

Update *Batrachochytrium salamandrivorans* in Nederland en Europa

Annemarieke Spitzen, Tariq Stark & Maarten Gilbert

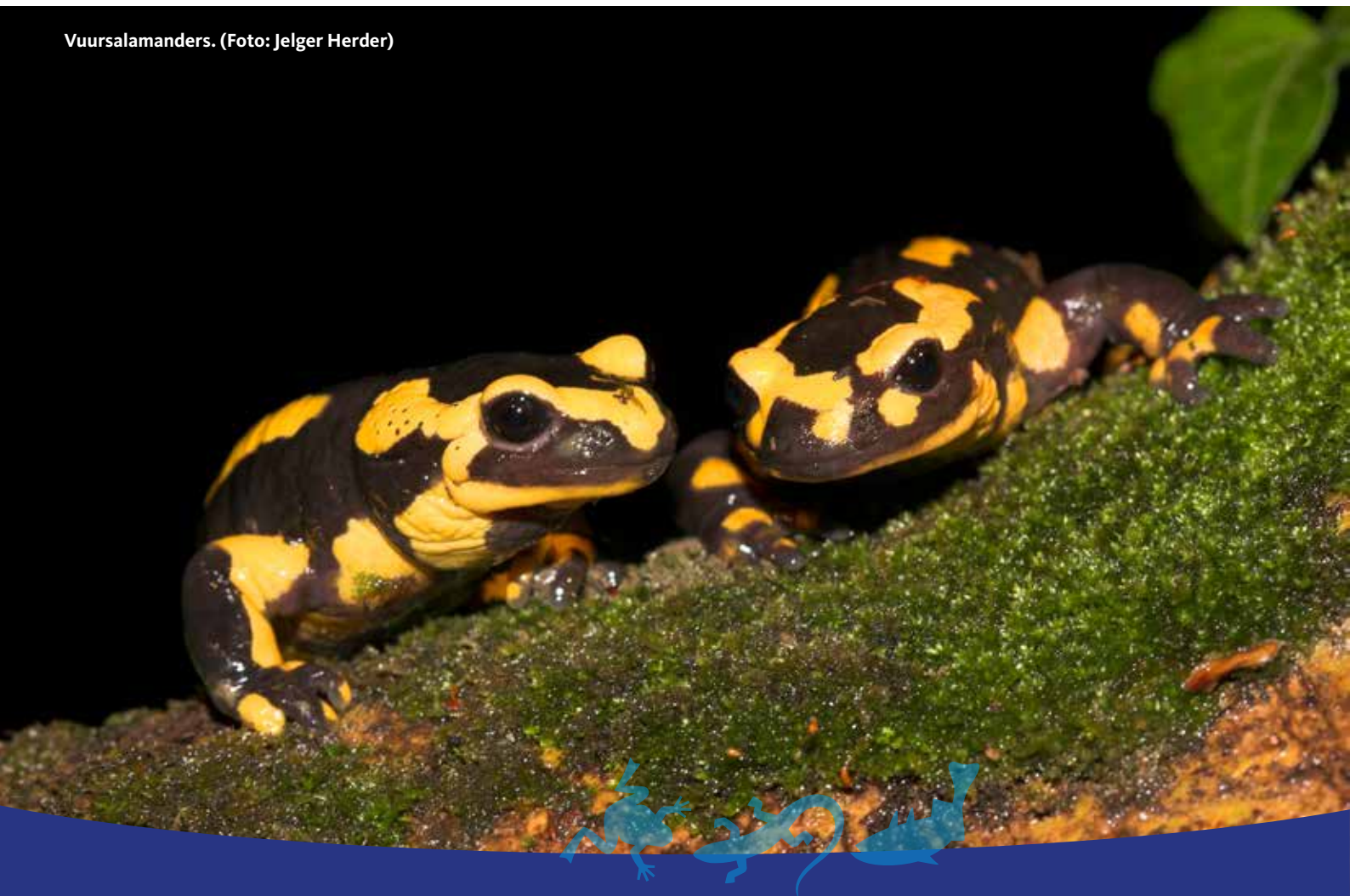
Vrijwilligers die al jarenlang intensief de vuursalamander in Zuid-Limburg monitoren meldden ongeveer 15 jaar geleden een groot aantal dode vuursalamanders. Hun melding van deze opvallende sterfte en het volledig instorten van de inheemse populaties vuursalamanders leidde ertoe dat de chytrideschimmel *Batrachochytrium salamandrivorans* (*Bsal*) werd ontdekt. Deze voor salamanders dodelijke schimmel komt uit Oost-Azië en is door de wereldwijde handel in amfibieën en het gebrek aan bioveiligheid over de wereld getransporteerd en in het milieu terecht gekomen. Is de aanwezigheid van deze schimmel de doodsteek voor Nederlandse salamanders, of zijn er maatregelen te nemen?

Batrachochytrium salamandrivorans (*Bsal*)

De schimmel *Bsal* is niet de eerste chytrideschimmel die buiten zijn natuurlijke verspreidingsgebied voor massale sterfte zorgt onder amfibieën. De schimmel *Batrachochytrium dendrobatidis* (*Bd*) heeft met name in Australië en in Zuid-Amerika voor massale sterfte bij amfibieën gezorgd (Spitzen, 2019). Beide schimmels veroorzaken de ziekte chytridiomycose. Chytridiomycose wordt beschouwd als één van de ergste infectieziekten onder gewervelden in de geschiedenis, door de combinatie van een hoge mortaliteit én een breed gastheerspectrum (Gascon *et al.*, 2007). Wereldwijd heeft chytridiomycose bijgedragen aan het afnemen van ten minste 501 soorten amfibieën (Scheele *et al.*, 2019).

De huid van een gevoelige salamander wordt na besmetting met *Bsal* letterlijk weggevreten. Het verloop van een besmetting tot aan de dood kan zich bij vuursalamanders (*Salamandra salamandra*) binnen twee weken voltrekken (Martel *et al.*, 2013; 2014). Pas in het laatste stadium zie je de symptomen op de huid en kunnen de dieren spierspasmen vertonen. De symptomen zijn zwarte vlekken, vaak afgebakende rondjes op de huid, en gaten in de huid. De dieren worden sloom en apathisch. Omdat het proces zich snel voltrekt kunnen dieren er wat betreft lichaamsconditie nog goed uitzien. De letsels zijn bij donkere salamanders erg lastig te zien. Voor de herkenning van *Bsal* zijn er informatiesheets gemaakt die te

Vuursalamanders. (Foto: Jelger Herder)



downloaden zijn via www.ravon.nl/bsal en via www.bsaleurope.com.

Bsal is wat robuuster dan de andere chytrideschimmel *Bd*. Laatstgenoemde kan bijvoorbeeld niet goed tegen droogte, maar *Bsal* heeft een ingekapseld stadium dat ook kan drijven. Door dit kapsel kan de schimmel lang in het systeem (water en bodem) overleven en door te drijven wordt de schimmel niet of nauwelijks gepreëdeerd door aquatische microfauna (Stegen *et al.*, 2017). Voor succesvolle overdracht van de schimmel is een contact van 1 seconde voldoende (Stegen *et al.*, 2017). Dieren die elkaar even aanraken kunnen dus de schimmel aan elkaar overgeven, maar ook via water kan besmetting plaatsvinden. Als een besmette salamander bijvoorbeeld door een regenplas loopt, dan kunnen de sporen die daarin worden achtergelaten, weer een dier besmetten. Dit betekent dat ook laarzen, schoenen, fiets- en autobanden ideale verspreiders zijn voor de schimmel. Het is daarom dat hygiënisch werken in het veld zo cruciaal is om de verspreiding van *Bsal* (en andere ziekteverwekkers) te voorkomen.

Gehouden dieren zijn te behandelen door ze 10 dagen bij minimaal 25°C te huisvesten, of bij 20°C in combinatie met een antischimmelmiddel (Blooi *et al.*, 2015a; 2015b). Een behandelingsmethode voor dieren in het veld is er nog niet.

De actuele situatie in Nederland

De schimmel blijft, ondanks het sterk gedaalde aantal vuursalamanders, in het Bunderbos aanwezig. Van de oorspronkelijke populatie vuursalamanders resteert nog 0,1% (Goverse & de Zeeuw, 2019). Een nabij het Bunderbos gelegen kleine populatie vuursalamanders is

echter nog vrij van *Bsal*. Deze populatie wordt intensief gevolgd en tot op heden is daar de schimmel nog niet gevonden (Spitzen – van der Sluijs *et al.*, 2021). Momenteel is *Bsal* bekend bij wildlevende salamanders op nog twee andere locaties in Nederland. In Gorssel (Gld.) zijn kamsalamander (*Triturus cristatus*) en kleine watersalamander (*Lissotriton vulgaris*) besmet. In 2018 werden hier de eerste door *Bsal* gedode kamsalamanders van Nederland gevonden en in 2020 de eerste door *Bsal* gedode kleine watersalamander van Europa. Deze uitbraak wordt goed gemonitord en in 2021 zal ook worden onderzocht of de schimmel zich verder in de omgeving heeft verspreid. Het is nog niet bekend wat het effect is op de staat van instandhouding van deze watersalamanderpopulaties. De tweede locatie, buiten het vuursalamanderleefgebied, is Kerkrade (L.). Hier is in 2020 *Bsal* aangetroffen bij Alpenwatersalamanders (*Ichthyosaura alpestris*). Ook hier wordt in het voorjaar van 2021 onderzoek uitgevoerd naar de exacte verspreiding van *Bsal* in deze omgeving.

De sterfte bij andere salamandersoorten dan de vuursalamander lijkt minder massaal te verlopen. Alle Nederlandse salamanders zijn gevoelig voor een besmetting met *Bsal*, maar in verschillende mate. Onderzoek heeft wel aangetoond dat soorten als de kleine watersalamander en de Alpenwatersalamander de schimmel lange tijd bij zich kunnen dragen zonder ziek te worden als de infectie-intensiteit niet te hoog is. Deze soorten kunnen de schimmel dus langere tijd overdragen en ook verspreiden (Stegen *et al.*, 2017). De prevalentie lijkt vaak laag te zijn bij deze soorten, waardoor *Bsal* ongemerkt aanwezig kan zijn. Triturus-soorten, waaronder de kamsalamander, blijken echter zowel in het laboratorium als in het veld gevoeliger te zijn voor *Bsal*, met hogere sterftepercentages. Hierdoor bestaat de zorg dat *Bsal* bij deze soorten een grote impact kan hebben op populatieniveau.

Batrachochytrium salamandrivorans (Bsal)

This leaflet can be used to recognize *Bsal* in the amphibian host; important: the symptoms are variable and can be difficult to detect at an early infection stage. It is often that lesions become evident at a relatively late stage of infection with *Bsal*.

Symptoms

The fungus has not yet been seen to be able to infect lizards, it may infect frogs and toads, but these hosts are not susceptible to disease, hence they don't get sick, but will act as vectors and transmit the fungus to all salamanders and newts.

Metamorphosing salamanders and newts often show reddish-brown superficial lesions (holes in the skin and extensive epidermal ulcerations) on the skin all over the body. The animal may also suffer from anaemia (pale coloring) and ataxia (muscle spasms) and show excessive shedding of the skin. Ultimately the animal dies.

- This first salamander suffered extensive shedding of the skin.
- In this heavily infected fire salamander, the lesions and shedding is clearly visible.
- This amphibian is severely infected and shows skin lesions and ataxia.
- The lesions of the skin are visible in this fire salamander.
- A long-term mortality event of the salamanders is shown.

Photo credits: Frank Penners, Ar Mandel, Walter van Oosterhout, Gert Dierckx

RAVON Dibevo

Het risico bestaat dat ziektes die reptielen en amfibieën die als huisdier worden gehouden bij zich dragen over worden gebracht op wilde reptielen en amfibieën. Dit kan desastreuze gevolgen hebben voor inheemse soorten die geen weerstand hebben tegen deze vaak exotische ziektes.

De huidziekte 'Snake Fungal Disease' (SFD) bij slangen wordt veroorzaakt door een schimmel. Verschillende schimmels (CANV-complex) kunnen een dodelijke huidziekte veroorzaken bij hagedissen. In Noord-Amerika zorgt SFD voor afnemende wilde slangenpopulaties. Inmiddels is SFD ook aangetoond bij wilde slangen in Europa. Beide schimmels (CANV-complex en SFD) komen bij gehouden dieren voor. De overdracht naar wilde slangen en hagedissen kan grote negatieve gevolgen hebben.

Ranavirussen komen voor bij vissen, amfibieën en reptielen. Ranavirus kan massasterfte veroorzaken bij amfibieën. Ranavirussen kunnen ongemerkt aanwezig zijn en lang overleven waardoor ze makkelijk door de mens verspreid kunnen worden. In Nederland is ranavirus bij gehouden en wilde amfibieën aangetroffen, onder andere bij de zeldzame en bedreigde knoffelkpad.

Een reptiel of een amfibie kopen als huisdier?

- Bereid je goed voor, wat heeft het dier nodig en kan ik dit bieden?
- Koop alleen gezond ogende dieren, bij voorkeur nakweekdieren van een betrouwbare kweker.
- Houd een quarantaineperiode van ten minste 6 weken in acht (let op! Sommige ziekteverwekkers kunnen via de lucht worden overgebracht en dus moet de quarantainebak idealiter in een andere ruimte worden geplaatst).
- Laat geen dieren los in de natuur, in parken of in tuinvijvers.
- Let op dat gehouden reptielen of amfibieën niet in contact kunnen komen met wilde soortgenoten. Huisdieren kunnen ziektes overbrengen en zo inheemse populaties in gevaar brengen (en vice versa).
- Zorg voor een goede bioveiligheid, ook bij het afvoeren van je terrarium- en aquariummaterialen.
- Meld een (mogelijk) geval van besmetting bij RAVON.

Uitgegeven door: Stichting RAVON i.s.m. Lacerta, de Salamandervereniging, Dibevo, Europese Slangenvereniging, SATO, DN NVWA
 Gefinancierd door: www.salamander.nl, www.ravon.nl, www.salamandervereniging.nl, www.lacerta.nl, www.dibevo.nl, www.bsaleurope.com, www.gifkakerportaal.nl, www.satonederland.nl, www.snakesociety.nl
 Foto credits: F. Penners, M. Schils, T. Heilebuuck
 Vormgeving: Anton van Woerom

Het onderzoek naar het verloop van een *Bsal*-infectie bij watersalamanders is nog in volle gang. Het verschil in gevoeligheid van soorten in combinatie met de ingekapselde fase van de schimmel, doet vermoeden dat de schimmel zich rap over het land kan verspreiden. We krijgen steeds meer het idee dat de schimmel een bredere verspreiding heeft dan we denken. Doordat ook Alpenwatersalamanders en kleine watersalamanders een lage besmetting met de schimmel latent met zich kunnen meedragen, wordt een besmetting pas opgemerkt als er gevoelige soorten als vuursalamander of kamsalamander aanwezig zijn en besmet worden (en dood gaan). Salamanders die een lange waterfase hebben zijn minder zichtbaar. Hierdoor wordt eventuele sterfte lastiger

In samenwerking met een groot aantal Nederlandse betrokken partijen hebben we een informatiedocument gemaakt om ervoor te zorgen dat ziekteverwekkers niet overspringen van een collectie naar wilde dieren en andersom.
 Gratis te downloaden via www.bsaleurope.com

opgemerkt. In Duitsland zijn enkele kamsalamanderpopulaties door *Bsal* achteruitgegaan (Dalbeck *et al.*, 2018; Lötters *et al.*, 2020).

Omdat deze dieren ook een waterfase hebben en daardoor minder zichtbaar zijn, kan het zijn dat de sterfte er wel is, maar dat deze niet wordt opgemerkt.

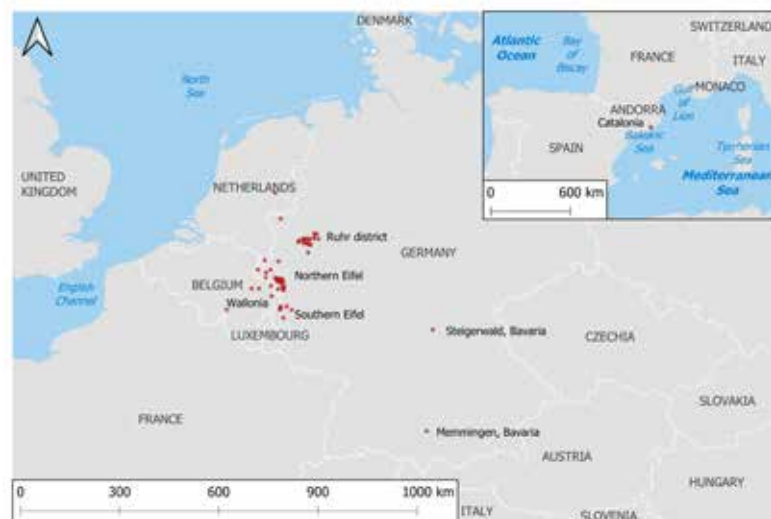
In Nederland zijn er ook verschillende particuliere amfibieëncollecties waar *Bsal* is aangetroffen en waarbij soms vele dieren zijn gestorven. Enkele Aziatische salamanders, maar nadrukkelijk ook kikkers en padden, kunnen de schimmel bij zich dragen zonder er zelf ziek van te worden. Daardoor is bij het importeren, ruilen en verhandelen van deze dieren extra voorzichtigheid geboden. Gezond ogende dieren kunnen de schimmel overbrengen op gevoelige soorten. Dit betekent ook dat een hobbyist aandacht moet hebben voor het verwerken van (afval) water en materialen uit een aquarium of terrarium, om zo geen sporen in het milieu terecht te laten komen. Het buiten huisvesten van amfibieën is om deze reden ook sterk af te raden.

De huidige verspreiding van *Bsal* in Europa

Momenteel is de schimmel aanwezig in Nederland, België, Spanje en Duitsland bij wildlevende salamanders en in collecties. In Engeland is de schimmel alleen bij gehouden salamanders gevonden.

Nieuw onderzoek laat zien dat niet in Nederland, maar in Duitsland het eerste geval van *Bsal* in Europa aanwezig was. Nadat in Duitsland rond 2015 aandacht werd besteed aan de sterfte onder vuursalamanders in Nederland, meldde zich iemand die in 2004 een massasterfte van vuursalamanders had geobserveerd én een dode vuursalamander had gevonden mét de kenmerkende *Bsal*-letsels. Dit dier was bewaard en is onderzocht. Hierdoor kon worden bevestigd dat *Bsal* inderdaad al in 2004 in Duitsland, vlakbij de Belgische grens aanwezig was. In België is *Bsal* vooral vastgesteld in Wallonië (Rouffaer, 2020).

In het Verenigd Koninkrijk is *Bsal* in 2015 aangetroffen in een collectie in Londen. Onderzoekers hebben geprobeerd te achterhalen waar deze besmetting vandaan kwam (Fitzpatrick *et al.*, 2018). Zij konden uiteindelijk 16 collecties traceren waar salamanders vandaan waren gehaald en zij konden bij 11 collecties samples verzamelen. Uiteindelijk bleek dat in zeven van deze 11 collecties *Bsal* aanwezig was, vier in het Verenigd Koninkrijk, twee in Nederland en één in Spanje. Deze casus illustreert hoe de wereld met elkaar in verbinding staat en hoe snel ziektes zich kunnen verspreiden. De analogie met COVID-19 is snel gemaakt. Hygiëne- en quarantainemaatregelen zijn evident belangrijk. De uitbraak van *Bsal* in Spanje laat dit pijnlijk duidelijk zien. Hier is een uitbraak van *Bsal* gedetecteerd doordat tijdens een eliminatie-actie van invasieve salamandersoorten (*Triturus anatalicus* en Alpenwatersalamander) in een natuurgebied twee invasieve salamanders positief testten op *Bsal* (Martel *et al.*, 2020). Door de actie van één particulier die deze, voor dat gebied niet inheemse salamanders had uitgezet, is de besmetting in het wild terecht gekomen. Het natuurgebied is dichtbij het leefgebied van één van Europa's zeldzaamste salamandersoorten (*Calotriton arnoldi*). Intensieve acties zijn genomen om de schimmel uit het gebied te elimineren, waaronder het leeg laten lopen van het voortplantingswater, het desinfecteren van de locatie met chloor, het plaatsen van een net tegen watervogels en amfibieschermen en vangemmers. Echter, doordat juveniele, met *Bsal*



De verspreiding van *Bsal* over Europa. Bron: www.bsaleurope.com (tender ENV.B.3/SER/2016/0028; Mitigating a new infectious disease in salamanders to counteract the loss of European biodiversity).

besmette salamanders, al de kant op waren gekropen vóórdat de actie begon, was er nog een terrestrisch reservoir en kon de besmetting zich handhaven.

Toekomst

Op basis van de huidige kennis blijkt dat *Bsal* cryptisch aanwezig kan zijn in salamanderpopulaties en dat dit niet altijd gemakkelijk te detecteren is. Ogenscheinlijk heeft *Bsal* een bredere verspreiding dan nu bekend is én het illustreert hoe belangrijk het is om altijd goede desinfectiemaatregelen te nemen om verspreiding tussen verschillende locaties te voorkomen. Het betekent ook, dat het verplaatsen van salamanders (en andere amfibieën, waterplanten en water) met grote terughoudendheid en zorgvuldigheid moet gebeuren, omdat *Bsal* en andere ziekteverwekkers (en invasieve waterplanten) op deze manier op nieuwe plekken terecht kunnen komen.

In België is een nationaal actieplan van kracht (FOD, 2016). In 2020 is ook een Europees *Bsal* Actieplan geschreven (Gilbert *et al.*, 2020). Voor een nationale aanpak van *Bsal*, zou een Nederlands Actieplan houvast kunnen geven voor overheden, terreineigenaren en beschermingsorganisaties, om snel en adequaat op een uitbraak te kunnen reageren.

Van de groep amfibieën wordt 40% in hun voortbestaan bedreigd en het is hiermee momenteel de meest bedreigde soortgroep ter wereld. Ook in Nederland gaat het niet goed met deze groep. De aanwezigheid van een invasieve ziekteverwekker is dan ook per definitie zorgelijk. Het is om deze redenen dat het belangrijk is zorgvuldig te werken qua veldhygiëne én om zieke en dode salamanders (maar ook andere amfibieën en reptielen) te melden. De mogelijkheden om te voorkomen dat *Bsal* een land of regio binnenkomt, of om de impact van een uitbraak te mitigeren zijn divers. Tegelijkertijd is er nog weinig praktische ervaring in het beheersen van een uitbraak. Ingrijpen om verspreiding bij een uitbraak te voorkomen en populaties te beschermen kan, maar dient snel en effectief te zijn: 'hit hard, hit early'. Het actief bemonsteren van salamanders over Nederland om te kijken of de schimmel zich heeft verspreid is mogelijk, maar erg kostbaar. Een efficiënte manier voor het detecteren



How to recognize and treat an infection with *Bsal*



The emerging infectious chytrid fungus *Batrachochytrium salamandrivorans* (*Bsal*) causes mass mortality events in both captive collections of salamanders and newts as well as in wild living populations of at least fire salamanders (*Salamandra salamandra*). Swift and accurate detection of the pathogen is of utmost importance to prevent further expansion of this pathogen. This leaflet provides veterinarians an overview of macroscopic and microscopic lesions, the required diagnostic tests to confirm diagnosis, and the proper treatment.



Typical lesions, although not pathognomonic, consist of multifocal epidermal erosions and ulcers, often characterized by a black margin. The extent and size of the lesions range from asymptomatic (at the onset of the infection) 1-2 mm circular and localized lesions to large skin ulcers affecting the whole body. Dysecdysis, anorexia and ataxia may be present. Ultimately the animal dies.

Microscopy

Microscopy includes wet mount preparations, histology, and immunohistochemistry, and requires pieces of whole or shed skin.

Histology/histopathology reveals keratinocytes with eosinophilic necrosis and margined nuclei at the periphery of the erosions/ulcerations. Within these keratinocytes (mostly colonial) thalli can be present.

Immunohistochemistry is used to stain the chytrid fungus (no distinction between *Bd* and *Bsal*).

Wet mounts may reveal the presence of motile zoospores.

PCR/qPCR

Real-time PCR is a sensitive method to show the presence of *Bsal* ante- and post-mortem and can be applied to skin swabs or skin samples.

The *Bsal*- and *Bd* species-specific duplex real-time PCR allows simultaneous quantification of both chytrid fungi in amphibian samples. When used as a post-mortem diagnostic tool, the detection limit should be 1.0 GE of *Bsal* to prevent false positives.

Molecular diagnostic tools should be used in conjunction with histology or histopathology and clinical signs, where applicable.

Treatment

Exposing infected amphibians to temperatures of 25°C for a 10-day period will result in clearance of infection and the healing of associated lesions. This is of course taking into consideration the clinical stage of the disease and the amphibians' thermal tolerance (many urodeles tolerate these relatively high temperatures poorly).

Alternatively: a treatment protocol of a combination of Voriconazole 12.5 µg/ml, Polymyxin E 2000 IU/ml at a temperature of 20°C clears the infection in infected salamanders in 10 days.



More information, literature, diagnostic and reference labs are available via: www.BsalEurope.com and Ghent University, Wildlife Health Ghent, Merelbeke (Belgium).

Photo credits: A. Martel & F. Pasmans (Ghent University)

In samenwerking met een groot aantal Europese partners is voor het project www.bsaleurope.com een herkenningkaart gemaakt om *Bsal* te herkennen. Deze is gratis te downloaden.

van nieuwe uitbraken in Nederland, zowel in wilde populaties als in collecties, is door passieve surveillance via een goed werkend Early Warning System (EWS). Als middelen het EWS een besmetting is geconstateerd, kan via actieve opvolging door middel van eDNA en swabs het verloop van de uitbraak worden gemonitord. Meer informatie over het EWS is te vinden op www.ravon.nl/ziektes. Door het grote aantal actieve mensen in het veld te vragen en te faciliteren in het doorgeven van hun waarnemingen, kunnen we de verspreiding van *Bsal* en andere ziektes goed in de gaten houden.

Summary

Update on *Batrachochytrium salamandrivorans* in the Netherlands and Europe

The invasive chytrid fungus *Batrachochytrium salamandrivorans* (*Bsal*) was introduced in the Netherlands. As a result of this invasive pathogen, the fire salamander (*Salamandra salamandra*) population has declined by 99.9%. The fungus remains present in the Netherlands, spreads and may have a wider distribution than currently known. In 2018 an outbreak was



Detail vuursalamander met huidwondjes.
(Foto: Frank Pasmans)

Netherlands, in addition to dead fire salamanders, dead great crested newts and smooth newts (*Lissotriton vulgaris*) have been found that had died due to a *Bsal* infection. It is possible to prevent the spread of a known outbreak and to protect populations, but actions must be quick and effective: 'hit hard, hit early'. 'Discovering' new outbreaks in the Netherlands, both in wild populations and in collections, can be done through passive surveillance via a well-functioning Early Warning System, after which active surveillance by means of eDNA and swabs are suitable means for monitoring the fungus.

Literatuur

- Blooi, M., A. Martel, F. Haesebrouck, F. Vercammen, D. Bonte & F. Pasmans, 2015a. Treatment of urodeles based on temperature dependent infection dynamics of *Batrachochytrium salamandrivorans*. *Scientific Reports* 5: 8037.
- Blooi, M., F. Pasmans, L. Rouffaer, F. Haesebrouck, F. Vercammen & A. Martel, 2015b. Successful treatment of *Batrachochytrium salamandrivorans* infections in salamanders requires synergy between voriconazole, polymyxin E and temperature. *Scientific Reports* 5.
- Dalbeck, L., H. Düssel-Siebert, A. Kerres, K. Kirst, A. Koch, S. Lötters *et al.*, 2018. Die Salamanderpest und ihr Erreger *Batrachochytrium salamandrivorans* (*Bsal*): aktueller Stand in Deutschland / The salamander plague and its pathogen *Batrachochytrium salamandrivorans* (*Bsal*): current status in Germany. *Zeitschrift für Feldherpetologie* 25: 1-22.
- Fitzpatrick, L.D., F. Pasmans, A. Martel & A.A. Cunningham, 2018. Epidemiological tracing of *Batrachochytrium salamandrivorans* in private amphibian collections identifies widespread infection and associated mortalities in Western Europe. *Scientific Reports* 8: 13845.
- FOD Volksgezondheid, 2016. Chytridiomycose *Batrachochytrium salamandrivorans* (*Bsal*), Actieplan - België, 2017. Brussel, 54 blz.
- Gascon, C., J.P. Collins, R.D. Moore, D.R. Church, J.E. McKay & J.R. Mendelson III, (eds), 2007. Amphibian Conservation Action Plan. IUCN/SSC Amphibian Specialist Group. Gland, Switzerland and Cambridge, UK. 64pp.
- Gilbert, M.J., A.M. Spitzen-van der Sluijs, S. Canessa, J. Bosch, A.A. Cunningham, E. Grasselli *et al.*, 2020. Mitigating *Batrachochytrium salamandrivorans* in Europe. *Batrachochytrium salamandrivorans* Action Plan for European urodeles. Unpublished.
- Lötters, S., M. Veith, N. Wagner, A. Martel & F. Pasmans, 2020. *Bsal*-driven salamander mortality pre-dates the European index outbreak. *Salamandra* 56: 239-242.
- Martel, A., M. Blooi, C. Adriaenssens, P. Van Rooij, W. Beukema, M.C. Fisher *et al.*, 2014. Recent introduction of a chytrid fungus endangers Western Palearctic salamanders. *Science* 346: 630-631.
- Martel, A., A. Spitzen-van der Sluijs, M. Blooi, W. Bert, R. Ducatelle, M.C. Fisher *et al.*, 2013. *Batrachochytrium salamandrivorans* sp. nov. causes lethal chytridiomycosis in amphibians. *PNAS* 110: 15325-15329.
- Martel, A., M. Vila-Escale, D. Fernández-Giberteau, A. Martínez-Silvestre, S. Canessa, S. Van Praet *et al.*, 2020. Integral chain management of wildlife diseases. *Conservation Letters*: e12707.
- Rouffaer, L., 2020. De salamander-etende schimmel: een update. www.natuurpunt.be.
- Scheele, B.C., F. Pasmans, L.F. Skerratt, L. Berger, A. Martel, W. Beukema *et al.*, 2019. Amphibian fungal panzootic causes catastrophic and ongoing loss of biodiversity. *Science* 363: 1459-1463.
- Spitzen, A., 2019. De chytrideschimmel *Batrachochytrium dendrobatidis* in Nederland. Een overzicht van tien jaar onderzoek. *RAVON* 21(4): 64-68.
- Spitzen - van der Sluijs, A., T. Stark, E. Gerverse, J. Janse & N. Lambrixx, 2021. Monitoring vuursalamander 2020. Stichting RAVON, Nijmegen.
- Stegen, G., F. Pasmans, B.R. Schmidt, L.O. Rouffaer, S. Van Praet, M. Schaub *et al.*, 2017. Drivers of salamander extirpation mediated by *Batrachochytrium salamandrivorans*. *Nature* 544: 353-356.

Annemarieke Spitzen, Tariq Stark & Maarten Gilbert, RAVON
a.spitzen@ravon.nl

