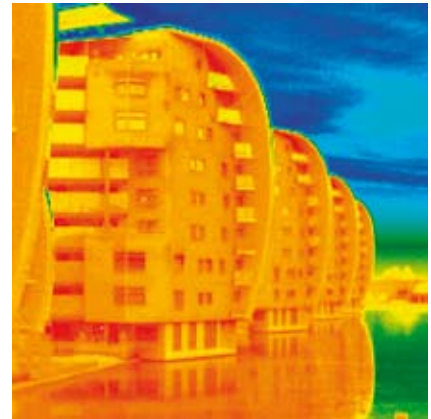
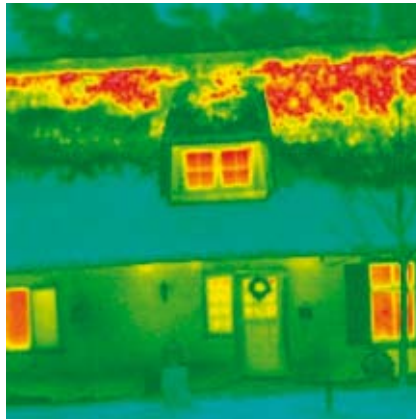
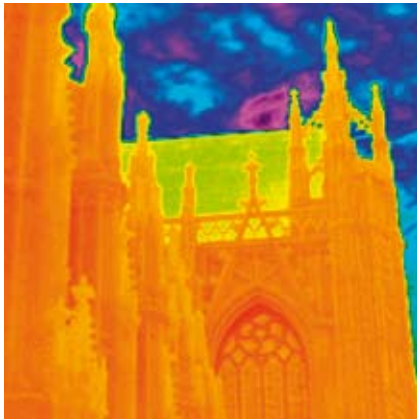
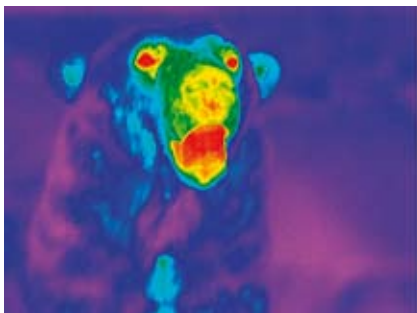


Zwarte, witte, groene, bruine of transparante daken?



N.a.v. de discussie over zwarte en witte daken, die vorige zomer in verschillende artikelen in *Roofs* werd gevoerd, vroeg de redactie Arno Vlooswijk, specialist in thermoregulatie, naar zijn mening. Hij trekt de vergelijking met de planten- en dierenwereld.

Arno Vlooswijk, www.nutscore.nl

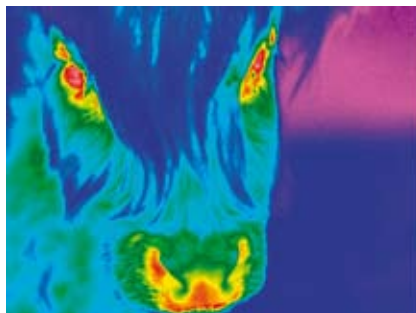


In de natuur is het geen kwestie van “of of”, maar meestal van “en en”. Alle oplossingen in de natuur op het gebied van thermoregulatie zijn hybride en multifunctioneel. Alles wat je aan vet, vacht en veren in de natuur tegenkomt zit thermisch gezien geniaal in elkaar, het is prachtig ontworpen en uitgegroeid. Veel daksystemen hebben een vergelijkbare gelaagdheid, sandwichpanelen of folies waarin verschillende functies verenigd zijn, zoals slijtvastheid, waterafvoer, sterkte en isolatie.

Groene daken

Groene daken zijn momenteel hot, maar welke soorten gebruik je? Veel

planten hebben een bijzonder thermisch verhaal. Sommige planten sluiten 's nachts de bloemen en gaan overdag weer open. Veel arctische planten hebben hun “edele delen” vlak boven het grondoppervlak zitten, zo kunnen ze snel opwarmen, en er komt in de winter gegarandeerd een beschermende isolerende sneeuwlaag over te liggen. Er zijn zelfs planten die warmte genereren. Onderzoekers hebben bloemtemperaturen geregistreerd van 34 graden boven die van de omgevingstemperatuur, er zijn planten die sneeuw laten smelten. Wat ook bijzonder is, is dat er zelfs planten zijn die hun warmteproductie reguleren met de precisie van zoogdieren en vogels, en zo een warm welkom verzorgen voor insecten.



Natte daken

Zweten is voor mensen natuurlijk een bijzondere en effectieve manier van afkoelen, daksproeiers in de glastuinbouw of het sproeien van een olifant werken op hetzelfde principe, verdamping is afkoeling. Het hijgen van een hond komt ook op het zelfde neer, een snelle luchtstroom over een vochtig oppervlak onttrekt warmte aan het onderliggende weefsel. Honden kunnen met een veel hogere frequentie hijgen dan mensen, bij ons werkt hijgen dus niet. Dieren zoals wolven, ijsberen en rendieren hebben daarnaast vaak flink grote neusholten om de ingeademde lucht te conditioneren.

Het nadeel van een vacht is dat hij zijn isolerende werking verliest als hij nat wordt. Zeezoogdieren moeten het dan ook hebben van een dikke laag vet. De huid wordt van bloed voorzien door de bloedvaten die door de vetlaag heen lopen. Een ander aardig voorbeeld is de aalscholver, als een van de weinige watervogels heeft hij geen waterwerende vetlaag op zijn veren, hij

moet na een duik in het water dus de vleugels spreiden en in de zon gaan staan om de boel weer droog (en isolerend) te krijgen. Bij netwerken gevuld met vloeistof loop je het risico van bevriezing. Er zijn zelfs planten en dieren die antivriesmiddel gebruiken, zoals bepaalde zalmsoorten in de poolgebieden. Niet nodig voor een nijlpaard, een modderbad werkt ook heerlijk verkoelend, de eenmaal gedroogde modder werkt bovendien nog eens als zonnebrandcrème.

Dode daken

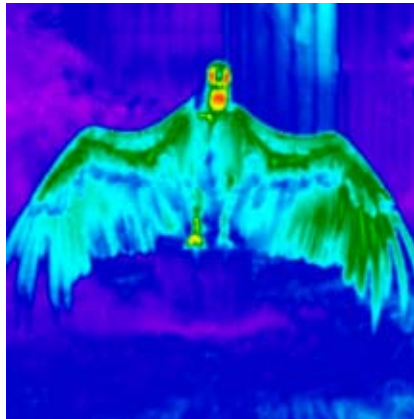
Bij veel landzoogdieren in het hoge noorden bestaat de buitenste laag uit “dood materiaal” (geen bloedvaten, of zacht weefsel e.d.), waardoor het minimale schade oploopt bij vorst. De kameel heeft op allerlei strategische plaatsen eeltbulten om zich tegen de hitte van het zand te beschermen. In de bouw zie je dit principe vaak terugkomen, stenen muren, dakpannen, grind op daken, of tegenwoordig ook muren van in gaas gestapelde natuurstenen.

Uitsteeksels

Allerlei uitsteeksel op daken werken bij het aanleggen van nieuwe dakbedekking vooral tijdrovend en kostenverhogend. Deze zogenaamde “extremiteiten” spelen een belangrijke rol bij de thermoregulatie van dieren. Je zult in het noorden niet veel onnodige uitsteeksels tegenkomen, de bewoners hebben vaak kleine oortjes, korte poten en korte staarten. Dit beperkt onnodige warmte-uitstraling. De uitsteeksels van pooldieren zijn bovendien vaak minimaal voorzien van bloedvaten.

Voor de Afrikaanse koeien met die gigantische hoorns is deze extra warmte-uitstraling wel weer prettig. Veel dieren kunnen hun bloedcirculatie goed sturen, minder bloed naar de poten bij koude, meer bij warmte. Rendieren zorgen voor frisse bloedaanvoer naar de hersenen als ze zich flink aan het inspannen zijn. Oververhitting van de hersenen is namelijk niet bevorderlijk voor je coördinatie.

De kameel heeft ook niet voor niets zulke lange poten. Het lichaam is dan minder gevoelig voor hitte-uitstraling van het zand. Een lange nek is dan ook nodig, omdat hij anders niet kan drinken. Veel woestijninsecten hebben eveneens lange poten, of gaan op een steentje staan om minder op te warmen, snel blijven vliegen houdt het hoofd trouwens ook koel. Insecten worden over het algemeen kleiner, donkerder en meer behaard, hoe noordelijker ze leven. Zo kunnen ze maximaal gebruik maken van zonlicht en toch een isolerende luchtlaag opbouwen.

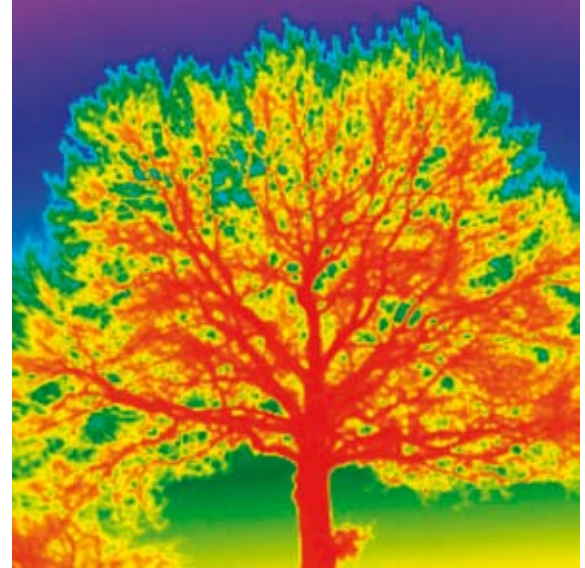


Regelbare daken

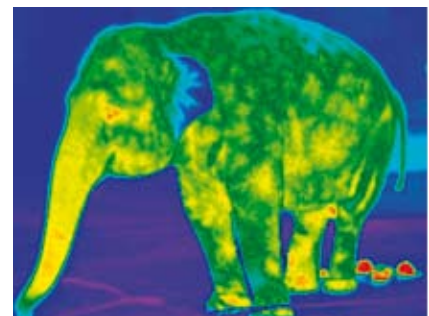
Bij vogels kun je mooi zien dat ze de dikte van de isolerende luchtlaag kunnen reguleren door het opzetten van de veren, net als katten de haren op kunnen zetten (en wij kippenvel krijgen). Door de boel flink open te gooien, kunnen ze ook veel overvloedige warmte afvoeren. Franse ramen bestaande uit lamellen lijken hier wel een beetje op. Een ander mooi voorbeeld van een hybride oplossing is te vinden in de vacht van een zeeotter, 140.000 haren per vierkante centimeter. Door flink in het water te draaien en wentelen creëert hij luchtbelletjes in zijn vacht, met als gevolg extra isolatie.

Slimme netwerken

Een aspect dat in het kader van thermoregulatie ook relevant is, is het zogenaamde “Rete Mirabile” - Latijn voor “prachtig netwerk”. Het is een complex netwerk van vaten en aders. Het werkt volgens



het tegenstroomprincipe, waarbij er warmte wordt uitgewisseld tussen verschillende vaatsystemen. Noem het een biologische warmtewisselaar. Je komt dit principe op heel veel verschillende plaatsen in de natuur tegen. Bij een hond in zijn nek om de hersentemperatuur te bewaken, bij zoogdieren om de zaadtemperatuur te reguleren, bij watervogels om te voorkomen dat de poten bevriezen als ze op ijs lopen, bij pinguïns ook nog in de flippers en neusholte, bij walvissen in de bek, bij zeekoeien in de staart. We kunnen een robot op Mars laten landen, maar op het gebied van warmteterugwinning kunnen we nog lang niet aan het “Rete Mirabile” van moeder natuur tippen.



Op de warmtebeelden van een olifantenhuid kun je bijzondere rozetstructuren vinden, veroorzaakt door de onderliggende bloedvaten. De neushoorn ziet er dan wel uit als een pantservoertuig, de bloedvaatjes zitten heel dicht aan de oppervlakte, hij heeft zo een schaafwond te pakken. De muskusos heeft een soort zadel op zijn rug met relatief

dunne beharing. Op warme dagen kan hier actief warmte worden afgevoerd doordat de bloedcirculatie verhoogd wordt door de vele bloedvaten die hier lopen. Een principe vergelijkbaar met de zogenaamde “warmteluiken” die bijvoorbeeld een walrus op zijn rug heeft. Op deze plekken kan de huidtemperatuur (warmteafgifte) enorm stijgen. Dit is bescherming tegen oververhitting. De wesp laat ook een mooi staaltje multifunctionaliteit zien. Hij moet zijn hoofd koel zien te houden (coördinatie), zijn vliegspieren in het middenstuk worden flink warm en zijn aanstaande nageslacht in het staartstuk heeft ook zo zijn eigen thermische behoeften, niet te warm, niet te koud.

Niet alleen de hulpmiddelen van de dieren zelf, maar ook hun omgeving speelt een belangrijk rol bij de thermoregulatie. Je kunt denken aan de ontwerpen van nesten en holen, gebruik van haren, afgevallen veren of bladeren. Als in de herfst de bladeren van de boom vallen, vormen ze een dik, vochtig pakket. In de winter zorgt dit pakket voor een aanzienlijke afvlakking van temperaturen, gunstig voor de bewoners. Hetzelfde afvlakkende effect kan een laag opgedroogde laag modder of kiezels hebben.

Zwart, wit en patronen

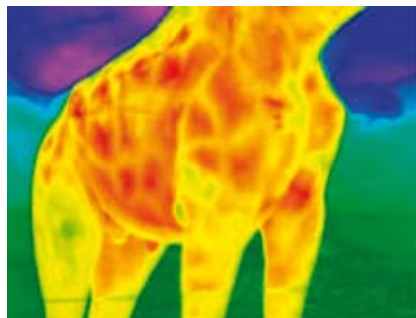
Vachten, met name die van pooldieren, zitten zeer geavanceerd in elkaar, verschillende lagen, holle haren, die gezamenlijk ook nog eens een stilstaande luchtlaag creëren. Bekijk maar eens een vacht van een rendier van zeer dichtbij. Maximaal isolerend, maar ook lichtdoorlatend, mogelijkheden om overvloedige warmte af te voeren en ook nog eens inspeland op de seizoenen.

Het is duidelijk dat een donkere vacht meer warmte absorbeert dan een lichte vacht. Camouflage in de sneeuw is echter ook belangrijk. De haren van pooldieren zijn vaak hol, en reflecteren licht, waardoor ze er wit uitzien. De holle ruimten zorgen voor goede isolerende eigenschappen. De vacht van bijvoorbeeld de ijsbeer en poolvos werkt

als een soort warmte-val. De witte vacht geleidt het korte-golf licht tot diep in de vacht naar de donkere huid, waar het wordt opgenomen als warmte. De lange-golf wordt “gevangen” in de vacht. Hierdoor wordt warmte gebufferd, ook als de zon al onder is - dit is vrij vaak het geval in het noorden. De witte versie van elk willekeurige diersoort is aanmerkelijk beter geïsoleerd dan de donkere versie. Aspergetelers gebruiken deze wetenschap ook door gebruik te maken van zwart-wit folie, waarmee ze naar behoefte kunnen reguleren. Glastuinders willen ook nog wel eens wit kalk op de ruiten spuiten.

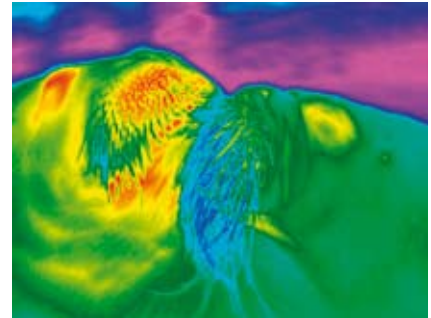
Zebrastrepen

De deskundigen zijn het nog steeds niet eens over de functie van zebrastrepen, er doen verschillende theorieën de ronde, van camouflage tot het misleiden van tsé-tsé vliegen. Ook de ventilatietheorie klinkt geloofwaardig. De witte strepen stoten de warmte af, de zwarte strepen trekken warmte aan. De combinatie van stijgende en dalende lucht heeft het effect van een ventilator. Hij loopt dus ook bij stilstaande lucht, altijd een beetje in de wind.



Je kunt mogelijk hetzelfde verhaal vertellen over de vlekken van de giraf of de stippen van de cheetah, op de MRI scan van een giraf kun je wel zien dat het vlekkenpatroon en het onderliggende bloedvatpatroon een correlatie vertonen. De vloeren van de grote Engelse serres bij landhuizen zijn vaak ook zwart-wit geblokt. Op blote voeten is het temperatuurverschil dat ontstaat onder invloed van de zon op zo'n vloer heel goed te voelen.

De vraag of witte of zwarte dakbedekking beter is, is dus net zo kort



door de bocht als de vraag of een rendier met alleen een ondervacht beter kan thermoreguleren dan een rendier met alleen dekharen. De manier waarop dakpanelen, tapijten of kunstgras gemaakt wordt, begint al een beetje in de buurt te komen van deze multifunctionaliteit, maar heeft nog lang niet het niveau van een rendierenvacht. Er zijn eigenlijk geen dieren of planten te vinden met een structureel probleem op het gebied van thermoregulatie, voor alles is een efficiënte oplossing gevonden, dieren zijn eigenlijk nooit ziek. In de mensenwereld zijn er echter behoorlijk wat gebouwen te vinden met relatief hoge energierekeningen, veroorzaakt door koeling in de zomer én verwarming in de winter, met bijbehorende klachten van de gebruikers van het pand. Er zijn echter ook gebouwen te vinden die deze problemen niet of in veel mindere mate hebben. Een gebouw met een energierekening- of binnenklimaatprobleem is dus eigenlijk gewoon slecht ontworpen. Het beste advies? Zet de bewoner centraal en neem volgende keer een architect die er wel verstand van heeft. ■

Referenties: De voorbeelden zijn afkomstig uit verschillende boeken en onderzoeken op het gebied van thermoregulatie. De warmtebeelden zijn gemaakt door Coen Boonen en Arno Vlooswijk, meer warmtebeelden zijn te vinden op www.worldofwarmth.com, meer verhalen op www.nutscod.nl.