



Paul Chardon,
Claire Vos &
Hans de Vries

Het gebruik van amfibieëntunnels bij wegen

Amfibieën en reptielen ondervinden op allerlei manieren hinder van wegen en verkeer: overstekende dieren worden verkeersslachtoffer, de habitatkwaliteit verslechtert door verstoring en verontreiniging en leefgebieden raken verder versnipperd door de aanleg van wegen. Om in deze problematiek meer inzicht te krijgen heeft de Dienst Weg- en Waterbouwkunde van Rijkswaterstaat een literatuurstudie laten uitvoeren. Het rapport dat daarvan is verschenen heeft voor dit artikel als basis gediend.

In dit artikel wordt aandacht besteed aan één van de mogelijkheden om het aantal verkeersslachtoffers te beperken: de aanleg van amfibieëntunnels. Aan de orde komen de verschillende typen amfibieëntunnels en geleidingssystemen met hun voor- en nadelen, daarna volgen aandachtspunten waarop gelet moet worden bij ontwerp en aanleg.

Elk jaar opnieuw worden op Nederlandse wegen amfibieën slachtoffer van het verkeer. Aangenomen wordt dat het om vele duizenden dieren gaat. De meeste slachtoffers vallen in het voorjaar wanneer de amfibieën vanuit hun overwinteringsgebied op weg gaan naar het voortplantingswater. Maar ook in zomer en najaar worden veel amfibieën doodgereden. Deze sterfte valt echter minder op, omdat het meer gespreid in de tijd gebeurt.

De gevolgen van sterfte door het verkeer zijn bekend: lokale populaties worden kleiner en de kans dat zo'n populatie uitsterft neemt daardoor toe. Een ander gevolg is dat de onderlinge uitwisseling van dieren tussen lokale populaties afneemt wanneer deze van elkaar gescheiden zijn door wegen. Dit is nadelig voor de duurzaamheid van het populatienetwerk en tevens voor de genetische uitwisseling tussen de populaties. De amfibieënsterfte door verkeer kan zo hoog zijn dat snelwegen en de meeste secundaire wegen in Nederland als absolute barrières moeten worden beschouwd (Vos & Chardon, 1994).

Veel paddenwerkgroepen zijn al jaren actief om amfibieën in het voorjaar veilig de weg over te brengen om zo het aantal verkeersslachtoffers te beperken. Deze overzetacties vormen echter geen oplossing voor de lange termijn. De organisatie en de uitvoer van de acties vragen veel tijd en inzet van vrijwilligers zonder dat een einde in zicht komt. Bovendien wordt zo alleen de voorjaarsstrek beschermd. Daarom wordt de laatste jaren steeds meer de oplossing gezocht in structurele beschermingsmaatregelen, zoals de aanleg van tunnels, het definitief afsluiten van wegen of de aanleg van nieuw voortplantingswater aan de 'goede' kant van de weg (compensatiewater).

Amfibieëntunnels

Amfibieëntunnels zijn bedoeld om amfibieën veilig onder de weg door naar de overkant te loodsen. De tunnels moeten zijn voorzien van een geleidingssysteem dat de dieren naar de ingang van de tunnel leidt. De eerste drie lokaties met amfibieëntunnels in Nederland dateren van 1979 en 1980. Daarna gebeurde er tot

Het leefgebied van de Groene kikker wordt doorsneden door wegen. Ondertunneling kan een uitkomst bieden (foto: J.M.H. Stumpel).

1989 niets. Sinds dat jaar zijn er jaarlijks op diverse plaatsen amfibieëntunnels bijgekomen (Vos & Chardon, 1994). Over het precieze gebruik van deze tunnels voor amfibieën is weinig bekend. Men weet meestal wel of er amfibieën door de tunnels lopen, maar vaak niet hoeveel dieren dat zijn, en welk percentage van de populatie dat is. Hoe succesvol de Nederlandse tunnels zijn, is daarom niet goed te beantwoorden. Uit de literatuur blijkt dat in het buitenland het percentage volwassen dieren (meestal Gewone pad) dat van tunnels gebruik maakt, varieert van 0% tot ruim 80%, met een gemiddelde van ongeveer 40%. Van jonge dieren is het tunnelgebruik meestal onbekend. Ondanks het lage gebruik worden toch op veel plaatsen nieuwe tunnels aangelegd, omdat het vaak de enige structurele maatregel is die in aanmerking komt. Of een tunnel op de lange duur effectief is, moet worden beoordeeld op populatieniveau, aan de hand van aantalsontwikkelingen in de tijd. Dergelijk onderzoek is echter nog niet uitgevoerd.

Er zijn allerlei factoren die het gebruik van tunnels beïnvloeden. Het type tunnel is van belang, maar bijvoorbeeld ook de materiaalkeuze, de afmetingen van de tunnel en de ligging van de tunnel ten opzichte van het voortplantingswater. Belangrijk is ook het geleidingssysteem dat ervoor moet zorgen dat de dieren niet de weg oversteken maar naar de tunnel-ingang worden geleid.

TYPE TUNNEL

Er zijn in de praktijk twee bruikbare typen tunnels te onderscheiden:

- de tweerichtingstunnel (foto 1). Bij dit type lopen de dieren van beide kanten door de tunnel: tijdens de voorjaarsmigratie naar het voortplantingswater, na afloop weer terug. Van dit type zijn ronde en rechthoekige tunnels in gebruik. Het voordeel van de rechthoekige tunnel is een breder, horizontaal liggend loopvlak. Ook sluit het geleidingssysteem beter aan op een rechthoekige tunnel dan op een ronde (Dehlinger, 1992).



Foto 1. Voorbeeld van een rechthoekige tweerichtingstunnel (afm. 80 x 120 cm, lokatie: Bergen, Noord-Holland) (foto: J.P. Chardon).



Foto 2. Voorbeeld van een roostertunnel (afm. 20 x 20 cm, type ACO PRO AT200, lokatie: Bergen, Noord-Holland) (foto: J.G. de Vries).

Lengte	Diameter ronde tunnel	Afmeting rechth. tunnel
≤ 20 m	100 cm	100 x 75 cm
21-30 m	120 cm	100 x 75 cm
31-50 m	140 cm	200 x 175 cm
> 50 m	150 cm	200 x 175 cm

Tabel 1. Aanbevelingen voor de optimale verhouding tussen tunnel-diameter en -lengte (bron: Küster, 1987).

- de roostertunnel. Dit is een bijzondere vorm van de tweerichtingstunnel. Bij dit type tunnel ligt het rooster ter hoogte van het wegdek (foto 2). Deze tunnels worden, ondanks de vaak kleine diameter (meestal 20 cm), redelijk geaccepteerd. Dit wordt toegeschreven aan de extra lichtinval via het rooster (Dierking-Westphal, 1989). Een voordeel van de ligging in het wegdek is dat in gebieden met hoge grondwaterstanden deze tunnels gemakkelijker toegepast kunnen worden dan tunnels die onder het wegdek gelegd moeten worden. Doordat het rooster bovenin het wegdek ligt is dit type tunnel ongeschikt voor toepassing bij snelwegen

en andere drukke wegen. Door de hoge verkeersintensiteit en door zwaar vrachtverkeer bestaat er een kans op beschadiging van de roosters waardoor onveilige situaties kunnen ontstaan. Er zijn aanwijzingen dat het geluid en/of de luchtdruk, veroorzaakt door over het rooster rijdend verkeer, een aarzeling van het doortrekkende dier teweeg brengt (Puck, 1988). Een nadeel is ook dat roostertunnels geen bescherming bieden tegen strooizout, olie, autobandresten e.d. (Dehlinger, 1992). De roostertunnel moet daarom regelmatig schoongespoeld worden om verontreinigingen te verwijderen. Een ander nadeel is dat dit type

tunnel als drain kan fungeren, doordat via de roosters regenwater dat op de weg valt afgevoerd wordt naar het laagste tunneluiteinde. Zo kunnen voor de tunnelingang plassen ontstaan die het gebruik van de tunnel belemmeren. Door de aanleg van een drain bij de uiteinden van de tunnel is dit probleem te verhelpen.

ALGEMENE TUNNELKENMERKEN

- diameter. Hoe groter de diameter van een tunnel, hoe meer dieren van de tunnel gebruik maken. Aanbevolen wordt een minimale diameter van 100 cm bij ronde tunnels, bij rechthoekige tunnels minimale afmetingen van 100 x 75 cm. Lange tunnels worden minder goed gebruikt dan kortere. Een grotere lengte wordt enigszins gecompenseerd door een grotere diameter (Dexel & Kneitz, 1987) (tabel 1).

- materiaal. De meeste tunnels zijn gemaakt van beton en dit voldoet goed. Er bestaan ook tunnelbuizen van PVC maar van dit materiaal zijn geen onderzoeksgegevens beschikbaar. Het gebruik van stalen buizen wordt afgeraden vanwege de koudegeleiding. Dit kan tot bevriezing leiden bij plotselinge temperatuursdalingen (Stolz & Podlousky, 1983).

- bodemmateriaal. Uit onderzoek blijkt dat het voor het gebruik van de tunnel niet uitmaakt of er wel of geen aarde op de bodem van de tunnel is aangebracht (Karthaus, 1985). Wel moet bij nieuwe betonnen tunnels de bodem vóór gebruik worden gereinigd. Resten van de chemische stoffen die bij de fabricage worden gebruikt kunnen namelijk sterfte veroorzaken (Trentini & Trentini, 1980).

- water. Stilstaand of stromend water in

de tunnel is ongunstig voor het gebruik (Berthoud & Müller, 1986).

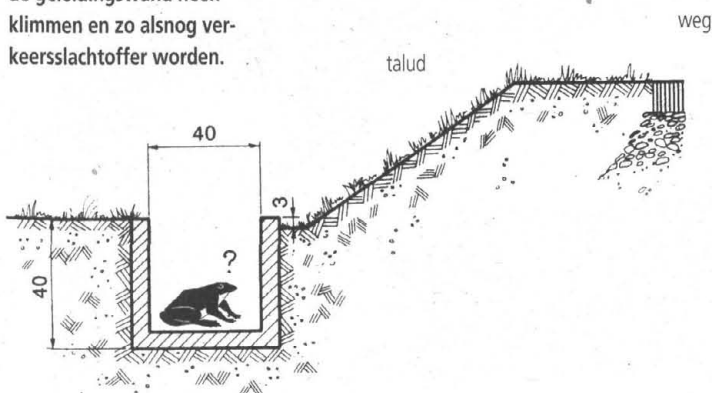
- tunneldichtheid. Het aantal tunnels in relatie tot de breedte van de migratiezone is meestal te laag (Stolz & Podlousky, 1983). Daarnaast zijn de afstanden tussen de tunnels vaak te groot, waardoor amfibieën te grote afstanden naar de tunnels moeten afleggen in een richting die afwijkt van hun oorspronkelijke trekrichting. Het gevolg is dat ze soms dagen langs het scherm verblijven en uiteindelijk terugkeren naar de plaats waar ze vandaan kwamen (Schwerdtle, 1986). Er worden maximale tunnelfstanden genoemd van 20 - 100 m bij geleidingsystemen die parallel langs de weg lopen, en 80 - 200 m wanneer het geleidingsysteem in een V-vorm is geplaatst.

Omgevingsfactoren

De ligging van het voortplantingswater is van belang voor het gebruik van de tunnel. Hoe dichter een voortplantingswater bij een tunnel ligt hoe beter het gebruik is (Schwerdtle, 1986). De motivatie van amfibieën om het voortplantingswater te bereiken neemt toe naarmate ze het voortplantingswater naderen. Een obstakel zoals een tunnel wordt dan makkelijker genomen.

Wanneer er meer tunnels onder een weg liggen dan worden de tunnels die in het zwaartepunt van de migratieroute liggen het meest gebruikt (Dierking-Westphal, 1989). Tunnels moeten in de richting van de trekroute onder de weg worden gelegd wat niet per definitie loodrecht op de weg is (Dexel & Kneitz,

Fig. 1. Voorbeeld van een goot met een gladde wand (afmetingen in cm) (bron: Berthoud & Müller, 1983). De goot heeft een geleidende functie; hij voorkomt dat amfibieën over de geleidingswand heen klimmen en zo alsnog verkeersslachtoffer worden.



Tabel 2. Overzicht van geschiktheid van diverse materialen ten behoeve van schermen en goten. + voldoet goed; ± voldoet redelijk; - voldoet niet (bron: Vos & Chardon, 1994). Schermen en goten zijn bedoeld om amfibieën naar de tunnelingang te leiden.

Materiaal	Duurzaamheid	Niet overklimbaar	Niet doordringbaar	Conclusie
Goten				
Betonnen U-vorm	+	+	n.v.t.	+
Gegraven zonder versteviging	-	- (erosie)	n.v.t.	±
Met houten beschoeiing	±	± (spleten)	n.v.t.	±
Schermen				
Beton	+	+	+	+
Hout	± (spleten)	±	±	±
Recycling kunststof	+	+	+	+
Plastic folie	- (slijtage)	-	+	-
Metaal	+	+	+	± (bevriezingsgevaar)
Draadwerk metaal (gaas)	± (niet vormvast)	-	- (als diameter > 4 mm)	-
Draadwerk kunststof	± (niet vormvast)	-	- (als diameter > 4 mm)	-
Draadwerk/vlechtwerk hout	± (niet vormvast)	-	- (als diameter > 4 mm)	-



Voor Gewone padden kunnen stoepranden een barrière vormen. Door speciale stoepranden te gebruiken wordt voorkomen dat ze in afvoerputten vallen (foto: B. Rosenkranz).

1987). De afwijking van de trekroute moet namelijk zo klein mogelijk zijn.

Landschapselementen zoals houtwallen, bomenrijen en greppels hebben een geleidende functie naar de tunnelingang toe (Grossenbacher, 1981).

Geleidingssystemen

Geleidingssystemen vormen een zeer belangrijk onderdeel van een tunnelstelsel. Ze kunnen bestaan uit schermen die bovengronds zijn geplaatst of uit goten die in de grond zijn gegraven (fig. 1). Een geleidingssysteem heeft twee functies: de geleiding moet ervoor zorgen dat de amfibieën niet op de weg kunnen komen (barrièrefunctie), en dat ze naar de tunnelingang worden geleid (geleidingsfunctie). Als de barrièrefunctie niet goed werkt, kunnen ze over de geleidingswand heen klimmen en zo alsnog verkeersslachtoffer worden. Wanneer de geleidingsfunctie niet goed werkt, kunnen amfibieën de tunnelingang niet vinden.

BARRIEREFUNCTIE

Voor de barrièrewerking van een geleidingssysteem zijn de volgende aspecten van belang:

- materiaal. Het materiaal moet zo sterk en duurzaam mogelijk zijn, en weinig onderhoud vragen (tabel 2). Daarnaast mogen er geen kieren of gaten in zitten waar dieren doorheen kunnen kruipen. Ook hoeken en andere oneffenheden zijn ongewenst, omdat dieren zich daar proberen te verstoppen en in te graven. De wand moet dus zo vlak mogelijk zijn. Daarnaast moet het geleidingssysteem zo goed en vloeiend mogelijk op de tunnelingang aansluiten.

- weerstand. De wand moet hoger zijn dan 40 cm, zodat er niet overheen gesprongen kan worden. Voor de Gewone pad vormt 40 cm een absolute barrière, voor de Bruine kikker niet helemaal (Sermet, 1971). De wand moet glad zijn met aan de bovenkant een rand om overheen klimmen te voorkomen (fig. 2). Bij een scherm moet de onderkant ingegraven zijn, zodat dieren niet onder het scherm door kunnen kruipen.

Ook juvenielen moeten door het geleidingssysteem worden tegengehouden, zodat ze niet op de weg terecht komen. Spleten en kieren mogen daarom niet groter zijn dan 4 mm (Grossenbacher, 1981).

Vanaf de wegzijde mag een geleidings-

systeem géén barrière vormen. Wanneer dieren namelijk toch op de weg terecht komen moeten ze over het geleidingssysteem heen kunnen klimmen en er niet door gehinderd worden. Schermen die op het wegtalud zijn aangesloten voldoen aan deze eis (fig. 2); ook goten vormen vanaf de wegzijde geen barrière. Wel moeten dieren uit de goten kunnen klimmen, daarom moet om de 10 m een uitstapplaats worden aangebracht aan de zijde die niet aan de weg grenst (Berthoud & Müller, 1986).

- lengte. De lengte van een geleidingssysteem hangt af van de breedte van de migratiezone. Wanneer de lengte onvoldoende is zullen dieren om het scherm heenlopen en alsnog de weg oversteken. Stolz & Podlousky (1983) constateren in een evaluatie van diverse tunnellokalities dat het scherm vaak te kort is. Uit onderzoek van Karthaus (1985) blijkt dat scherm lengten van 100 m te kort kunnen zijn, terwijl Dixel & Kneitz (1987) vonden dat dit soms ook gold voor lengten van 300 - 500 m. Als een scherm echter erg lang wordt, is dit nadelig voor andere diersoorten, omdat het voor hen ook een barrière kan zijn. Volledige doorsnijding van gebieden door een geleidingssysteem moet voorkomen worden.

- vegetatie. Een strook van circa 1 m langs een geleidingssysteem moet regelmatig gemaaid worden, zodat dieren niet met behulp van de vegetatie over het scherm of over de goot kunnen klimmen (Stolz & Podlousky, 1983). De aanwezigheid van vegetatie in de buurt van het scherm is wel belangrijk, omdat het bescherming biedt tegen uitdroging van de amfibieën en tegen predatoren. Deze bescherming wordt ook geboden door schermen die een soort afdak hebben. Door bij de tunnelingang struiken aan te planten kunnen tocht en plotselinge temperatuursdalingen worden voorkomen (Berthoud & Müller, 1983).

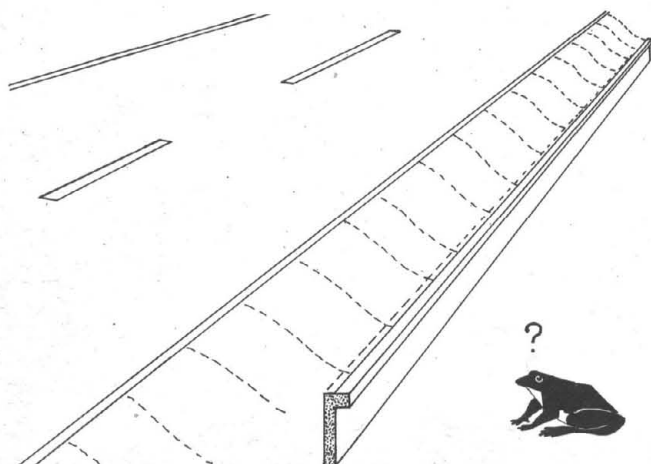


Fig. 2. Voorbeeld van een wand met een omgebogen rand aan de bovenkant om overheenklimmen te voorkomen (bron: Vos & Chardon, 1994). Dieren, die toch op de weg zijn gekomen, worden door dit systeem niet gehinderd; zij kunnen gemakkelijk terugkeren.

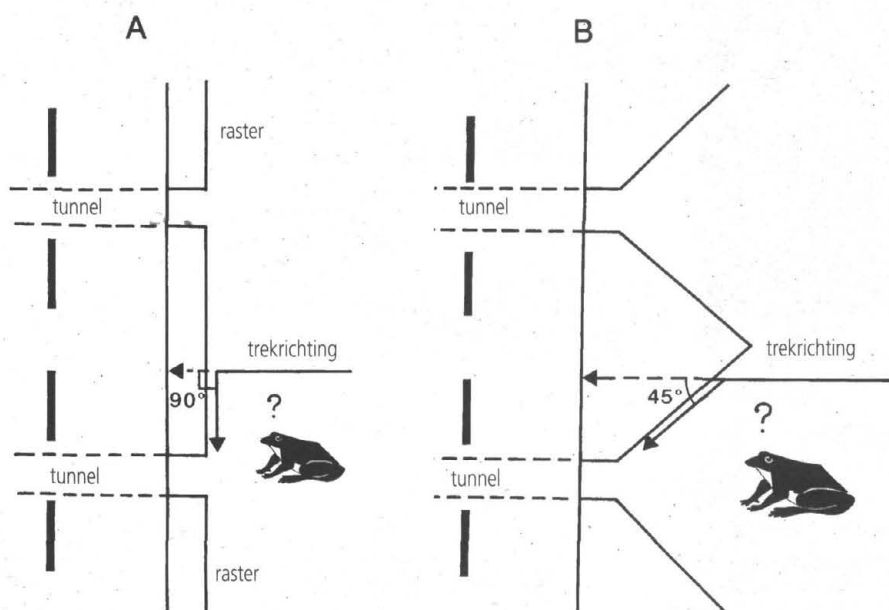
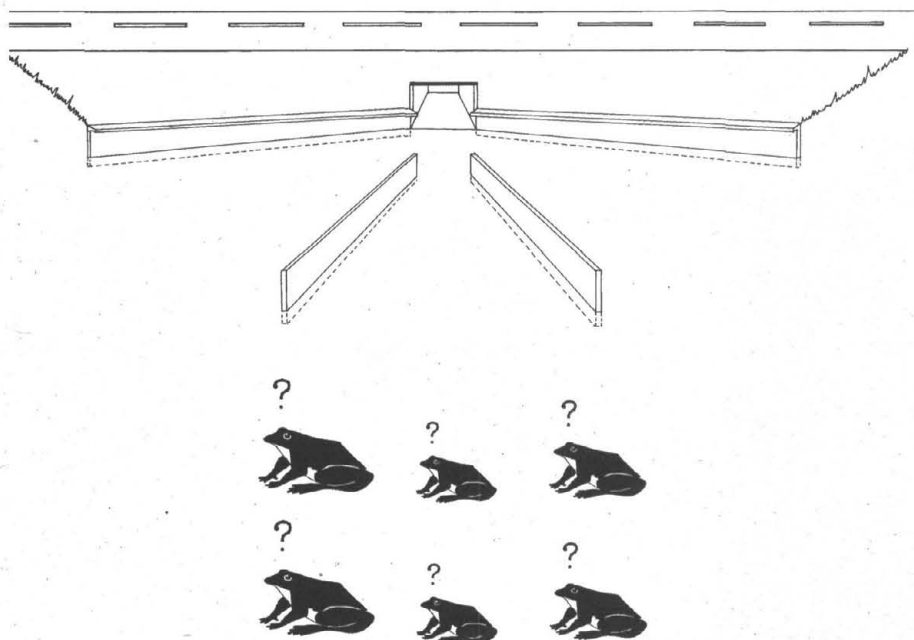


Fig. 3. Afwijking van de oorspronkelijke trekrichting bij een parallelle en V-vormige opstelling van het scherm. In situatie A moet 90° worden afgeweken, in situatie B 45°. In situatie B worden de dieren beter geleid (bron: Vos & Chardon, 1994).

Fig. 4. Een zwaluwstaartvormig geleidingselement voor de tunnelingang vergroot de geleiding naar de tunnelingang; de dieren worden opmerkzaam gemaakt voor de tunnelingang (naar: Dixel & Kneitz, 1987).



GELEIDINGSFUNCTIE

De positie waarin schermen worden opgesteld is van belang voor een goede geleiding. Schermen die in een V-vorm of een trechtervorm naar de tunnel staan opgesteld geleiden dieren beter naar de tunnelingang dan schermen die parallel aan de weg lopen (fig. 3) (Grossenbacher, 1981). Dit komt omdat dieren bij parallelle schermen regelmatig de tunnelingang niet opmerken en eraan voorbij lopen. Bij een scherm dat parallel aan de weg is opgesteld kan voor de tunnelingang een extra geleidingselement worden aangebracht in de vorm van een zwaluwstaart (fig. 4). Daardoor wordt de geleiding naar de tunnelingang verbeterd en neemt het tunnelgebruik toe (Polivka et al., 1991). De positie van het scherm is ook van invloed op de afwijking van de migratierichting. Een V-vormige opstelling van het geleidingssysteem heeft behalve een betere geleiding naar de tunnelingang ook het voordeel dat minder van de oorspronkelijke trekrichting hoeft te worden afgeweken (fig. 3). Amfibieën zijn daardoor bereid om een langere afstand langs het scherm af te leggen. Dit heeft tot gevolg dat bij een duidelijk V-vormige opstelling van het scherm de afstand tussen de tunnels groter kan zijn dan bij een parallelle opstelling van het scherm (fig. 5).

Volgens Berthoud & Müller (1986) geleiden goten die parallel aan de weg geplaatst zijn beter dan schermen die parallel aan de weg zijn geplaatst.

Ontwerp en aanleg

Ondanks de nog ontbrekende kennis is het voor een aantal situaties wel mogelijk om tot een goed ontwerp van een tunnelsysteem te komen, mits daarbij rekening wordt gehouden met de gegeven richtlijnen en aanbevelingen. Bij de voorbereiding is het onder meer heel belangrijk om inzicht te krijgen in de breedte en richting van de migratiezone: waar wordt de weg het meest overgestoken, wat is de precieze migratierichting, hoe breed is de migratiezone? Door minimaal twee jaar met behulp van een vangemmersysteem te werken kan hiervan een beeld verkregen worden. Als bekend is hoe breed de migratiezone is, dan kunnen het aantal tunnels en hun ligging worden bepaald. Het aantal tunnels hangt vooral af van het gekozen geleidingssysteem en de opstelling ervan. Dit laatste is weer afhankelijk van welke mogelijkheden de

omgeving biedt, waar het voortplantingswater ligt enz. Elke situatie vraagt uiteindelijk om zijn eigen tunnelsysteem.

Het is vaak niet mogelijk om voor het ideale systeem te kiezen, omdat de omstandigheden dat niet toelaten. Zo is het bij een lokatie met een hoge grondwaterstand niet mogelijk tunnels met een grote diameter te gebruiken, omdat anders het grondwater de tunnel in kan lopen en is het bij smalle berm door ruimtegebrek niet mogelijk het geleidingssysteem V-vormig op te stellen.

Tot slot

Het is duidelijk dat tunnelsystemen op veel manieren kunnen worden aangelegd, maar dat het gebruik ervan door amfibieën niet gegarandeerd is. Op grond van de huidige kennis is echter wel redelijk in te schatten welke constructies beter of minder goed zullen voldoen. Een goed functionerend tunnelsysteem is altijd te prefereren boven overzetacties, omdat het systeem, mits goed onderhouden, een structurele bescherming biedt gedurende het gehele jaar.

In de praktijk blijkt dat men toch vooral aan de slag gaat om een structurele oplossing te zoeken voor de vaak al jaren durende problematiek van doodgereden amfibieën. De aanleg van een tunnelsysteem kan dan een oplossing zijn. Voor aanbevelingen en suggesties bij ontwerp en aanleg ervan wordt verwezen naar Vos & Chardon (1994) en naar de 'Handreiking maatregelen voor de fauna langs weg en water' (Oord, 1995).

Summary

The use of amphibian tunnels under roads

The main effect of roads on amphibians is mortality by traffic. The mortality can be so high that all highways and almost all secondary roads in The Netherlands must be seen as absolute barriers (Vos & Chardon, 1994). To reduce this mortality it is possible to construct amphibian tunnels under roads. The degree in which tunnels are used by amphibians depends on many factors. In this article the most important factors are discussed.

Literatuur

- Berthoud, G. & S. Müller, 1983.** Installation de protection pour les batraciens efficacité et effets secondaires. Rapport final. Département fédérale de l'intérieur. Commission des recherches en matière de construction des routes. Duitse vertaling in: Berthoud, G. & S. Müller, 1987. Amphibien-Schutzanlagen: Wirksamkeit und Nebeneffekte. Abschlußbericht über die Untersuchungen an der Anlage am Etang de Sépey (Kanton Waadt, Schweiz). In: Hölzinger, J. & G. Schmid, Die Amphibien und Reptilien Baden-Württembergs. Institut für Ökologie und Naturschutz, Karlsruhe.
- Berthoud, G. & S. Müller, 1986.** Protection des batraciens le long des routes. Rapport final. Les batraciens et le trafic routier. Département fédérale des transports, des communications et de l'énergie. Commission des recherches en matière de construction des routes.
- Dehlinger, J., 1992.** Amphibienschutz: Leitfaden für Schutzmaßnahmen an Straßen. Schriftenreihe der Straßenbauverwaltung Baden-Württemberg, Heft 4. Verkehrsministerium Baden-Württemberg, Stuttgart, BRD.
- Dexel, R. & G. Kneitz, 1987.** Zur Funktion von Amphibienschutzanlagen im Straßenbereich. Untersuchungen zum Schutz wandernder Amphibien vor einer Gefährdung durch den Straßenverkehr. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik, Heft 516.

Dierking-Westphal, U., 1989. Empfehlungen zum weiteren Verfahren beim Amphibienschutz an Verkehrsstraßen in Schleswig-Holstein. Landesamt für Naturschutz und Landschaftspflege Schleswig-Holstein, Kiel.

Grossenbacher, K., 1981. Amphibien und Verkehr. Koordinationsstelle für Amphibien- und Reptilienschutz in der Schweiz, Publikation nr. 1, Bern.

Karthus, G., 1985. Schutzmaßnahmen für wandernde Amphibien vor einer Gefährdung durch den Straßenverkehr - Beobachtungen und Erfahrungen. Natur und Landschaft 60(6): 242-247.

Küster, F., 1987. Merkblatt zum Amphibienschutz an Straßen. Bundesminister für Verkehr, Abteilung Straßenbau.

Oord, J.G., 1995. Handreiking maatregelen voor de fauna langs weg en water. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.

Polivka, R., U. Kist, P. Groß, & B. Beinlich, 1991. Zur Funktionsfähigkeit von ACO-Amphibienschutzanlagen an zwei Kreisstraßen im Landkreis Marburg-Biedenkopf. Natur und Landschaft 66(7/8): 375-383.

Puck, S., 1988. Beobachtung des Verhaltens der Amphibien während der Laichwanderung an der 1987 bei Dickendörn/Hassmoor installierten Amphibienleitanlage. Landesamt für Naturschutz und Landschaftspflege Schleswig-Holstein.

Schwerdtle, C., 1986. Freilanduntersuchungen über das Wanderungsverhalten von Amphibien am Gutershofer Weiher (Landkreis Biberach/Riß) und die Wirksamkeit von Amphibien-Schutzeinrichtungen. Dissertation Fakultät für Biologie der Eberhard-Karls-Universität Tübingen.

Sermet, E., 1971. Protection des amphibiens contre les dangers de la route. Schweizer Naturschutz 37: 208-212.

Stolz, F.-M. & R. Podlousky, 1983. Krötentunnel als Schutzmaßnahme für wandernde Amphibien, dargestellt am Beispiel von Niedersachsen. Informationsdienst Naturschutz 3(1). Niedersächsisches Landesverwaltungsamt - Fachbehörde für Naturschutz.

Trentini, B. & B. Trentini, 1980. Amphibienschutz an Straßen. Information nr. 9. Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland e.V.

Vos, C.C. & J.P. Chardon, 1994. Herpetofauna en verkeerswegen; een literatuurstudie. Project Versnippering, deel 24. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen en Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.

Dankwoord

Met dank aan R.C. van Apeldoorn (IBN-DLO) voor commentaar op het concept en R.M.A. Wegman (IBN-DLO) voor het maken van de figuren.

Ing. J.P. Chardon & Drs. C.C. Vos
Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (DLO)
afd. Landschapsecologie
Postbus 23, 6700 AA Wageningen

Ing. J.G. de Vries
Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Rijkswaterstaat
afd. Milieumaatregelen Infrastructuur
Postbus 5044, 2600 GA Delft

Fig. 5. De afstand tussen de tunnels hangt af van de hoek waaronder het scherm is opgesteld. Bij een V-vormige opstelling van het scherm kan de afstand tussen de tunnels groter zijn dan bij een parallelle opstelling (naar: Stolz & Podlousky, 1983).

