

# De Boomkikker in de Doort en omgeving

## DEEL 3. DE INVLOED VAN TERREINBEHEER EN ANDERE FACTOREN OP DE POPULATIEONTWIKKELING IN DE PERIODE 1978-2014

H.J.M. van Buggenum, Rijdtstraat 118, 6114 AM Susteren, e-mail: hvanbuggenum@gmail.com

W.G. Vergoossen, Hattem 89, 6041 SG Roermond, e-mail: wvergoossen@home.nl

In de voorgaande twee artikelen over de Boomkickers (*Hyla arborea*) in de Doort, Horsterplassen, Taterbosch en omgeving is ingegaan op de ontwikkeling van de koorpopulatie (VAN BUGGENUM & VERGOOSSEN, 2015a) en het onderzoek in het zomerleefgebied (VAN BUGGENUM & VERGOOSSEN, 2015b). Er zijn in de onderzoeksperiode ook gegevens verzameld over de inrichting van het leefgebied en het uitgevoerde beheer. Tevens worden in dit laatste afsluitende deel enkele abiotische factoren, zoals het klimaat, besproken die mogelijk van invloed zijn op de ontwikkeling van de metapopulatie.

### ONDERZOCHE FACTOREN

#### Klimaat

Allereerst is onderzoek gedaan naar de regionale ontwikkeling van enkele klimaatfactoren. Daarvoor zijn gegevens opgevraagd bij het KNMI (gegevens 20 januari 2015). Er is gebruik gemaakt van langjarige temperatuurmetingen van meetstation Maastricht-Beek (op een afstand van ongeveer 20 km) en van neerslaggegevens van meetstation Echt (op ongeveer 4 km afstand). Beide stations worden representatief geacht voor de weersituatie in het onderzoeksgebied.

Voor de keuze van te onderzoeken klimaatfactoren gedurende de seizoenen is aangesloten bij voor de Boomkikker relevante perioden

(PELLET *et al.*, 2006). Aldus is voor de winterperiode de (gemiddelde) dagtemperatuur over de maanden januari-maart genomen. Daarnaast is het Hellmann-getal berekend. Dit koudegetal is een maat voor de kou van 1 november van het voorafgaande jaar tot en met 31 maart van het betreffende jaar. Het wordt verkregen door over dit tijdvak alle gemiddelde dagtemperaturen beneden het vriespunt te sommeren met weglating van het minteken. Een strenge winter leidt tot een hoog Hellmann-getal. De reden om de temperatuur in de winterperiode en het Hellmann-getal bij het onderzoek te betrekken, is de mogelijke invloed van deze factoren op de overlevingskans van overwinterende amfibieën (ANHOLT *et al.*, 2003). Vervolgens is de gemiddelde dagtemperatuur berekend voor de koor- en voortplantingsperiode van de Boomkikker (april-juli). Hoge dagtemperaturen leiden tot hogere watertemperaturen. Deze hebben op hun beurt bij veel soorten amfibieën een positieve invloed op de ontwikkeling van de eieren en kikkervisjes, waardoor er meer juveniele dieren aan het landleven beginnen (READING & CLARKE, 1999; LOMAN, 2002). Een mogelijk effect is bij Boomkickers te zien aan de kooromvang twee seizoenen later; de tijd die de meeste mannelijke juveniele dieren nodig hebben om geslachtsrijp te worden en aan de voortplanting te gaan deelnemen (FRIEDL & KLUMP, 1997; PELLET *et al.*, 2006). Verder is ook de gemiddelde dagtemperatuur nagegaan voor de periode april-september in het jaar dat aan een telling voorafgaat. Het is de belangrijkste periode voor de groei, ontwikkeling en overleving van subadulte en volwassen Boomkickers. Goede temperaturomstandigheden zouden een positieve bijdrage kunnen leveren aan de populatieomvang in het volgende jaar. Om dezelfde redenen als voor de dagtemperatuur is ook het totaal aantal uren zonneschijn in de betreffende seizoenen berekend. Als laatste klimaatfactor is gekeken naar de jaarlijkse totale hoeveelheid neerslag in de onder-



FIGUUR 1

Een van de onderzochte factoren is de ontwikkeling van de houtige begroeiing op de oever van een koorplaats: a) poel in het eerste jaar na onderhoud aan de oever en b) dezelfde poel vier jaar later (foto's: H. van Buggenum).

|   | Minimum | Maximum | Gemiddeld | s.d. | R <sup>2</sup> | Trend | p-trend |
|---|---------|---------|-----------|------|----------------|-------|---------|
| Hellmann-getal                              | 0,0     | 238,1   | 68,5      | 58,8 | 7%             | -1,41 | n.s.    |
| Gemiddelde dagtemp. jan-maart (Celsius)     | -0,2    | 7,0     | 4,0       | 1,8  | 11%            | 0,06  | <0,05   |
| Gemiddelde dagtemp. april-juli (Celsius)    | 12,1    | 16,0    | 14,3      | 1,0  | 49%            | 0,06  | <0,001  |
| Gemiddelde dagtemp. aug-sept (Celsius)      | 13,9    | 18,1    | 16,2      | 1,0  | 13%            | 0,03  | <0,05   |
| Totaal aantal zonuren april-juli            | 590,1   | 923,5   | 742,9     | 95,7 | 41%            | 5,65  | <0,001  |
| Totaal aantal zonuren aug-sept              | 224,7   | 467,7   | 326,0     | 53,7 | 14%            | 1,84  | <0,05   |
| Totale hoeveelheid neerslag jan-maart (mm)  | 72,5    | 297,6   | 157,3     | 49,2 | 4%             | -0,94 | n.s.    |
| Totale hoeveelheid neerslag april-juli (mm) | 146,1   | 362,0   | 246,4     | 53,7 | 2%             | -0,67 | n.s.    |
| Grondwaterstand april (cm onder maaiveld)   | -188    | -41     | -97       | 37   | 2%             | -0,58 | n.s.    |
| Grondwaterstand juli (cm onder maaiveld)    | -215    | -96     | -142      | 28   | 9%             | -0,95 | n.s.    |

TABEL 1

Samenvattende karakteristieken en lineaire trendanalyse van de onderzochte klimaatfactoren en (grond)waterstanden in de periode 1978-2014 (s.d. = standaard deviatie; R<sup>2</sup> = percentage verklaarde variantie; p-trend = mate van significantie van de trend; n.s. = niet significant).

zochte seizoenen. Neerslag beïnvloedt de (grond) waterstanden en daarmee de watervoerendheid van wateren en dus het voortplantingssucces van de Boomkikker (FRIEDL & KLUMP, 1997).

### Grondwater- en waterstanden

Het is voor Boomkikkers van groot belang dat potentiële koorplaatsen in het begin van de koorperiode voldoende water bevatten en vervolgens niet te vroeg droogvallen. Aangezien de waterstand van vrijwel alle amfibiepoelen in het onderzoeksgebied vooral afhankelijk is van de grondwaterstand, is op basis van de beschikbare gegevens en aanlegdiepte per afzonderlijke poel of plas berekend wat de waterstand in april en juli is. Er is gebruik gemaakt van metingen in meerdere lokale grondwaterpeilbuizen (bron: DINOloket - 29 december 2014) en eigen veldmetingen in poelen. Vervolgens is als indicatie voor het watervolume van een locatie de waterstand vermenigvuldigd met de maximale poeloppervlakte. Het watervolume zou de draagkracht van een poel voor boomkikkerlarven kunnen bepalen, zoals is aangetoond bij enkele Noord-Amerikaanse amfibiesoorten (PEARMAN, 1993). De duur van de watervoerendheid kan invloed hebben op de overleving, ontwikkeling en grootte van de kikkervisjes bij hun metamorfose. AMBURGEY *et al.* (2012) toonden dit aan voor een Noord-Amerikaanse kikkersoort. Voor verdere analyses zijn per jaar de afzonderlijke poelvolumes van alle poelen in het onderzoeksgebied bij elkaar opgeteld.

### Aanleg en toestand van koorlocaties

Om na te gaan hoe de inrichting van het onderzoeksgebied en de toestand van de amfibiepoelen gedurende de 37 onderzoeksjaren zijn veranderd, is een analyse gemaakt van de beschikbare aantekeningen in onze veldboekjes, dia's en (lucht-)foto's. Daarnaast is gebruik gemaakt van het werkarchief van Staatsbosbeheer. Per (potentiële) koorlocatie is nagegaan wanneer deze is aangelegd of qua inrichting is aangepast. Als poelkenmerken zijn diepte, oeverlengte (=omtrek) en maximale wateroppervlakte gebruikt. Voor het gehele onderzoeksgebied is per jaar nagegaan hoeveel potentiële koorplaatsen (oeverlengte en wateroppervlakte) aan het begin van de koorperiode aanwezig zijn. Voor een daadwerkelijke acceptatie als koorplaats en het voortplantingssucces is het van belang dat de potentiële koorplaatsen voldoende zoninstraling hebben (PELLET *et al.*, 2005). Poelen met veel houtige opslag of verlandingsvegetaties tellen daarom niet of voor de helft mee als potentiële koorplaats. Dit is afhankelijk van de mate van beschaduwing/verlanding en de totale omvang van de poel [figuur 1]. Ook hengelsportwateren vallen af, omdat de Boomkikker dergelijke wateren mijdt. Poelen met alleen Driedoornige stekelbaars (*Gasterosteus aculeatus*) en Tiendoornige stekelbaars (*Pungitius pungitius*) zijn wel geschikt, omdat deze klei-

ne vissoorten onder natuurlijke omstandigheden geen grote predatiedruk op eieren en larven van Boomkikkers uitoefenen (BRÖNMARK & EDENHAMN, 1994).

### TRENDS EN RELATIES

Om trends en onderlinge relaties te achterhalen zijn met alle hierboven vermelde factoren verschillende statistische berekeningen uitgevoerd. Daarnaast is gekeken of er sprake is van een dichtheidsafhankelijke populatieontwikkeling. Daarbij wordt de groei (of afname) van het ene naar het andere jaar beïnvloed door het aantal aanwezige dieren. DENNIS & TAPER (1994) hebben een methode ontwikkeld om dit te toetsen. PELLET *et al.* (2006) hebben dichtheidsafhankelijke groei voor het eerst bij Boomkikkers onderzocht en hebben dit inderdaad bij hun populatie in Zwitserland aangetoond. De ontwikkeling van de metapopulatie van de Boomkikkers in de Doort en omgeving is daarom eveneens op dichtheidsafhankelijkheid onderzocht.

Voor het selecteren en uitvoeren van de verschillende statistische berekeningen is gebruik gemaakt van de softwareprogramma's SPSS 20.0 en SAM 4.0 (RANGEL *et al.*, 2010). De keuze voor de beste verklarende factoren of combinaties van factoren is gebaseerd op daarvoor beschikbare criteria (BURNHAM & ANDERSON, 2002).

### RESULTATEN

#### Klimaatfactoren

De resultaten van de lineaire trendanalyses van de onderzochte klimaatfactoren zijn weergegeven in tabel 1. Daarnaast blijkt uit de beschikbare gegevens dat er in de beginperiode in de jaren 1979, 1985, 1986 en 1987 nog enkele strenge winters met hoge Hellmann-getallen en vrij lage gemiddelde dagtemperaturen zijn geweest. In de loop van de onderzoeksjaren schommelt de jaarlijks gemiddelde wintertemperatuur tot ongeveer vier graden rond het geheel gemiddelde. Verder is er een significant positieve trend van 0,06 °C per jaar aanwezig. Dezelfde temperatuurstijging is ook te zien voor de koor- en voortplantingsperiode, maar de schommelingen en de afwijkingen van de trendlijn zijn voor dit seizoen minder groot. Dit komt tot uiting in een hogere verklaarde variantie van 49%. De waargenomen trend in beide seizoenen (0,06 °C/j) betekent dat tussen het begin en het einde van de onderzoeksperiode, over een periode van 37 jaar, een temperatuurstijging van zo'n 2,2 °Celsius heeft plaatsgevonden. De gemiddelde waarde van de dagtemperatuur in de nazomerperiode is ook significant gestegen, maar met ongeveer de helft van de voorgaande twee seizoenen. Het klimaat-

FIGUUR 2

De aanleg van de eerste nieuwe amfibiepoelen in de Doort in 1983 (foto: W. Vergoossen).



effect is ook af te lezen aan het totaal aantal zonuren in de onderzochte seizoenen. Wel moet worden opgemerkt dat vanaf ongeveer de millenniumwisseling een zekere afvlakking of stabilisatie van de gemiddelde dagtemperaturen lijkt op te treden.

De neerslaghoeveelheden in de winterperiode en in het voortplantingsseizoen fluctueren sterk. Droge en natte jaren wisselen elkaar onregelmatig af. Uit de lineaire trendanalyse komen daarom voor de gehele onderzoeksperiode geen significante trends naar voren.

### Grondwater- en waterstanden

De lokale grondwaterstanden blijken per deelgebied te verschillen, mede afhankelijk van de NAP-hoogte van een locatie. Wel vertonen de standen in alle beschikbare peilbuizen een grote mate van overeenkomst in jaarlijkse schommelingen en seizoensfluctuaties. Ter illustratie kan de grondwaterstand van een peilbuis in het centrale deel van de Doort worden beschouwd. In deze buis ligt de hoogste gemeten grondwaterstand aan het begin van het voortplantingsseizoen (april) in sommige jaren op ongeveer 50 cm onder maaiveld. In andere jaren blijft het grondwaterpeil in april steken op 125-150 cm onder maaiveld. De jaarlijkse verschillen zijn dus groot. Op het einde van het voortplantingsseizoen (juli) is het grondwaterpeil hier gemiddeld ongeveer 50 cm lager dan in april. In sommige jaren daalt het peil in één jaar niet of nauwelijks; in andere jaren daalt de grondwaterstand tussen april en juli echter met 80-90 cm. Voor de beide maanden is er in de Doort in de onderzoeksperiode een grondwaterstands daling aangetoond van ongeveer 0,5 (april) -0,9 (juli) cm per jaar, maar als gevolg van de grote jaarlijkse schommelingen is deze trend statistisch niet significant [tabel 1].

### Aanleg en beheer van biotopen

Nadat eind jaren zeventig van de vorige eeuw een sterke achteruitgang van de Boomkikker in de Doort was geconstateerd (BROEN *et al.*, 1980), is begonnen met het uitvoeren van soortgerichte maatregelen. Voor een beschrijving hiervan wordt verwezen naar BROEN & VERGOOSSEN (1983) en VERGOOSSEN (1991). In de loop van de onderzoeksperiode zijn in de drie deelgebieden veel nieuwe amfibiepoelen aangelegd. De eerste twee poelen zijn in 1983 gegraven en destijds voorzien van een met klei bedekte folie [figuur 2]. De watervriendelijkheid zou door neerslag tot stand moeten komen. Dit bleek tot onvoldoende resultaat te leiden. In de drie onderzoeksgebieden zijn daarom daarna vooral grondwaterafhankelijke poelen aangelegd, met in de meeste gevallen een diepte van 1,50-1,75 m. In de loop van de jaren zijn diverse poelen in omvang vergroot en enigszins verdiept [figuur 3]. Daarnaast zijn er omvangrijkere projecten uitgevoerd, zoals het aanbrengen van een waterinlaatvoorziening en waterdichte folie in de helft van een kleiwininput in de Doort (GUBBELS, 1995), het verwijderen van houtige vegetatie en slib uit het zuidelijk deel van de Horsterplassen (ORANIEWOUD, 1993) en in 2010 het visvrij maken van de noordelijkste visvijver in de Doort. Het aantal voor

de Boomkikker (potentiële) koorplaatsen en mogelijke voortplantingslocaties heeft door alle maatregelen een positieve ontwikkeling doorgemaakt. Momenteel zijn er in het onderzoeksgebied ruim 30 locaties aanwezig. Door introductie van vissen, droogval, sterke verlanding en toename van beschaduwing door houtige gewassen zijn niet alle locaties elk jaar daadwerkelijk geschikt als koorplaats en voortplantingsbiotoop. De totale oppervlakte aan geschikte koorlocaties vertoont in het onderzoeksgebied dan ook bij iedere beheeringreep na een stijging meestal weer een geleidelijke daling tot aan de volgende beheeractiviteit [figuur 4].

### Onderzoek populatieontwikkeling

De totale populatieontwikkeling en de relatieve groei van de metapopulatie van jaar tot jaar (=jaarlijkse groeiratio) is voor de periode 1978-2014 beschreven door VAN BUGGENUM & VERGOOSSEN (2015a). Daarin is aangegeven dat de onderzochte metapopulatie in deze periode een sterke groei heeft doorgemaakt, van een koor grootte van tientallen mannetjes naar een omvang van ongeveer 200-300 roepende mannetjes. De opeenvolgende groeiratio's blijken onderling negatief gecorreleerd te zijn, wat betekent dat een sterke groei in het ene jaar vaak wordt gevolgd door een lagere groei of zelfs afname in het daarop volgende jaar.

Van alle onderzochte klimaatfactoren, kenmerken van wateren en seizoenen kunnen vele duizenden combinaties worden gemaakt om hun invloed op de totale populatieontwikkeling te onderzoeken en te verklaren. Op basis van de statistische onderzoeken blijkt echter dat het totaal aantal roepende mannetjes in het onderzoeksgebied al voor een groot deel verklaard kan worden door een combinatie van slechts twee tot vier factoren. Deze verklaren maar liefst 58%-63% van de waargenomen ontwikkeling en de fluctuaties in de (meta-) populatie.

In alle gevallen blijkt dat de beschikbare poeloppervlakte en de gemiddelde dagtemperatuur in de koor- en voortplantingsperiode twee jaar voor de telling een duidelijke positieve bijdrage leveren aan het totaal aantal roepende mannetjes. Daarnaast blijkt dat ook de hoeveelheid neerslag in de maanden april-juli gunstig is voor de populatiegrootte. Een hogere wintertemperatuur, een groot aantal zonuren in april-juli en een groot watervolume in juli komen eveneens in enkele modellen als verklarende factoren naar voren. Hun bijdrage is echter niet significant. Bovendien zijn ze sterk gecorre-



FIGUUR 3

Het uitdiepen en het vergroten van bestaande poelen heeft in de loop van de onderzoeksperiode gezorgd voor een gunstige ontwikkeling van de Boomkikkerpopulatie. De voormalige omvang van deze poel in de Doort is nog duidelijk herkenbaar (foto: H. van Buggenum).

de juiste expositie bij de aanleg van poelen en het verwijderen van opslag en verlandingsvegetatie zijn dus voor deze soort van cruciaal belang (ZAHN & NIEDERMEIER, 2004).

#### Klimaat

Uit de berekeningen blijkt dat één klimaatfactor een dominante rol speelt in de gehele populatieontwikkeling en de jaarlijkse groeiratio, namelijk een hoge gemiddelde dagtemperatuur in het koor- en voortplantingsseizoen twee jaar voorafgaand aan de

leerd met een van de andere twee factoren (temperatuur of oppervlakte).

Uit het onderzoek naar de relatieve populatiegroei van jaar tot jaar (= jaarlijkse groeiratio) komen dezelfde verklarende factoren naar voren. Daarnaast blijkt echter dat de sterkst verklarende factor voor de groeiratio het aantal roepende mannetjes in een betreffend jaar is. Dit aantal heeft een negatieve invloed op de jaarlijkse groeiratio, met andere woorden: hoe meer roepende mannetjes hoe minder de populatie (in relatieve zin) gaat groeien.

#### DISCUSSIE

Hoewel ook de auteurs een voorkeur onderschrijven voor het berekenen van het aantal aanwezige mannetjes in een koorpopulatie door middel van vangst-terugvangst methoden (VERGOOSSEN, 1991; PELLET *et al.*, 2007), leveren de langjarige koorschattingen voldoende informatie op voor analyses van interne en externe factoren op de ontwikkeling van een metapopulatie van de Boomkikker.

#### Beheer

Een statistische analyse van de beschikbare gegevens van alleen het deelgebied de Doort is voor de periode 1978-2011 gepubliceerd door VAN BUGGENUM & VERGOOSSEN (2012). Er is toen aangetoond dat het geschatte aantal roepende mannetjes positief gecorreleerd is met een door beheer te beïnvloeden maatregel, namelijk de hoeveelheid (zonbeschenen) wateroppervlakte die twee jaar vóór de telling aanwezig is. Zoals uit de hier gepresenteerde gegevens blijkt, geldt deze constatering ook voor de gehele metapopulatie van de Doort, Horsterplassen en Taterbosch en omgeving. De hoeveelheid beschikbare poeloppervlakte is een belangrijke factor voor de kolonisatiekansen van een gebied door Boomkikkers (Vos *et al.*, 2000). Een positieve invloed van de aanleg en onderhoud van poelen is ook voor veel andere Boomkikkerpopulaties aangetoond (onder andere BRAAD, 2000; JUNCK & SCHOOS, 2000; BÖTTGER, 2004; TESTER & FLORY, 2004; STRONKS, 2012; MARIJNISSEN, 2013). PELLET *et al.* (2005) tonen aan dat het aantal roepende mannetjes in een poel bovendien positief gecorreleerd is met het aantal uren zonlicht dat een poel ontvangt. Het kiezen van

tellingen. Dit komt doordat hoge temperaturen in het voortplantingsseizoen een positieve invloed hebben op de ontwikkeling van de kikkervisjes, die een minimale temperatuur van 20 graden Celsius en een gemiddelde watertemperatuur van ongeveer 25-28 graden Celsius nodig hebben (MORAVEC, 1993). In het onderzoeksgebied zijn er aanwijzingen dat een hogere gemiddelde wintertemperatuur eveneens gunstig is, maar de gevonden relatie is statistisch niet significant. Ook PELLET *et al.* (2006) vinden voor de Boomkikker in hun onderzoeksgebied geen significante invloed van de wintertemperatuur.

De verwachting dat de waterhoudendheid van voortplantingspoelen ook een belangrijke rol in de populatieontwikkeling speelt is door de langjarige monitoring daadwerkelijk aangetoond. Het is tot uiting gekomen in het positieve effect van de totale oppervlakte aan waterhoudende poelen in april en de hoeveelheid neerslag in de maanden april-juli. Dus ondanks het feit dat veel larven van amfibieën bij naderende droogval van hun voortplantingswater de metamorfose kunnen vervroegen (LOMAN, 1999), hebben de kikkervisjes van de Boomkikker in het onderzoeksgebied bij het huidige grondwaterregime kennelijk voordeel van voldoende neerslag die té vroegtijdige droogval van de poelen tegengaat.

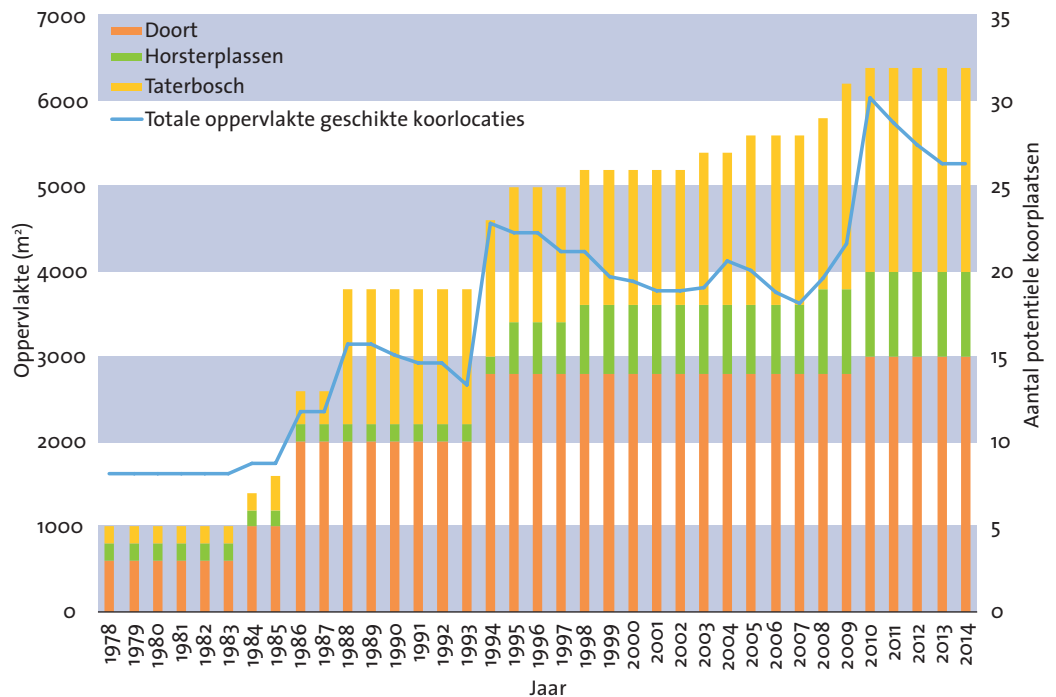
De huidige klimaatverandering die zich uit in de stijgende gemiddelde dagtemperatuur blijkt voor de Boomkikker in onze klimaatzone dus vooralsnog positief uit te pakken [figuur 5]. Het feit dat het neerslagpatroon verandert en de totale hoeveelheid neerslag gelijk is gebleven, zou echter in de toekomst tot problemen kunnen leiden. Hogere temperaturen betekenen immers meer verdamping, meer grondwateronttrekking in de omliggende landbouwgebieden en nog sterker dalende grondwaterstanden. Mede door dergelijke effecten heeft de invloed van klimaatwijzigingen op de herpetofauna inmiddels wereldwijde aandacht gekregen (HENLE *et al.*, 2008).

#### Dichtheidsafhankelijke populatieontwikkeling

Dat interne populatiefactoren een rol in de populatieontwikkeling spelen is door PELLET *et al.* (2006) aangetoond voor een stabiele, kleine Boomkikkerpopulatie met jaarlijks ongeveer 30 roepende mannetjes. De jaarlijkse groei in het aantal mannetjes is daar negatief

FIGUUR 4

Ontwikkeling van het aantal potentiële koorplaatsen in de Doort, Horsterplassen en Taterbosch en de totale geschikte wateroppervlakte voor koren van de Boomkikker (*Hyla arborea*) in het gehele onderzoeksgebied in de periode 1978-2014. Elke keer als door een beheeringreep het geschikte wateroppervlakte toeneemt, stijgt het aantal geschikte koorlocaties, om vervolgens weer geleidelijk te dalen tot de volgende ingreep. Dit is bijvoorbeeld duidelijk te zien in 1988 en 1994.



gecorrleerd met het aantal mannetjes in het voorafgaande jaar. Uit onze studie blijkt dat ook bij een grotere, groeiende populatie deze dichtheidsafhankelijke populatieontwikkeling een belangrijke rol speelt. Bij amfibieën kan dit effect tot stand komen in verschillende stadia van de levenscyclus, van ei tot en met adult (VONESH & DE LA CRUZ, 2002; ALTWEGG, 2003; ROGERS & CHALCRAFT, 2008; BERVEN, 2009). Dat bij de boomkikkerpopulatie in het onderzoeksgebied het stadium als kikkervisje een rol speelt, blijkt uit de jaarlijks sterk fluctuerende aantallen juveniele dieren die in het zomerleefgebied worden geteld en de significant negatieve correlatie daartussen in twee opeenvolgende jaren (VAN BUGGENUM & VERGOOSSEN, 2015b).

### Overige factoren

De uitgevoerde onderzoeken verklaren uiteindelijk ongeveer 60% van de aanwezige variatie in koorschattingen. Er spelen in de Doort en omgeving dus ook nog andere factoren een rol, waarvan de meest belangrijke hier worden genoemd.

Een in het veld lastig te onderzoeken factor is de invloed van andere amfibiesoorten op Boomkickers. De kikkervisjes van de Boomkikker voeden zich vooral met algen. Het is bekend dat in poelen competitie voor voedsel en ruimte optreedt met kikkervisjes van de Bastardkikker (*Pelophylax klepton esculenta*) (SEMMLITSCH & REYER, 1992). Ondanks het feit dat de nieuwe poelen al snel na de aanleg geschikt zijn als koorplaats (TESTER, 2001), stijgt in de meeste gevallen het aantal aanwezige mannetjes pas na meerdere jaren na de aanleg, nadat er voldoende watervegetatie aanwezig is (VOS & STUMPEL, 1996; HARTEL & ÖLLERER, 2009). In de praktijk is gebleken dat de vegetatieontwikkeling in de onderzochte poelen door verschillen in beheer, waterregime en ligging zeer gevarieerd is en in de loop van de jaren kan wijzigen. Op populatieniveau is deze variatie gunstig.

In voor Boomkickers goede leefgebieden moet bij voorkeur ook een variatie aan watertypen aanwezig zijn met een verschillend hydrologisch regime, variërend van periodiek overstromend tot droogvallend (BARANDUN, 2001; CLAUSNITZER, 2004; FLOTTMANN & LAUFER, 2004). Vooral de aanwezigheid van periodiek droogvallende poelen heeft een gunstige invloed op een populatie (HARTEL & ÖLLERER, 2009). Deze

droogval is nodig om predatoren te verwijderen of te onderdrukken. Door de thans aanwezige variatie in poeldiepten is dit aspect in het onderzoeksgebied voornamelijk gewaarborgd.

Een van de andere aspecten is de invloed van bemesting en bestrijdingsmiddelen op amfibieën (OBERT, 1977; MARCO & ORTIZ, 2003). Uit onderzoek blijkt dat eieren en kikkervisjes van de Boomkikker extreem gevoelig zijn voor ammoniumnitraat uit (kunst)mest (ORTIZ *et al.*, 2004). Daarnaast zorgen insecticiden voor misvormingen en sterfte van kikkervisjes (SAYIM & KAYA, 2006). Dergelijke milieuvreemde stoffen komen via grondwater, inspoeling en inwaaien in de voortplantingsbiotopen terecht. Omdat de zomerbiotoop van subadulte en volwassen Boomkickers zich over enkele kilometers uitstrekt (zie onder andere STUMPEL, 1987; FOG, 1993; GROSSE, 2009) maken Boomkickers ook gebruik van de intensief bewerkte omliggende landbouwgebieden tussen Dieteren en Echt. Hier komen ze in direct contact met de voor hen giftige stoffen.

### TOT SLOT

De langjarige monitoring heeft aangetoond dat de inspanningen op het gebied van inrichting, beheer en onderhoud van de boomkikkerbiotopen in dit deel van Midden-Limburg ervoor hebben gezorgd dat deze bedreigde amfibiesoort zich vanuit een welhaast uitzichtloze positie in de jaren zeventig van de vorige eeuw, duurzaam in stand kan houden. Dat betekent niet dat er geen nieuwe ontwikkelkansen zijn. Binnen de huidige drie leefgebieden (Doort, Horsterplassen, Taterbosch en omgeving) kunnen enkele bestaande of potentiële voortplantingslocaties verder worden geoptimaliseerd. Denk daarbij aan aanpassingen in het hydrologisch regime van de folieplas in de Doort en de Horsterplassen en het uitbreiden van de zomerbiotopen. De aanleg van verbindingzones en kleine landschapselementen in de aangrenzende gebieden kan een impuls geven aan het vergroten van het leefgebied, bijvoorbeeld in de richting van de dalen van de Geleenbeek en Rode beek ten zuidwesten van het onderzoeksgebied. Ook duurzame verbindingen met de



FIGUUR 5

De warmte minnende Boomkikker (*Hyla arborea*) blijkt te profiteren van de hoger wordende gemiddelde dagtemperatuur (foto: J. Vandewall).

ker of zoals Vos (1999) het treffend uitdrukt met "A frog's-eye view of the landscape".

#### DANKWOORD

Wij bedanken iedereen die een bijdrage heeft geleverd aan het behoud en de ontwikkeling van de Boomkikker in het onderzoeksgebied. Veel personen hebben zich hiervoor belangeloos ingezet. Ook een woord van dank aan de organisaties die in de afgelopen decennia maatregelen of onderzoeken

populaties Boomkikkers aan de oostzijde van de N276 en spoorlijn zijn op langere termijn van belang om onverwachte calamiteiten die tot lokaal uitsterven leiden, op te vangen. Sinds 1978 is veel kennis verzameld over de wijze waarop een gevoelige amfibiesoort als de Boomkikker kan worden geholpen om de toekomst, ondanks alle negatieve druk vanuit mens en milieu, positief tegemoet te zien. Wij moeten dan wel blijven kijken vanuit de behoefte van de Boomkik-

hebben uitgevoerd: de Natuurhistorische Vereniging Pepijnsland, de Stichting Instandhouding Kleine Landschapselementen, het Waterschap Roer en Overmaas, de gemeente Echt-Susteren, de Herpetologische Studiegroep van het Natuurhistorisch Genootschap in Limburg, de Stichting RAVON en uiteraard het Staatsbosbeheer, die een groot deel van het actuele leefgebied van de Boomkikker in eigen-  
dom en beheer heeft.

## Summary

### LONG-TERM MONITORING OF A EUROPEAN TREE FROG (*HYLA ARBOREA*) POPULATION Part 3. Effects of conservation measures and other variables on population development in the 1978-2014 period

From 1978 to 2014, the numbers of European tree frogs (*Hyla arborea*) in the Doort area (province of Limburg, the Netherlands) were assessed by chorus counts. The total metapopulation of three neighbouring areas was used to model the fluctuations and annual growth rates of the male population. Several climate (temperature and rain) and water level variables (water level, pond area and pond volume) were determined for relevant seasons (winter, breeding season and summer). The total annual surface area of all breeding sites was calculated as a management variable. Suitable breeding sites are those without fish and without early pond desiccation or heavy shadow cast by trees on the pond banks. A density-dependent mechanism was also investigated. A two year time-lag was used, as this is the time that juveniles take to reach maturity. Models were selected using Akaike's Information Criterion (AICc).

As a result, the best models, which explained up to 60% of the variation in population size and growth rate include the size of the male population (negative sign, as proof of a density-dependent relation), mean daytime temperature in the breeding season (positive sign, as proof of a positive influence of climate change), sunny pond area and rain in the breeding season (positive sign, as proof of a positive effect of management and precipitation/high groundwater levels).

## Literatuur

- ALTWEGG, R., 2003. Multistage density dependence in an amphibian. *Oecologia* 136 (1):46-50.
- AMBURGEY, S., W. C. FUNK, M. MURPHY & E. MUTHS, 2012. Effects of hydroperiod duration on survival, developmental rate and size at metamorphosis in Boreal chorus frog tadpoles (*Pseudacris maculata*). *Herpetologica* 68 (4):456-467.
- ANHOLT, B.R., H. HOTZ, G.D. GUÉX & R.D. SEMLITSCH, 2003. Overwinter survival of *Rana lessonae* and its hemiclinal associate *Rana esculenta*. *Ecology* 84 (2):391-397.
- BARANDUN, J., 2001. Habitate und Vermehrung von Laubfröschen (*Hyla arborea*) im Alpenrheintal, in: Kuhn, J., H. Laufer & M. Pintar (red.). Am-

phibien in Auen. *Zeitschrift für Feldherpetologie* 8: 71-80.

- BERVEN, K.A., 2009. Density dependence in the terrestrial stage of Wood frogs: evidence from a 21-year population study. *Copeia* 2009 (2): 328-338.
- BÖTTGER, R., 2004. Bestandsentwicklung des Laubfrosches (*Hyla arborea*) im Bereich Unna, Nordrhein-Westfalen. *Zeitschrift für Feldherpetologie supplement* 5:55-62.
- BRAAD, J., 2000. Natuurontwikkeling voor behoud van de Boomkikker in Zuid-Escharme. *De Levende Natuur* 101 (4):117-121.
- BROEN, A.J.J. & W.G. VERGOOSSEN, 1983. Zes seizoenen onderzoek en beheer van een boomkikkerpopulatie in Midden-Limburg (1978-1983). *Natuurhistorisch Maandblad* 72(10/11):195-202.
- BROEN, A.J.J., P.B. KELLENERS & W.G. VERGOOSSEN, 1980. De Boomkikker, *Hyla arborea* L., een bedreigde soort in Midden-Limburg. *Het seizoen 1978*. *Natuurhistorisch Maandblad* 69(8): 142-150.
- BRÖNMARK, C. & P. EDENHAMN, 1994. Does the presence of fish affect the distribution of tree frogs (*Hyla arborea*)? *Conservation Biology* 8 (3): 841-845.
- BUGGENUM, H.J.M. VAN & W.G. VERGOOSSEN, 2012. Habitat management and global warming positively affect long-term (1978-2011) chorus counts in a population of the European tree frog (*Hyla*

- arborea*). The Herpetological Journal 22 (3): 163-171.
- BUGGENUM, H.J.M. VAN & W.G. VERGOOSSEN, 2015a. De Boomkikker in de Doort en omgeving. Deel 1. Ontwikkeling van de kooromvang in de periode 1978-2014. Natuurhistorisch Maandblad 104 (10): 185-190.
  - BUGGENUM, H.J.M. VAN & W.G. VERGOOSSEN, 2015b. De Boomkikker in de Doort en omgeving. Deel 2. Onderzoek in de zomerbiotoop in de periode 1983-2014. Natuurhistorisch Maandblad 104(11): 199-205.
  - BURNHAM, K.P. & D.R. ANDERSON, 2002. Model selection and multimodel inference. Springer, Berlin/Heidelberg/New York.
  - CLAUSNITZER, H.-J., 2004. Die Entwicklung zweier Laubfrosch-Populationen bei unterschiedlichen Bedingungen. Zeitschrift für Feldherpetologie supplement 5: 63-71.
  - DENNIS, B. & M.L. TAPER, 1994. Density dependence in time series observations of natural populations: estimating and testing. Ecological Monographs 64 (2): 205-224.
  - FLOTTMANN, H.-J. & H. LAUFER, 2004. Wasserstandsynamik in der mittleren Oberrheinaue beeinflusst das Fortpflanzungsverhalten des Laubfrosches (*Hyla a. arborea*). Zeitschrift für Feldherpetologie supplement 5: 83-96.
  - FOG, K., 1993. Migration in the tree frog *Hyla arborea*. In: Stumpel, A.H.P. & U. Tester (ed.). Ecology and Conservation of the European Tree Frog. Proceedings of the 1st International Workshop on *Hyla arborea*. Institute for Forestry and Nature Research, Wageningen: 55-64.
  - FRIEDL, T.W.P. & G.M. KLUMP, 1997. Some aspects of population biology in the European treefrog, *Hyla arborea*. Herpetologica 53 (3): 321-330.
  - GROSSE, W.-R., 2009. Laubfrösche. Europa, Mittelmeerregion, Kleinasien. Frankfurter Beiträge zur Naturkunde. Band 27. Edition Chimaira, Frankfurt am Main.
  - GUBBELS, R., 1995. The restoration of habitats for Amphibians by the Roer and Overmaas Waterboard with special attention for the restoration of the most important breeding biotope of the tree frog (*Hyla arborea* L.). In: Llorente, G.A., A. Montori, X. Santos & M.A. Carretero (red.). Papers submitted from 7<sup>th</sup> O.G.M. of Societas Herpetologica, Barcelona September 15-19, 1993. Scientia Herpetologica, Barcelona: 361-364.
  - HARTEL, T. & K. ÖLLERER, 2009. Local turnover and factors influencing the persistence of amphibians in permanent ponds from the Saxon landscapes of Transylvania. North-Western Journal of Zoology 5 (1): 40-52.
  - HENLE, K., D. DICK, A. HARPKE, I. KÜHN, O. SCHWEIGER & J. SETTELE (EDS.), 2008. Climate change impacts on European amphibians and reptiles. Convention on the conservation of European wildlife and natural habitats, 24-27 November 2008, Strassbourg. Helmholtz Centre for Environmental Research, Department of Conservation Biology, Leipzig.
  - JUNCK, C. & F. SCHOOS, 2000. Neuausbreitung des Laubfrosches (*Hyla arborea*) in der Folge von Biotopverbesserungsmaßnahmen im Zentrum Luxemburgs. Bulletin Société Naturalistes Luxembourg 100: 97-101.
  - LOMAN, J., 1999. Early metamorphosis in common frog *Rana temporaria* tadpoles at risk of drying: an experimental demonstration. Amphibia-Reptilia 20 (4): 421-430.
  - LOMAN, J., 2002. Temperature, genetic and hydroperiod effects on metamorphosis of brown frogs *Rana arvalis* and *R. temporaria* in the field. Journal of Zoology 258 (1): 115-129.
  - MARCO, A. & M. ORTIZ, 2003. Effects of chemical fertilizers and acidification on survival, development and behavior of several amphibian species. Societas Europaea Herpetologica Programme and abstracts 12th Ordinary General Meeting. Societas Europaea Herpetologica. Milan.
  - MARIJNISSEN, K., 2013. De Boomkikker in De Brand, 1985-2012. RAVON 15(3): 76-81.
  - MORAVEC, J., 1993. Development and growth of *Hyla arborea*. In: Stumpel, A.H.P. & U. Tester (ed.). Ecology and Conservation of the European Tree Frog. Proceedings of the 1st International Workshop on *Hyla arborea*. Institute for Forestry and Nature Research, Wageningen: 29-36.
  - OBERT, H.J., 1977. Ökologische Untersuchungen zum Rückgang von Froschlurchen in zwei Biotopen des Rhein-Sieg-Gebiets zwischen 1971 und 1976. Salamandra 13 (3/4): 121-140.
  - ORANJEWOU, 1993. Regiwa-project Horsterplas. Oranjewoud BV, Oosterhout.
  - ORTIZ, M.E., A. MARCO, N. SAIZ & M. LIZANA, 2004. Impact of ammonium nitrate on growth and survival of six European amphibians. Archives of Environmental Contamination and Toxicology 47 (2): 234-239.
  - PEARMAN, P.B., 1993. Effects of habitat size on tadpole populations. Ecology 74 (7): 1982-1991.
  - PELLET, J., B.R. SCHMIDT, F. FIVAZ, N. PERRIN & K. GROSSENBACHER, 2006. Density, climate and varying return points: an analysis of long-term population fluctuations in the threatened European tree frog. Oecologia 149 (1): 65-71.
  - PELLET, J., S. HOEHN & N. PERRIN, 2005. Multiscale determinants of tree frog (*Hyla arborea* L.) calling ponds in western Switzerland. Biodiversity and Conservation 13 (12): 2227-2235.
  - PELLET, J., V. HELFER & G. YANNIC, 2007. Estimating population size in the European tree frog (*Hyla arborea*) using individual recognition and chorus counts. Amphibia-Reptilia 28 (2): 287-294.
  - RANGEL, T.F., J. ALEXANDRE, F. DINIZ-FILHO & L.M. BINI, 2010. SAM: a comprehensive application for spatial analysis in macroecology. Ecography 33 (1): 46-50.
  - READING, C.J. & R. T. CLARKE, 1999. Impacts of climate and density on the duration of the tadpole stage of the common toad *Bufo bufo*. Oecologia 121 (3): 310-315.
  - ROGERS, T.N. & D. R. CHALCRAFT, 2008. Pond hydroperiod alters the effect of density dependent processes on larval anurans. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 65 (12): 2761-2768.
  - SAYIM, F. & U. KAYA, 2006. Effects of dimethoate on Tree frog (*Hyla arborea*) larvae. Turkish Journal of Zoology 30: 261-266.
  - SEMLITSCH, R.D. & H.-U. REYER, 1992. Performance of tadpoles from the hybridogenetic *Rana esculenta complex*: interactions with pond drying and interspecific competition. Evolution 46 (3): 665-676.
  - STRONKS, D.J., 2012. Monitoring boomkikker Achterhoek 2010-2011. Rapportnummer 1220. Stichting Staring Advies, Zelhem.
  - STUMPEL, A.H.P., 1987. Distribution and present numbers of the tree frog *Hyla arborea* in Zeeland Flanders, the Netherlands (Amphibia, Hylidae). Bijdragen tot de Dierkunde 57 (2): 151-163.
  - TESTER, U. & C. FLORY, 2004. Ergebnisse des Pro Natura-Programms »Laubfrosch« im Aargauer Reusstal (Schweiz). Zeitschrift für Feldherpetologie supplement 5: 165-173.
  - TESTER, U., 2001. Zusammenhänge zwischen den Lebensraumsprüchen des Laubfrosches (*Hyla a. arborea*) und dynamischen Auen. In: Kuhn, J., H. Laufer & M. Pintar (red.). Amphibien in Auen. Zeitschrift für Feldherpetologie 8 (1/2): 15-20.
  - VERGOOSSEN, W.G., 1991. De boomkikker in Limburg; verleden, heden en toekomst. Natuurhistorisch Genootschap in Limburg, Maastricht.
  - VONESH, J.R. & O. DE LA CRUZ, 2002. Complex life cycles and density dependence: assessing the contribution of egg mortality to amphibian declines. Oecologia 133 (3): 325-333.
  - VOS, C.C., 1999. A frog's-eye view of the landscape. Quantifying connectivity for fragmented amphibian populations. IBN Scientific Contributions 18. DLO Institute for Forestry and Nature research (IBN-DLO), Wageningen.
  - VOS, C.C. & A.H.P. STUMPEL, 1996. Comparison of habitat-isolation in relation tot fragmented distribution patterns in the tree frog (*Hyla arborea*). Landscape Ecology 11(4): 203-214.
  - VOS C.C., C.J.F. TER BRAAK & W. NIEUWENHUIZEN, 2000. Incidence function modeling and conservation of the tree frog *Hyla arborea* in the Netherlands. Ecological Bulletins 48: 165-180.
  - ZAHN, A. & U. NIEDERMEIER, 2004. Zur Reproduktionsbiologie von Wechselkröte (*Bufo viridis*), Gelbbauchunke (*Bombina variegata*) und Laubfrosch (*Hyla arborea*) im Hinblick auf unterschiedliche Methoden des Habitatmanagements. Zeitschrift für Feldherpetologie 11 (1): 41-64.