A.A., 2005. Ervaringen met een paartje *Boa constrictor* als huisdier: 6. Verteren (1): braken, gasvorming, drinken [6. Digestion (1): regurgitation, gas formation, and water intake] *Lacerta* 63 (2): 69-79.
- VERVEEN, A.A., 2005. De dood van twee 14 jaar oude *Boa constrictor*. Deel 1: Een vrouwtje dat drachtig leek te zijn [The death of two 14-year old *Boa constrictor*. Part 1: A female that seemed to be gravid] *Litteratura Serpentina* 25 (3): 192-205.
- VERVEEN, A.A., 2006. De dood van twee 14 jaar oude *Boa constrictor*. Deel 2: Het bibberende mannetje [The death of two 14-year old *Boa constrictor*. Part 2: The trembling male] *Litteratura Serpentina* 26 (2): 126-135.
- VERVEEN, A.A. & J. RIUWKEMA, 2007. De iriserende opperhuid van *Boa constrictor*. [The iridescent epidermis of *Boa constrictor*]. *Litteratura Serpentina* in druk.
- WALLIN, M., 2002. Nature's palette. How animals, including humans, produce colours. *Bioscience Explained* 1 (2): 1- 12. www.bioscience-explained.org
- ZUG, G.R., L.J. VITT & J.P. CALDWELL, 2001. *Herpetology, an introductory biology of amphibians and reptiles*, second edition. Academic Press, San Diego, etc.

Foto 13. Kopie van foto 7. In de ovalen is van rechts naar links de helderheid (niet de kleur) van de opperhuid teruggebracht tot die van het medaillon, de dubbellaag van het medaillon, de zadelvlek, de dubbellaag van de zadelvlek, respectievelijk 68, 44, 37 en 17 procent van de originele helderheden van de opperhuid

Photo 13. Copy of photo 7. Within the ovals epidermal lightness (not colour) of the epidermis has been reduced to (from R to L) that of a medallion, two layers of the medallion, a saddle, and two layers of the saddle. Reductions with respectively 68, 44, 37 and 17 percent of the original lightness of the regions of the epidermis

verkleuring van de huid in het algemeen. Daarbij lijkt het er op dat de door melanine verminderde helderheid van de opperhuid op rug en flanken een groot deel van deze veranderingen maskeert. Deze verdeling van melanine functioneert hoogstwaarschijnlijk enerzijds de bescherming tegen de schadelijke eigenschappen van ultraviolette zonnestraling en anderzijds bij de opname van warmte uit infrarode zonnestraling.

Deze antwoorden op de aan het begin van dit artikel gestelde vragen roepen de vraag op naar het *verloop* van deze verkleuringen vóór, tijdens en na de vervelfase. Deze vraag komt in het komende artikel over de vervelling bij *Boa constrictor* aan de orde.

Summary

Keeping a pair of *Boa constrictor* as pets:

10. Ecdysis (2): The colours of the skin

1. The original colour of the living cells of the skin of *Boa constrictor* is a milky white, generating a bluish grey to white colour when viewed against a dark background (photo 8, ~~right~~). **8B**
2. This colour of the epidermal cells is completely masked by the dense colouration of the whole skin (photo 8, ~~left~~) by pigment-containing chromatophores situated in the outer layer of the dermis. **8A**
3. The increased flow of blood through the skin necessarily accompanying the renewal phase is, hence, difficult to see. The lightly coloured parts of the belly darken somewhat and acquire a slightly deeper orange colour. This is the so-called pink belly stage of the renewal phase (photo 4).
4. When the layer of living epidermal cells thickens (figure 1) then their milky colour becomes visible as a bluish grey shine against the dark background of the black spots on the abdomen. This is the so-called blue belly stadium (photo 5). This colour change is also visible on the lowest part of the flanks (photo 7) and on the eyes (photo 6).
5. Back and flanks become somewhat darker in colour during the renewal phase. Upon close inspection a slight milky shine appears to be present (photo 6).
6. Black melanin is mainly situated in the dermis and brown melanin in the epidermis (photo's 11 and 12). The difference in colour may perhaps be caused by a difference in melanin particle density.
7. Brown epidermal melanin is minimal in the abdominal part of the epidermis and the adjacent parts of the flanks (photo's 11 and 12). Translucency and hence lightness is large in these parts and is reduced on the back and flanks.
8. The double density of brown melanin since it is present in both old and newly formed epidermis may be responsible for the fact that the milky shine of the renewal phase is hardly visible on the dorsal and dorsolaterale parts of the boa (figure 2 and photo 13).
9. The epidermal melanin distribution may play a role in the protection against UV radiation as well as in the absorption of heat from the sun.
10. The structural colours (photo 8) are epidermal; hence remain after sloughing (photo 9). They are generated by a simple grid present on the surface of the epidermal skin (Verveen & Rouwkema, 2007).
11. The cells formed during the renewal phase before keratinisation takes place, are delicate and the animal is therefore vulnerable. The boa may even graze itself extensively (photo 1) when it tries to hide itself in too narrow a space. Such a situation may be life-threatening.

A.A. Verveen, 2007.
Ervaringen met een paartje *Boa constrictor* als huisdier
10. Vervellen (2):
De kleuren van de huid
Lacerta 65 (3): 105-119

A.A. Verveen, 2007.
Keeping a pair of *Boa constrictor* as pets
10. Ecdysis (2):
The colours of the skin
Lacerta 65 (3): 105-119

© Copyright:
Creative Commons Licentie

volgens: / according to:
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/>
berust bij: / belongs to:
Lacerta & A.A. Verveen
Zie: / See:
<http://www.verveen.eu/Page002PublicDomain.htm>

Men mag de inhoud van dit artikel gebruiken mits er adequaat naar wordt verwezen (zie hierboven) en dat het in de bijbehorende lijst van publicaties wordt opgenomen, dit alles naar goed wetenschappelijk gebruik.

Bij het publiceren van een foto of grafiek moet de auteur ervan in het onderschrift worden vermeld.

This paper may be used, but it is, of course, understood that any use of the work mentioned in this paper will be adequately referred to (see above), as well as mentioned in the list of references accompanying such a publication, on paper or for a different medium, according to good scientific and public usage.

The author of a picture or graph should be mentioned in the caption too.