

Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur

Juni 2013

Leidraad
Faunavoorzieningen
bij
Infrastructuur



Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur

Juni 2013

In opdracht van:



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

ProRail

Met medewerking van:



agentschap
Wegen en Verkeer



Voorwoord

Het Meerjarenprogramma Ontsnippering (MJPO) heeft als doel om de 215 belangrijkste barrières in de Ecologische hoofdstructuur (EHS) die door bestaande rijksinfrastructuur zijn veroorzaakt op te heffen. Dit vindt plaats onder regie van de provincies door een integrale gebiedsgerichte aanpak. Het programma heeft een looptijd van 2005 tot 2018. Bij de uitvoering van het MJPO rondom wegen en spoorwegen is de in 2005 opgestelde Leidraad Faunavoorzieningen een goede ondersteuning geweest. Deze Leidraad is eerst en vooral te gebruiken door direct betrokkenen bij het MJPO, maar in de praktijk blijkt dat veel informatie ook bruikbaar is voor andere organisaties.

Nu het MJPO zich halverwege de uitvoering bevindt en nieuwe kennis is vergaard, is deze Leidraad aan een herziening toe. Deze herziening is tot stand gekomen in een nauwe samenwerking tussen Rijkswaterstaat en ProRail. De update is uitgevoerd door Bureau Waardenburg onder begeleiding van een projectgroep met daarin vertegenwoordigers van Rijkswaterstaat en ProRail. Een klankbordgroep met gebruikers en specialisten heeft de inhoudelijke toetsing verzorgd. Naast mensen van Rijkswaterstaat en ProRail waren medewerkers van ingenieursbureaus en soortbeschermende organisaties vertegenwoordigd.

De gewenste aanpassingen aan de Leidraad komen voort uit nieuwe inzichten die in de afgelopen jaren zijn verkregen, zowel nationaal als internationaal en zowel in theoretische als technische zin. Zo wordt in de onderhavige, volledig herziene versie nadrukkelijk aandacht besteed aan systems engineering, wat bij MJPO-partners steeds meer de standaard werkwijze is geworden. Door de link te leggen met standaard- of basisspecificaties en met de systematiek van systems engineering sluit de hernieuwde Leidraad aan bij de huidige en gewenste werkwijze binnen Rijkswaterstaat en ProRail. Dit leidt ertoe dat ontwerpen en ervaringen in een soort voorbeeldenboek zijn weergegeven. Ook wordt in de nieuwe Leidraad meer en structureler aandacht besteed aan inspectie, beheer en onderhoud.

Wij hopen dat u als gebruiker van de herziene Leidraad veel profijt zult hebben van de inhoud.



Werenfried Spit
Hoofd afdeling Milieuwetgeving
Infrastructuur, Rijkswaterstaat



Raymond Krukkert
Manager Afdeling Spoorkruisingen
ProRail

Inhoudsopgave

Voorwoord	5
A. Inleiding	11
B. Leeswijzer	15
1 Ontsnippen: samenwerken is de boodschap	19
1.1 Fauna en infrastructuur	19
1.2 Directe ecologische effecten	19
1.2.1 Verlies van leefgebied	19
1.2.2 Barrière-effecten	19
1.2.3 Faunaslachtoffers	21
1.2.4 Verdroging, vervuiling en verstoring	23
1.2.5 Aanleg van (plas)bermen en bermsloten	25
1.3 Indirecte effecten	27
1.4 Het integrale, gebiedsgerichte beleid voor ontsnippering	27
2. Werken volgens Systems Engineering	29
2.1 Elke situatie is uniek	29
2.2 De kenmerken van Systems Engineering	29
2.3 Wanneer Systems Engineering gebruiken?	35
2.4 Maatwerk vraagt om nauwe samenwerking	35
3 Opstellen Klant Eisen Specificatie	39
3.1 Inleiding	39
3.2 Probleemanalyse	39
3.2.1 De diersoorten	39
3.2.2 Het probleem	41
3.2.3 De oorzaak	43
3.3 Doelstellingen formuleren	43
3.3.1 Ecosysteem- of soortbenadering	43
3.3.2 Doelsoorten	45
3.3.3 Systeemgrenzen en functieboom	47
3.3.5 Medegebruik	49
3.4 Omgevingsanalyse	51
3.4.1 Stakeholders	51
3.4.2 Contextdiagram	51
3.5 Verificatie- en validatiemethode	55

4	Ontwikkelfase	57
4.1	Inleiding	57
4.2	De nulsituatie	57
4.2.1	De diersoorten	57
4.2.2	Aard van de barrière	57
4.2.3	Ruimtelijke situatie	61
4.3	Documenten	63
4.3.1	Standaardspecificaties	63
4.3.2	Voorschriften	65
4.4	Ontheffingen en vergunningen	69
4.4.1	Flora- en faunawet	69
4.4.2	Natuurbeschermingswet 1998	71
4.4.3	Boswet	71
4.4.4	Spoorwegwet en Wet beheer Rijkswaterstaatswerken	73
4.4.5	Tracéwetprocedure en Crisis- en herstelwet	73
4.4.6	Planologische procedures	75
4.5	Verificatie en validatiemethode	77
4.6	Oplossing uitwerken	77
4.7	Vraagspecificatie	79
5	Inspectie, beheer en onderhoud	81
5.1	Inleiding	81
5.2	Beheer en onderhoud	81
5.3	Inspectie	87
5.4	Uitvoering van inspectie en onderhoud	89
6	Toetsen ecologisch functioneren	93
6.1	Inleiding	93
6.2	Opstellen van een monitoringplan	95
6.3	Methoden van monitoring	99
6.3.1	Monitoring van faunaslachtoffers	99
6.3.2	Monitoring van het gebruik van faunavoorzieningen	101

Versnippering

In de loop van de twintigste eeuw is onze natuur sterk versnipperd door de ontginning van grote gebieden voor de landbouw en voor woon- en werkgebieden. De aanleg, verbreding en een steeds intensiever gebruik van auto-, spoor- en waterwegen hebben de mogelijkheden van planten en dieren om zich over en tussen de overgebleven natuurgebieden te verspreiden en te bewegen verder verkleind. Door de aanleg en verbreding van (spoor)wegen gaat dit proces nog steeds door. De effecten van infrastructuur op natuur staan nader beschreven in hoofdstuk 1.



Versnippering

Figuur A.1. Versnippering

Ontsnippering

Om verdere achteruitgang van de natuur door versnippering te voorkomen en herstel te bewerkstelligen, is in de jaren negentig het begrip ecologische hoofdstructuur (EHS) gelanceerd (Natuurbeleidsplan, Ministerie van LNV, 1990). De ecologische hoofdstructuur is in beleidsplannen vastgelegd en heeft een beschermde status. In 2000 is de EHS verder uitgebouwd met zogenoemde robuuste verbindingen (Nota Natuur voor mensen, mensen voor natuur, Ministerie LNV 2000). Waar de ecologische hoofdstructuur de infrastructuur kruist ontstaan knelpunten. Deze knelpunten kunnen worden verzacht of opgelost door de aanleg van faunavoorzieningen. Dit zijn voorzieningen, die de verbinding tussen twee gebieden mogelijk maken, of de kans op faunaslachtoffers beperken. Ook knelpunten buiten de EHS worden op deze wijze verholpen. De afgelopen jaren zijn veel van dergelijke voorzieningen aangebracht, zoals ecoducten, looprichels, faunatunnels, ecoduikers en faunauitstapplaatsen uit kanalen. Daarmee zijn veel knelpunten verholpen. In 2004 was sprake van 215 knelpunten in het bestaande hoofdwegennet (Meerjarenprogramma Ontsnippering, 2004). Eind 2011 waren hiervan 59 knelpunten opgelost. In 2012 moeten in totaal 25 ecoducten af zijn. Ondertussen worden ook kleine faunaverbindingen aangelegd, waaronder 80 onder spoorverbindingen.



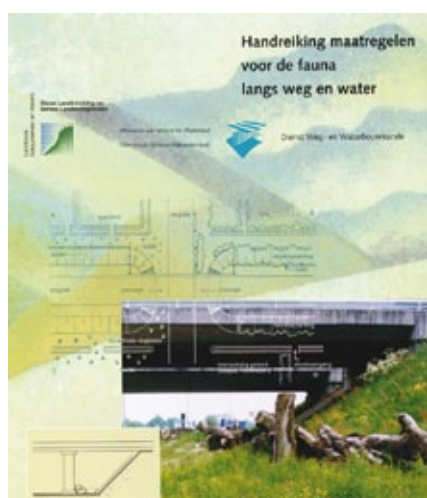
Ecoduct

Figuur A.2. Ontsnippering (tekening: Wilfried Jansen of Lorkeers)

A. Inleiding

Waarom deze leidraad?

Het doel van de leidraad is om u als 'ontsnipperaar' inspiratie en handvatten te geven om infrastructuur goed, efficiënt en kosteneffectief te ontsnipperen. Dit is inmiddels de derde versie van de leidraad.



De 'oude' handreiking faunamaatregelen (1995)

In 1995 is de 'Handreiking maatregelen voor de fauna langs weg en water' door de Dienst Weg- en Waterbouwkunde en de Dienst Landinrichting en Beheer Landbouwgronden uitgebracht. Deze handreiking werd zowel door initiatiefnemers als adviseurs veelvuldig geraadpleegd. In dat jaar verscheen van de Nederlandse Spoorwegen ook het 'Naslagwerk fauna- en floravoorzieningen'. Sinds 1995 is door onderzoek en ervaringen uit binnen- en buitenland veel nieuwe informatie beschikbaar gekomen, waardoor er dringend behoefte was aan een nieuwe versie van de handreiking. Deze verscheen in 2005 (Kruidering *et al.*, 2005) en werd toen 'Leidraad faunavoorzieningen bij wegen' genoemd. De afgelopen vijf jaar is wederom veel ervaring opgedaan met het bouwen van faunavoorzieningen en het gebruik van de voorzieningen door de doelsoorten. In diezelfde tijd is ook de wijze waarop Rijkswaterstaat en ProRail het ontwerpen en bouwen van objecten, waaronder faunavoorzieningen, aanpakken veranderd. Er wordt nu een groter beroep op de markt gedaan om met creatieve

oplossingen te komen. Tevens worden andere stakeholders (belanghebbenden), zoals terreinbeheerders en omwonenden, meer bij het vinden van oplossingen betrokken. De opzet en de inhoud van de leidraad sloot hier niet op aan. Daarom moest er een nieuwe versie komen.

Voor wie is de leidraad?

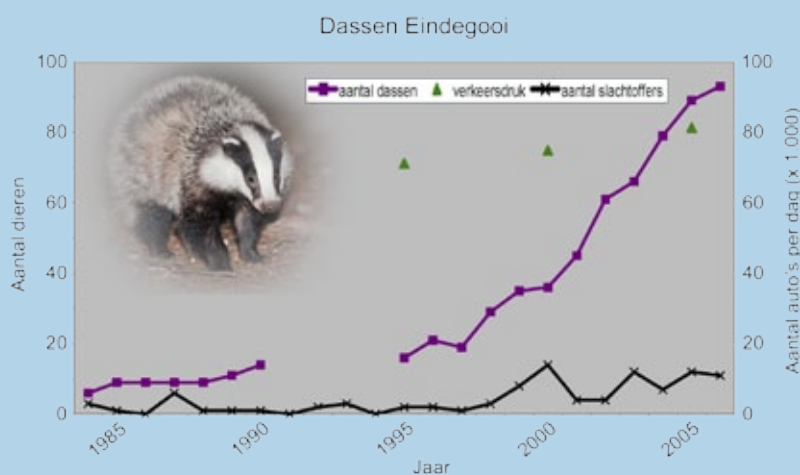
De leidraad faunavoorzieningen is bedoeld voor de medewerkers en ontwerpers bij Rijkswaterstaat en ProRail, maar ook voor de medewerkers en ontwerpers bij provincies, gemeenten, waterschappen, adviesbureaus en aannemers. Opstellers van uitbestedingscontracten (Vraagspecificaties) vinden in de leidraad belangrijke informatie waar in Basisspecificaties (van Rijkswaterstaat) en Ontwerpvoorschriften (van ProRail) om wordt gevraagd.

Wat staat erin?

De leidraad behandelt de planning, het ontwerp, de aanleg, het onderhoud en het beheer van faunapassages en aanverwante voorzieningen. De leidraad biedt handvatten om te komen tot een goede keuze van het type voorziening, de locatie van de voorziening en de afmetingen ervan (het ontwerp). Daarnaast zijn de stappen om te komen tot een goed functionerende voorziening toegelicht. Hierbij zijn de aanleg, de toetsing (van het functioneren van de voorziening) en het onderhoud van de constructies essentiële onderdelen.

Herstel van de Nederlandse dassenpopulatie

De dassenpopulatie in Nederland rond 1900 wordt geschat op ruim 4.000 dieren. In 1960 was dit aantal gedaald tot zo'n 500 dieren en het bleef laag tot halverwege de jaren tachtig. Dankzij allerlei beschermingsmaatregelen steeg het aantal dieren weer en in 2006 kwam de populatie weer in de buurt van de 4.000 dieren. Een van de beschermingsmaatregelen was de aanleg van faunavoorzieningen. Dekker & Bekker (2010) hebben uitgezocht wat de bijdrage van faunavoorzieningen aan het herstel van de dassenpopulatie was. Op nationale schaal blijkt dat na de aanleg van een faunavoorziening het aantal verkeersslachtoffers onder dassen daalt. Hoe langer de faunavoorziening aanwezig is hoe lager het aantal verkeersslachtoffers. Ook op lokale schaal gaat dit op. In Eidegooi, tussen Hilversum en Hollandsche Rading, is de dassenpopulatie in 15 jaar tijd bijna vertienvoudigd. Tegelijk nam de verkeersdruk (aantal auto's per dag) op de wegen in dit gebied toe. Ondanks deze toenames bleef de kans dat een dier wordt doodgereden gelijk (Vink *et al.*, 2008). Op plekken waar faunavoorzieningen waren aangelegd (onder de wegen en het spoor) werden ook geen slachtoffers meer gevonden. Hoewel niet de enige factor, lijken beide studies er wel op te wijzen dat faunavoorzieningen deels hebben bijgedragen aan het herstel van de dassenpopulatie in Nederland.



Figuur A.3. Herstel dassenpopulatie (foto das: Jelger Herder)

De leidraad richt zich hoofdzakelijk op hoofdwegen en spoorwegen, aangezien voor kanalen andere handboeken beschikbaar zijn (bijvoorbeeld CUR, 1999). Ten behoeve van de integrale en gebiedsgerichte aanpak van ontsnippering is eveneens informatie opgenomen die bruikbaar is voor het onderliggend wegennet en waterwegen.

De leidraad richt zich vooral op de fase nadat een knelpunt is vastgesteld en een beslissing is genomen voor een ontsnipperende maatregel. Bovendien komt ook het zoekproces naar de juiste combinatie van maatregelen om de versnipperingsproblematiek op gebiedsniveau aan te pakken aan bod (zie de leeswijzer op pagina 15). Hierbij geeft deze leidraad geen kant en klare oplossingen voor alle knelpunten en doelsoorten, maar krijgt de gebruiker wel een compleet beeld van wat er bij het realiseren van een faunapassage komt kijken en welke aandachtspunten daarbij van belang zijn.

Naast deze leidraad faunavoorzieningen geeft Rijkswaterstaat een boekje uit over inspectie en beheer van faunavoorzieningen (den Ouden & Piepers, 2008). Daarin is over dit onderwerp meer gedetailleerde informatie te vinden dan in deze leidraad staat.

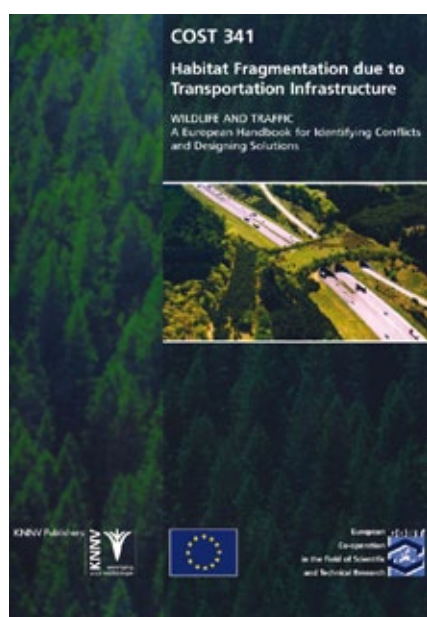
Wat willen we bereiken?

Rijkswaterstaat en ProRail willen met de nieuwe leidraad bereiken dat faunavoorzieningen standaard worden opgenomen in de ontwerpen voor infrastructuur. Voorkomen is beter dan genezen en is meestal ook goedkoper. Inmiddels is zo veel ervaring met faunavoorzieningen opgedaan dat voldoende bekend is hoe goede faunavoorzieningen worden aangelegd, die ook op de lange duur blijven functioneren. We hebben geleerd van ervaringen en voorbeelden (zowel positieve als negatieve) in Nederland en het buitenland en we weten hoe belangrijk het onderhoud en het onderzoek naar het gebruik van de voorzieningen

is. Al deze aspecten kunnen standaard worden opgenomen in de reguliere processen bij het ontwerp, de bouw en het onderhoud van infrastructuur. Zo wordt met een relatief kleine inspanning de versnipperende werking van infrastructuur op dierpopulaties vermindert.

De internationale context

Deze leidraad is een Nederlands product, gericht op de Nederlandse situatie, maar staat zeker niet los van de ontwikkelingen die op het gebied van ontsnippering binnen Europa plaatsvinden. Voor zover relevant voor Nederlandse faunavoorzieningen is de informatie die door het internationaal netwerk van deskundigen (het Infra Eco Netwerk Europe; kortweg IENE) is verzameld en vastgelegd, in de leidraad verwerkt. Hierbij is gebruik gemaakt van de producten die zijn voortgekomen uit de COST-actie 341 (Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure) waaronder het Europese Handboek (Damarad & Bekker, 2003). COST staat voor European Cooperation in Science and Technology en is een Europees netwerk voor de coördinatie van nationaal gesubsidieerde onderzoeken, gericht op uitwisseling van informatie op internationale schaal. Meer informatie over COST 341 kunt u vinden op www.iene.info.



Het Europese handboek

Kader Faunavoorzieningen

Deze leidraad gaat voor Rijkswaterstaat vergezeld van een kader 'Faunavoorzieningen'. In dit kader staan de eisen en de visie voor de aanleg en het beheer van faunavoorzieningen, waarvan de aannemer van een Rijkswaterstaat-opdracht dient te voldoen. De beschreven eisen en werkwijze zijn daarna verplicht gesteld.

Dit kader zal naar verwachting eind 2013 of begin 2014 gereed zijn.

B. Leeswijzer

Deze leidraad dient als inspiratiebron voor het opheffen van versnippering die is ontstaan of zal ontstaan door de aanleg van infrastructuur. Dit document biedt geen pasklare oplossingen voor elk willekeurig knelpunt. Het gaat met name in op het proces om tot een oplossing te komen en welke eisen fauna aan de voorziening én het aangrenzende gebied stellen.

Deze leidraad behandelt het ecologische deel van een faunavoorziening. Voor de constructie, welke veelal overeenkomt met die van gebruikelijke kunstwerken (viaducten, bruggen, tunnels, duikers etc.), bestaan al voldoende andere handleidingen, richtlijnen en standaard specificaties.

De leidraad bevat veel informatie voor verschillende doelgroepen en voor verschillende fasen in het proces om tot een goed en duurzaam functionerende faunavoorziening te komen. Dit staat uitgebreid beschreven in deel 1 van de leidraad. De aanpak volgens Systems Engineering vormt de rode draad voor de beschrijving van het proces. Deel 2 behandelt de functionele eisen van de verschillende doelsoorten en geeft voorbeelden van faunavoorzieningen. Op de volgende pagina's vindt u een schema, waarmee u via een aantal vragen kunt achterhalen in welk hoofdstuk de door u gewenste informatie staat.

Basis voor de indeling van de leidraad vormt het werken volgens Systems Engineering. Bij deze methode wordt zo nauwkeurig mogelijk beschreven welke eisen de gebruikers aan een systeem (in ons geval de faunavoorziening) stellen. De primaire gebruikers van de faunavoorziening zijn de dieren en in de leidraad wordt hier dan ook veel aandacht aan besteed. In hoofdstuk 2, wordt kort ingegaan op Systems Engineering. In de daarop volgende hoofdstukken wordt voor twee specificaties van Systems Engineering, de Klant Eisen Specificatie en de Systeemspecificatie, aangegeven welke informatie nodig is in relatie tot faunavoorzieningen. Hoofdstuk 7 (deel 2) behandelt de eisen die fauna aan faunavoorzieningen stellen in meer detail. Hier vindt u ook tabellen met eisen waarnaar in standaardspecificaties, zoals de Basisspecificatie Ecopassages van Rijkswaterstaat en het Ontwerpvoorschrift Faunapassages van ProRail, wordt verwezen.

Voorbeelden van faunavoorzieningen staan in deze leidraad op een minder prominente plaats dan in de vorige versie van de leidraad. Ze zijn te vinden in hoofdstuk 8 (deel 2). Het zijn voorbeelden van bestaande voorzieningen waarvan bekend is dat ze wel, maar ook waarvan bekend is dat ze niet werken. U kunt deze voorbeelden gebruiken als inspiratie, maar bedenk dat de kennis en ervaring met faunavoorzieningen nog dagelijks toeneemt. Wij raden u daarom aan bij uw ontwerpen deskundigen te raadplegen die over de meest recente informatie beschikken.

De bronnen waar in de tekst naar wordt verwezen, staan aan het einde van deel 2. Hier vindt u ook een verklarende woordenlijst.

Vragen

1	Leidraad	U gaat bezig met ontsnipperingsmaatregelen, maar u wilt meer weten over de problematiek van versnippering door infrastructuur en de aanleiding voor het Meerjarenprogramma Ontsnippering (MJPO).	→
2		U gaat een complex knelpunt oplossen en wilt weten hoe dit systematisch aan te pakken.	→
3		U gaat bestaande infrastructuur aanpassen of nieuwe aanleggen en wilt weten hoe u bepaalt of er een probleem is met fauna.	→
4		U weet wat het probleem is en wilt op zoek naar de oplossing. Waar moet u aan denken tijdens deze zoektocht?	→
5		U heeft een faunavoorziening aangelegd. Hoe zorgt u er voor dat deze zijn functie blijft vervullen?	→
6		U heeft een faunavoorziening aangelegd. Hoe kunt u onderzoeken of deze functioneert?	→
7	Bijlagen	U wilt meer weten over de ecologische eisen die uw doelsoorten aan faunavoorzieningen stellen.	→
8		U heeft inspiratie nodig voor een faunavoorziening. U wilt weten waar u op moet letten bij het ontwerp en de aanleg van een specifieke faunavoorziening.	→

Hoofdstukken	Inhoud		
1. Ontsnippen: samenwerken is de boodschap	Achtergrond van en kader voor ontsnippering	Leidraad	1
2. Werken volgens Systems Engineering	Planprocedure en kader		2
3. Opstellen Klant Eisen Specificatie	Stap 1 van Systems Engineering: de probleemanalyse		3
4. Ontwikkelfase	Stap 2 van Systems Engineering: opstellen Systeem-specificatie		4
5. Inspectie, beheer en onderhoud	De gebruiksfase		5
6. Toetsen ecologisch functioneren	Doelstelling gehaald?		6
7. De klanteisen van de fauna	Achtergrondinformatie	Bijlagen	7
8. Voorbeelden van faunavoorzieningen	Een selectie van mogelijke oplossingen		8

Duurzaamheid, populaties en netwerkpopulaties

Draagkracht

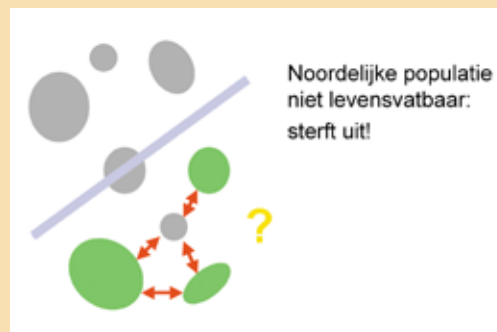
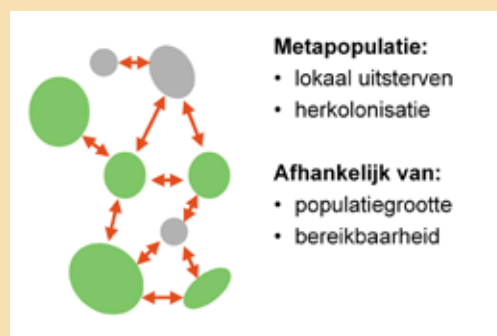
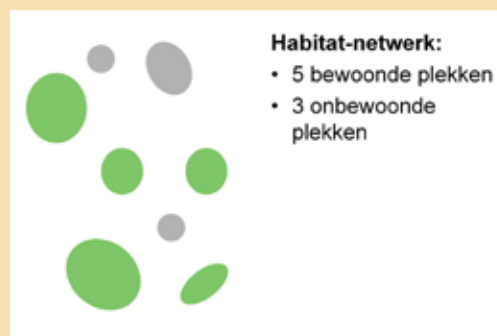
Elke diersoort stelt eisen aan zijn leefomgeving. Denk hierbij aan de benodigde ruimte, beschikbaarheid van voedsel en schuilplaatsen. Een habitatplek (plek leefgebied) van een soort kan slechts voor een bepaald aantal individuen aan die eisen voldoen. Dit maximum aantal noemen we de draagkracht van een leefgebied.

Lokale populatie

De grootte van een lokale populatie wordt enerzijds bepaald door de draagkracht van het gebied, anderzijds door factoren zoals ziekte, aanwezigheid van predatoren en toevallige aantalfuctuaties.

Duurzaamheid

Voor de duurzame aanwezigheid van een soort waarvan het leefgebied is versnipperd, is naast de gezamenlijke draagkracht van de deelgebieden, de uitwisseling van individuen tussen deze deelgebieden van belang. De uitsterfkans wordt verkleind wanneer er geen barrières aanwezig zijn en de gebieden dicht bij elkaar liggen. Is dit niet het geval, dan kan een deelgebied dat is 'leeggeraakt' (bijvoorbeeld door een natuurramp, menselijke ingreep of ziekte) niet of moeilijk opnieuw bevolkt raken. Deelgebieden die via uitwisseling met elkaar zijn verbonden vormen samen een netwerk, waarvan de totale draagkracht de kans op duurzame instandhouding van de populaties bepaalt. Alle populaties in dit netwerk vormen samen de netwerk- of metapopulatie. Een populatie of netwerkpopulatie noemen we duurzaam wanneer de kans op uitsterven erg klein is. De kans op uitsterven van een soort in een netwerk hangt af van de totale potentie: de draagkracht van het netwerk, maar ook van de mogelijkheid deze ten volle te benutten. Wanneer deelgebieden slecht bereikbaar zijn en de uitwisseling met andere plekken laag is, bijvoorbeeld door de aanwezigheid van een weg, zal het bij 'leeg' raken langer duren voor deze weer is gekoloniseerd.



Voorspellen levensvatbaarheid (Alterra)

Figuur1.1. Duurzaamheid, populaties en netwerkpopulaties (bron: Van der Grift, 2001).

1 Ontsnippen: samenwerken is de boodschap

1.1 Fauna en infrastructuur

De aanleg, renovatie en het gebruik van wegen, spoorwegen en vaarwegen versnipperen de leefgebieden van dieren. Dit gebeurt direct of indirect. We kunnen vijf hoofdcategorieën van directe effecten onderscheiden:

- Verlies van leefgebied;
- Barrière-effecten;
- Faunaslachtoffers;
- Verstoring, vervuiling en verdroging;
- Aanleg van (plas)bermen.

In de praktijk versterken deze effecten elkaar door onderlinge interactie.

Indirecte effecten hebben vooral te maken met toekomstige veranderingen in de omgeving als gevolg van de aanleg of aanpassing van infrastructuur. In de volgende paragrafen wordt ingegaan op de directe en indirecte effecten van infrastructuur op fauna.

De maatregelen die in deze leidraad zijn beschreven hebben vooral betrekking op het voorkomen of beperken van barrière-effecten en faunaslachtoffers. Barrière-effecten en faunaslachtoffers zijn namelijk de belangrijkste knelpunten op plekken waar de infrastructuur van dieren de infrastructuur van mensen kruist. Het oplossen van deze knelpunten was de aanleiding voor het starten van het Meerjarenprogramma Ontsnippering (MJPO).

1.2 Directe ecologische effecten

1.2.1 Verlies van leefgebied

Het directe effect van de aanleg van infrastructuur is de verandering van het landgebruik ter plekke van de infrastructuur, aangezien natuurlijk leefgebied wordt vervangen door rails, asfalt of water. Ook bij verbreding van (spoor)wegen of het kanaliseren en beschoeien van waterwegen verdwijnt leefgebied. Daarnaast vindt verstoring en isolatie van het overblijvende leefgebied plaats, dat daardoor ook minder geschikt of zelfs ongeschikt wordt. Het verlies van leefgebied leidt tot een onomkeerbare verandering in de verspreiding van soorten in het landschap. Wegen en wegbermen nemen in Nederland ruim 5% van de totale landoppervlakte in beslag. Dit lijkt op nationale schaal weinig. Echter op lokale schaal kan dit ruimtebeslag belangrijke gevolgen hebben voor de natuur en andere gebruiksfuncties

1.2.2 Barrière-effecten

De mogelijkheid van diersoorten om zich door het landschap te verplaatsen op zoek naar voedsel, dekking of om zich voort te planten is essentieel voor hun voortbestaan. Infrastructuur en andere barrières tasten in veel gevallen de mogelijkheden van soorten aan om zich tussen (deel)leefgebieden te verplaatsen. Hierdoor kunnen hele populaties van soorten in gevaar komen. Daarnaast kan het doorsnijden van een leefgebied ervoor zorgen dat een gebied te klein wordt om nog een levensvatbare populatie van een bepaalde



Figuur 1.2 Geluidschermen langs wegen en spoorwegen vormen echt ondoordringbare barrières. Dat geldt ook voor hekken die langs spoorwegen worden geplaatst om mensen van het spoor te houden.



Figuur 1.3 Het beschoeien van oevers kan barrières opwerpen voor soorten die het water normaal gesproken wel kunnen oversteken.

plant- of diersoort te herbergen. Ook zal door de geïsoleerde ligging het gebied moeilijker bereikbaar zijn voor herkolonisatie door de soorten die zijn verdwenen (zie figuur 1.1).

Soorten die extra gevoelig zijn voor barrièrewerking en aanrijdingen zijn zeldzame soorten met kleine lokale populaties en grote individuele leefgebieden (bijvoorbeeld de boommarter) en soorten die afhankelijk zijn van een dagelijkse of seizoensgebonden trek tussen lokale leefgebieden (bijvoorbeeld vleermuizen en amfibieën). Daarbij is de gevoeligheid groter naarmate de dieren zich minder snel kunnen verplaatsen. Onder de vliegende soortgroepen (vogels, vleermuizen, vlinders) zijn soorten die laag vliegen (bijvoorbeeld van bloem naar bloem of van boom naar boom) gevoeliger dan soorten die hoog vliegen.

Dieren reageren verschillend op de aanwezigheid van infrastructuur. Voor kleinere diersoorten vormt het asfalt of de rails een onoverkomelijke barrière. Voor loopkevers en spinnen geldt dit ook voor het ballastbed van het spoor. Grotere soorten en vogels mijden de omgeving van de infrastructuur vanwege het aanwezige geluid, licht en beweging. Toch proberen dieren deze barrières nog wel eens te overbruggen. Dit zal eerder gebeuren bij spoorwegen dan bij autosnelwegen, omdat de frequentie van passerende treinen op het spoor lager is dan de frequentie van passerende auto's op de autosnelweg. Daarom vallen op het spoor vaker slachtoffers dan op een autosnelweg (Brandjes *et al.*, 2001). Bovendien staat langs het spoor geen verlichting.

Geluidschermen langs wegen en spoorwegen vormen vaak ondoordringbare barrières. Dat geldt ook voor hekken die langs spoorwegen worden geplaatst om mensen van het spoor te houden. Een bijkomend nadeel van hekken en geluidschermen is dat dieren op zoek gaan naar een andere plek om over te steken. Vooral dieren wiens traditionele route, bijvoorbeeld tussen winterslaapplaats en voortplantingsplaats, wordt afgesneden doen dit. Als er geen veilige plek is (een ecoduct of tunnel) steken ze op die andere plek de infrastructuur alsnog over. Het probleem heeft zich verplaatst en het is ook minder voorspelbaar waar de dieren de infrastructuur kruisen.

Natuurlijke wateren (rivieren, beken, meren) vormen natuurlijke barrières voor dieren. De kanalisatie van rivieren en beken en het beschoeien van oevers kunnen echter barrières opwerpen voor soorten die het water voorheen wel konden oversteken. Ook een intensiever gebruik van de vaarwegen door vrachtverkeer of recreanten belemmert of weerhoudt dieren het water over te steken.

1.2.3 Faunaslachtoffers

Het meest zichtbare en bekende effect van (spoor)wegen vormen de aanrijdingen met dieren. Ieder jaar vallen alleen al bij de gewervelde dieren miljoenen dodelijke slachtoffers en raken vele dieren gewond. Grote aantallen faunaslachtoffers vormen, vooral voor meer gevoelige soorten, een bedreiging voor het voortbestaan van de populatie. Het aantal faunaslachtoffers wordt beïnvloed door factoren als de verkeersintensiteit, verstoring in de omgeving, temperatuur, neerslag, seizoen en tijd van de dag. De seizoensvariatie is afhankelijk van het voortplantingsgedrag, seizoensgebonden migratiepatronen (bijvoorbeeld de paddentrek) en seizoensgebonden verstoring zoals de jacht en recreatie. De ligging van de (spoor)weg in het landschap speelt ook een belangrijke rol: het aantal slachtoffers is groter op (spoor)wegen die op de overgang van landschapstypen liggen, zoals bijvoorbeeld op de overgang van bos naar grasland. Opvallend is ook dat op provinciale wegen naar verhouding (gerelateerd aan het

Slachtoffer van verkeer: de kerkuil

Voor kerkuilen vormt het verkeer de belangrijkste doodsoorzaak. Gebleken is dat meer dan de helft van alle kerkuilen slachtoffer wordt van het verkeer (Vogelwacht, 2004). Het is bekend dat vooral onder de jongen het aantal faunaslachtoffers nog groter kan zijn. Men schat dat ongeveer tweederde van het aantal uitgevlogen jongen in Nederland ten prooi valt aan het verkeer. In regio's die een wegennet met veel verkeer bezitten kan dit zelfs oplopen tot boven de 70% (Fopma, 2000). Dit hoge aantal slachtoffers kan lokaal het voortbestaan van een populatie bedreigen.

Dat juist onder kerkuilen veel slachtoffers vallen komt vooral door de manier van jagen van de kerkuil. Op ongeveer een tot twee meter boven de grond (vaak de berm) speurt de kerkuil al vliegend naar prooi, waarbij wegen kriskras worden overgestoken.

Wat kunnen we doen voor de kerkuil?

Het aantal slachtoffers onder de kerkuil kan worden voorkomen door een aantal niet al te kostbare maatregelen:

- door het aanbrengen van beplanting of wallen vlak langs autowegen kunnen kerkuilen en andere vogels gedwongen worden de wegen op veilige hoogte over te steken [zie Deel II, hoofdstuk 8];
- verminderen van het aantal geschikte zitplaatsen voor kerkuilen langs de rijbanen. Dit kan o.a. door reflectiepalen en hectometerpalen ongeschikt te maken als zitplaats;
- beperken van de leefmogelijkheden voor muizen in wegbermen door de groei van voedselplanten te beperken;
- scheppen van alternatieve voedselgebieden voor de kerkuil (niet gelegen nabij de weg en in combinatie met het ongeschikt maken van de bermen als voedselgebied).



Figuur 1.4 De kerkuil is een soort waarvan het voortbestaan van lokale populaties door verkeer wordt bedreigd.

aantal kilometers weg) meer slachtoffers vallen dan op snelwegen en gemeentelijke wegen. Het verschil tussen autosnelwegen en provinciale wegen is te verklaren door de grotere barrièrewerking van de snelweg, waardoor minder dieren het wagen om een snelweg over te steken. Voor het verschil tussen provinciale en gemeentelijke wegen is nog geen verklaring gevonden. Dat geldt ook voor regionale verschillen die zijn waargenomen. In Zweden worden spoorwegen door reeën niet meer overgestoken als er 150 tot 200 treinen per dag passeren. In Zwitserland ligt het omslagpunt pas bij 300 tot 400 treinen per dag (Helldin *et al.*, 2010). Overigens was er geen verschil tussen enkel- en dubbelspoor. Beide werden even vaak door reeën overgestoken.

Aanrijdingen met grotere dieren zoals edelherten, reeën, wilde zwijnen, zwanen en ganzen leiden vaak tot aanzienlijke schade aan voertuigen en hun bestuurders. De veiligheid van mensen is in het geding en dat maakt het vinden van een oplossing des te meer noodzakelijk.

Bij vaarwegen gaat het niet om aanvaringen tussen vaartuigen en dieren. Hier is sprake van verdrinkingslachtoffers als dieren te water raken en ze niet meer de oever op kunnen klimmen, omdat die te hoog of te steil is.

1.2.4 Verdroging, vervuiling en verstoring

Aanleg en gebruik van infrastructuur veroorzaakt kwaliteitsverlies van het omringende gebied door de toename van verstoring, vervuiling en verdroging. Deze effecten treden vaak tot op grote afstand van de infrastructuur op. Het gevolg is dat de kwaliteit van het leefgebied van dieren verandert. Soms zodanig dat de dieren hier niet meer kunnen leven en zo een stukje leefgebied verliezen.

Verdroging

Vooraf verdiepte aanleg van infrastructuur kan grote hydrologische veranderingen veroorzaken. Dit kan ernstige gevolgen hebben voor omliggende grondwaterafhankelijke vegetaties.

Vervuiling

Bij wegen komt een groot aantal chemische stoffen, waaronder zware metalen, fijnstof en NO_x, vrij van het autoverkeer en het wegdek en spoelt met het regenwater in de berm (ook wel run-off genoemd). Daarnaast worden de bermen beïnvloed door strooizout en onkruidbestrijdingsmiddelen. Naast de uitstoot van dieseltreinen ontstaat bij spoorwegen, onder andere als gevolg van slijtage van de bovenleiding en de spoorstaaf, bodemvervuiling met metalen langs het spoor. De chemische stoffen vergiftigen oppervlakte- en grondwater, bodem en vegetaties langs (spoor)wegen. Uitstoot van nitraat en fosfaat veroorzaakt verrijking en vervuiling van de bermen en de omgeving van de (spoor)weg. Deze vervuiling is niet altijd direct zichtbaar, evenmin als vervuiling van water door motorvaartuigen. Deze 'onzichtbare' vervuiling kan op verschillende niveaus beschadiging en verstoring van biologische functies veroorzaken: van cellen naar organismen naar populaties.



Figuur 1.5 Wegverlichting.



Figuur 1.6 Wegverkeer en wegverlichting maken een weidevogelgebied minder aantrekkelijk voor grutto's.

Andere vervuiling, zoals (zwerf)afval langs infrastructuur of op pleister- en serviceplaatsen of afval van het sanitair in oude treinen, is wel zichtbaar en vormt eveneens een bedreiging. Dieren kunnen bijvoorbeeld verstrikt raken in plastic verpakkingsmateriaal.

Geluid

De mate van verstoring door geluid wordt beïnvloed door het soort verkeer (trein klinkt anders dan personenauto's, die weer anders klinken dan vrachtwagens, etc.), de verkeersintensiteit, het type wegdek of rails, de topografie van het gebied waarin de infrastructuur ligt (bijvoorbeeld de hoogteligging) en de structuur en het type vegetatie langs de infrastructuur. Sommige soorten mijden gebieden die verstoord worden door geluid. Dit effect is bijvoorbeeld aangetoond voor vogels (Reijnen, 1995) en vissen (Opzeeland *et al.*, 2007). Er zijn echter ook soorten die zich aanpassen en hun leefgebied toch in de buurt van een (spoor)weg kiezen. Zo kwaken kikkers langs wegen luider dan hun soortgenoten verder verwijderd van de weg.

Wegverlichting en visuele verstoring

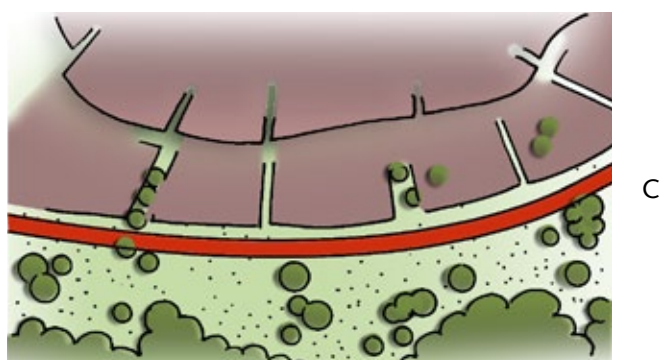
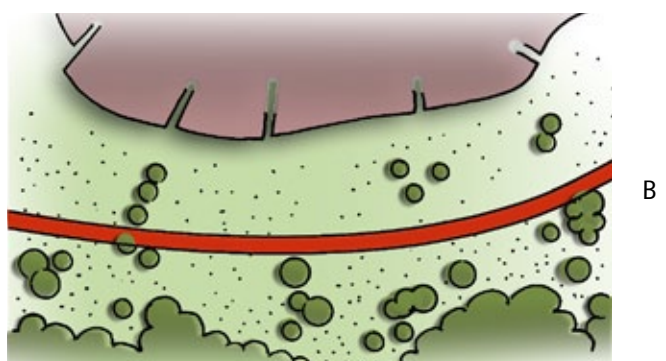
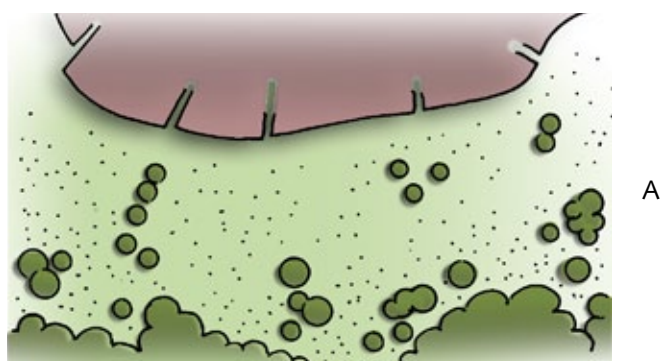
Kunstlicht kan de groei van planten, het broed- en foerageergedrag van vogels en het nachtelijke gedrag van amfibieën en vleermuizen verstoren. Licht kan eveneens insecten aantrekken. Uit een onderzoek naar de relatie tussen wegverlichting en natuur (De Molenaar *et al.*, 1997) blijkt dat de effecten van wegverlichting kunnen zijn: een grotere kans op aanrijdingen, een groter predatierisico, desoriëntatie van diersoorten en verstoring van het biologisch ritme van diersoorten. De aantrekkingskracht van de insecten op sommige soorten vleermuizen kan onder deze soortgroep tot meer slachtoffers leiden. Daarnaast heeft wegverlichting een negatieve invloed op de kwaliteit van een weidevogelgebied als broedgebied voor bijvoorbeeld grutto's (De Molenaar *et al.*, 2000). De beweging van verkeer is voor een aantal meer gevoelige soorten een bron van verstoring.

Langs spoorwegen treedt lichtverstoring nauwelijks op. Langs vaarwegen ook niet, maar soms wordt op de peilers van bruggen en op de bruggen zelf verlichting geplaatst om schippers bij hun oriëntatie te helpen. Dit licht kan verhinderen dat meervleermuizen, die kanalen volgen, onder de brug doorvliegen. Zo kan het licht voor deze soort een barrière vormen op de route tussen slaap- en foerageerplaats.

1.2.5 Aanleg van (plas)bermen en bermsloten

Bij de aanleg van een (spoor)weg worden ook bermen aangelegd. De ecologische waarde van bermen is een veel besproken en bediscussieerd onderwerp. Voor sommige diersoorten kunnen bermen een belangrijk leefgebied vormen, voor andere soorten vormen bermen juist een barrière. Bermen kunnen dieren naar een gevaarlijke oversteekplaats leiden, maar ook naar een veilige (ecoduct of tunnel). Dit geldt met name in agrarische landschappen als de omgeving uit akkers of kort grasland bestaat. Daar vormen bermen vaak de laatste toevluchtsoorten (refugia) voor wilde planten. De corridorfunctie hangt af van de ligging, de vegetatie, de aanliggende gebieden, het beheer en het type infrastructuur.

Voor bermsloten geldt hetzelfde als voor bermen. Zo kunnen bermsloten worden gebruikt als middel om dieren van infrastructuur weg te houden (mits breed genoeg), als ook als middel om dieren naar een veilige oversteekplaats te leiden. Voor water- en oevergebonden



Figuur 1.7 Voorbeeld indirect effect.

- A: stadsrand met buitengebied,
- B: nieuwe weg door buitengebied,
- C: uitbreiding stadsrand tot aan nieuwe weg

diersoorten vormen oevers zelfs de belangrijkste corridor. Kale oevers zijn voor hen onaantrekkelijk en worden gemeden, waardoor voedsel- of voortplantingsgebieden onbereikbaar worden. Flauwe, natuurvriendelijke oevers langs kanalen kunnen daarentegen een belangrijke bijdrage leveren aan het opheffen van versnippering.

Een kantekening is hier wel op z'n plaats. Corridors in de vorm van bermen, bloemrijke akkerranden, sloten en natuurvriendelijke oevers vergemakkelijken ook de verspreiding van exoten. Daarom moet op elke locatie eerst worden onderzocht welke dieren van de aanleg van deze structuren profiteren. Als hieronder ook exoten of concurrenten van de doelsoorten vallen kan beter naar een andere oplossing worden gezocht.

1.3 Indirecte effecten

De aanleg van nieuwe infrastructuur kan aanleg of uitbreiding van industrie- of woongebieden stimuleren (vanwege de gunstige ontsluiting), waardoor de mate van versnippering van leefgebieden voor dieren nog verder kan toenemen (figuur 1.7). Een ander indirect effect is bijvoorbeeld de extra ontsluiting van natuurgebieden, met daarmee gepaard gaande verstoring en vervuiling. Een toename in waterverkeer kan leiden tot extra golfslag, waardoor oevers eerder of verder afkalven. Hierdoor verdwijnt een stukje leefgebied voor landdieren, maar tevens worden oevers er steiler door, waardoor oeverbewonende soorten minder makkelijk in en uit het water kunnen komen.

1.4 Het integrale, gebiedsgerichte beleid voor ontsnippering

Aan het begin van de eenentwintigste eeuw werd zowel in het natuurbeleid, als in het beleid rond verkeer en vervoer aangegeven dat maatregelen nodig waren om de knelpunten tussen fauna en infrastructuur aan te pakken. Het was duidelijk dat dit alleen zou lukken als ministeries, provincies en infrabeheerders zouden samenwerken. De twee verantwoordelijke ministeries (EZ en I&M) hebben dit uitgewerkt in het Meerjarenprogramma Ontsnippering (MJP-Ontsnippering, 2004), dat is opgenomen in het Meerjarenprogramma Infrastructuur, Ruimte en Transport (MIRT).

Het MJP-Ontsnippering beoogt alle knelpunten aan het hoofd(vaar)wegennet en het spoorwegennet in 2018 (het jaar waarin ook de EHS moet zijn gerealiseerd) te hebben opgelost. In het MJP-Ontsnippering zijn de knelpunten en de te nemen maatregelen aan alle infrastructuur in samenhang met de omgeving geïnventariseerd en is tevens gekeken naar het te behalen ecologisch effect van de maatregelen. Daarnaast zijn de knelpunten geprioriteerd, waarbij bepaalde regio's en de robuuste verbindingen voorrang krijgen. Het MJP-Ontsnippering stuurt aan op een gebiedsgerichte oplossingsstrategie waarin de provincies het voortouw hebben. Naast het MJP-Ontsnippering hebben de provincies voor de provinciale infrastructuur concrete ontsnipperingsplannen gemaakt, of zijn daar momenteel nog mee bezig.



Figuur 2.1. Een systeem doorloopt tijdens een levenscyclus meerdere fasen. Systems Engineering is gericht op het optimaliseren van een systeem over de gehele levenscyclus (holistische benadering). De behoefte van de klant staat bij al deze fasen centraal.



Figuur 2.2 Veel diersoorten gebruiken tunnels onder (spoor)wegen, maar ze stellen eisen aan de vorm en de afmetingen. Voor veel soorten geldt 'hoe langer de tunnel, hoe breder en hoger die moet zijn'. Maar soms dwingen lokale omstandigheden tot afwijken van standaardregels. Bij deze lange tunnel was het niet mogelijk om hem hoog te maken. Als oplossing is halverwege een gat gemaakt, waardoor hij minder donker is en minder lang lijkt. Hij wordt daardoor, ondanks zijn lengte toch gebruikt door reeën en wilde zwijnen.

2. Werken volgens Systems Engineering

2.1 Elke situatie is uniek

Voor het ontwerpen van oplossingen van problemen in de infrastructuur doorlopen Rijkswaterstaat en ProRail de processtappen volgens Systems Engineering (SE) (Van Ark, 2009). Dit geldt ook voor versnipperingsproblemen.

Dit betekent dat een faunavoorziening wordt gezien als een systeem dat weer onderdeel is van een groter systeem (de infrastructuur). Er zijn relaties tussen systemen onderling, tussen systemen en de omgeving en binnen een systeem. Bij Systems Engineering wordt met al deze relaties rekening gehouden gedurende de hele levenscyclus van het systeem, van concept tot sloop (figuur 2.1). Het betekent ook dat elke situatie wordt gekenmerkt door de relaties van het systeem ter plekke. Elke situatie vraagt om een eigen, lokaal specifieke oplossing. Standaardoplossingen bestaan niet (figuur 2.2). Daarom ligt in deze leidraad de nadruk op het doel en de functie van faunavoorzieningen en op het proces om tot een passende oplossing te komen, en niet op het tonen van bestaande oplossingen. De getoonde voorzieningen in deel 2 van deze leidraad zijn slechts voorbeelden om de ontwerper te inspireren. De beste oplossing voor jouw situatie zit er niet bij!

Het is niet eenvoudig om voor elke situatie de beste oplossing te bedenken. Zeker niet als je met alle aspecten rekening wilt houden en een systeem wilt bouwen dat een aantal decennia goed functioneert. Wil je dit bereiken, dan moet je al helemaal in het begin goed nadenken over:

- de eisen die de gebruikers en andere belanghebbenden aan het systeem stellen;
- welke problemen tijdens de levensloop van het systeem kunnen optreden, dus zowel tijdens de ontwikkeling en de realisatie als tijdens het gebruik en de sloop;
- hoe je gaat controleren of alles is gemaakt en werkt zoals het bedoeld was.

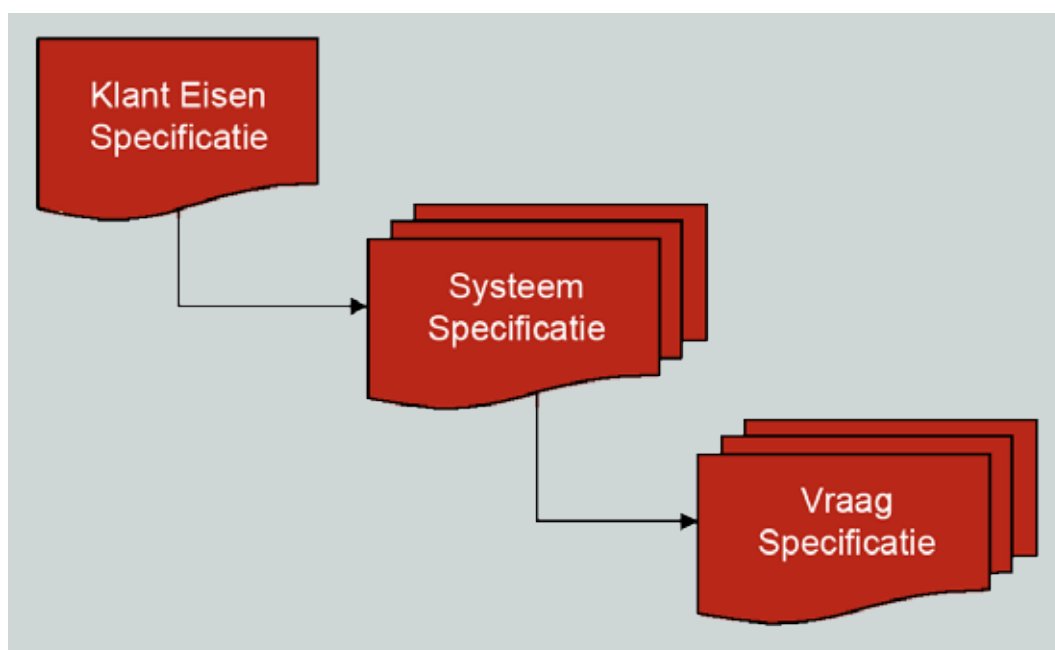
Zeker bij grote projecten vraagt dit om een goede voorbereiding waarbij de inbreng van veel kennis en ervaring nodig is. Rijkswaterstaat en ProRail bezitten niet alle kennis en ervaring en doen daarom steeds vaker en ook eerder in het proces een beroep op anderen. Door versnipperingsproblemen volgens de stappen van Systems Engineering te benaderen kunnen kennis en ervaring van anderen worden ingebracht en kunnen opdrachtgevers tegelijkertijd de uitvoering van het werk beter beheersen en het risico van een slecht functionerend ontwerp minimaliseren. Hieronder wordt uitgelegd hoe.

Dit hoofdstuk beschrijft in het kort SE. In hoofdstukken 3 tot en met 6 wordt ingegaan op aspecten die spelen tijdens de verschillende fasen van de levenscyclus van een systeem, met de focus op fauna.

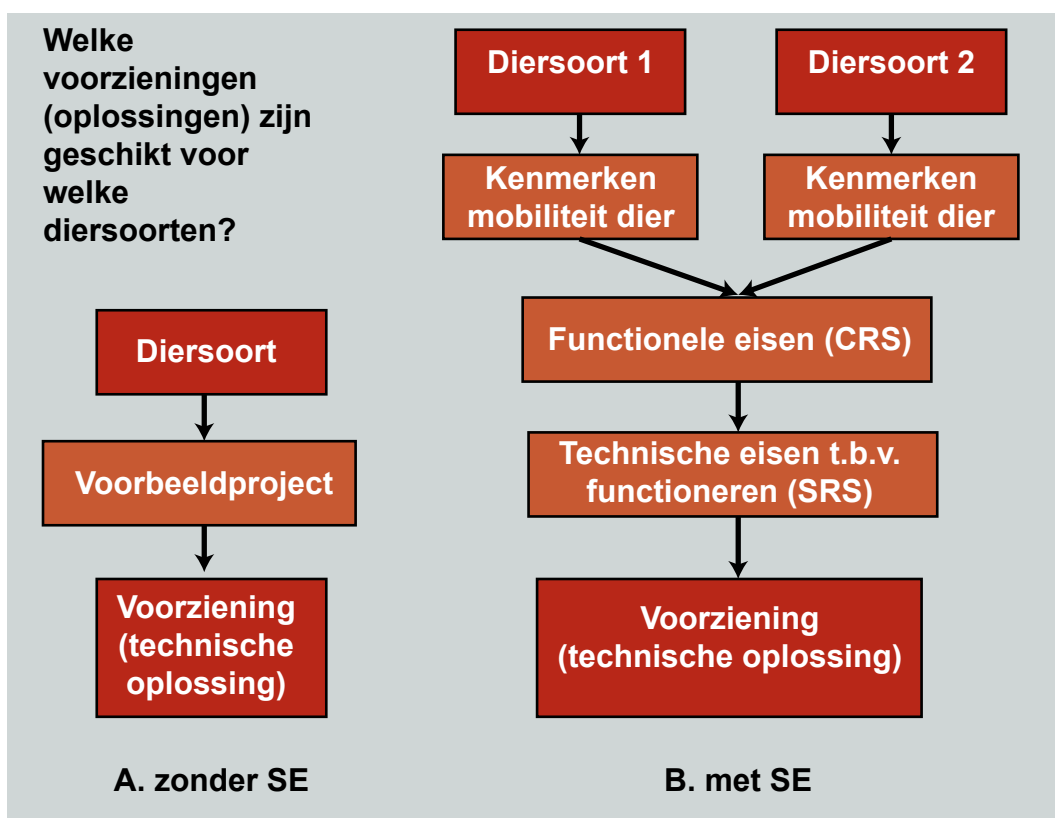
2.2 De kenmerken van Systems Engineering

De klant is koning

Elk systeem wordt met een bepaald doel gemaakt. Het doel van een faunavoorziening is dieren de mogelijkheid bieden om veilig infrastructuur te passeren. Samen met allerlei andere maatregelen moet dit er toe leiden dat diersoorten in Nederland niet uitsterven.



Figuur 2.3 Bij SE is de klant koning. De wensen en eisen van de gebruikers zijn leidend voor de vraagspecificatie die aan opdrachtnemers wordt voorgelegd.



Figuur 2.4 De oude (A) en de nieuwe (B) werkwijze om tot een ontwerp voor een faunavoorziening te komen. SE staat voor Systems Engineering.

Faunavoorzieningen worden primair voor dieren aangelegd. Zij zijn in feite de klant. Tegelijkertijd mag een faunavoorziening het gebruik van de infrastructuur niet hinderen. Ook moet een faunavoorziening zodanig zijn gemaakt dat deze makkelijk te onderhouden is en geen nadelen voor de omgeving oplevert. Naast de dieren zijn er dus nog meer belanghebbenden. Allen hebben wensen ten aanzien van het ontwerp, de locatie en de realisatie van de faunavoorziening. Het startpunt voor het ontwerpen van een faunavoorziening is dan ook het achterhalen van al deze wensen. In een Klant Eisen Specificatie (CRS) worden alle wensen, eisen en mogelijkheden vastgelegd. Dit is een belangrijk document, want in de loop van de ontwikkel- en realisatiefasen verandert een ontwerp meestal, bijvoorbeeld door normen en richtlijnen waaraan moet worden voldaan. Bij elke aanpassing moet worden gecontroleerd of het systeem nog aan de Klant Eisen Specificatie voldoet.

Functioneel ontwerpen

Er zijn verschillende redenen waarom dieren gedwongen worden infrastructuur te kruisen. Het kan zijn dat infrastructuur voedselgebieden van rustgebieden scheidt, of voortplantingsgebieden van overwinteringsgebieden. Een populatie dieren kan ook door infrastructuur zo sterk van soortgenoten geïsoleerd raken dat de populatie door inteelt of catastrofes uitsterft (zie hoofdstuk 1). Voor het ontwerp moet duidelijk zijn welke functie de faunavoorziening moet vervullen. Moeten de dieren elke dag de infrastructuur kunnen kruisen om voedsel te kunnen vinden of is een paar keer per jaar voldoende om bijvoorbeeld (seizoens)migratie mogelijk te maken? Of volstaat het als enkele dieren per generatie oversteken, om uitsterven van een populatie te voorkomen?

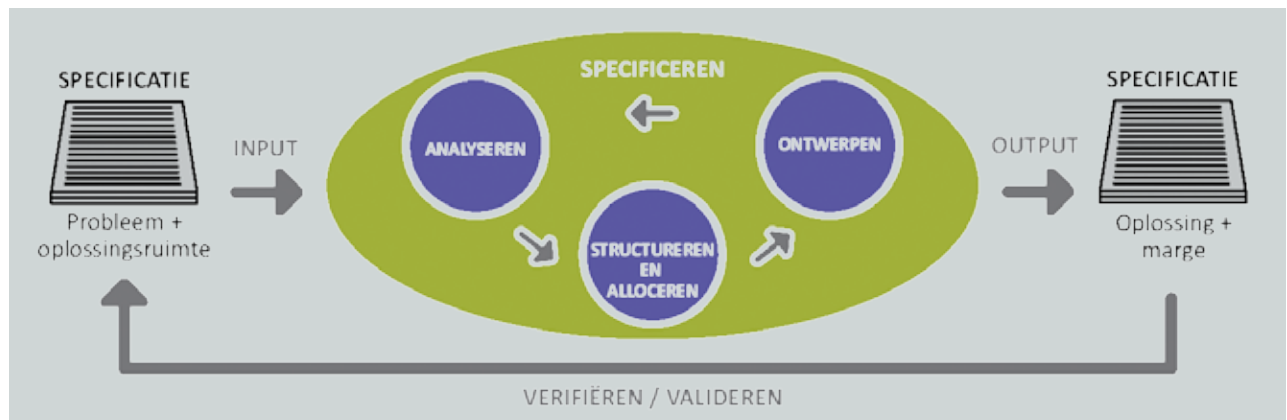
De functie van de faunavoorziening mag tijdens het hele proces van ontwerp en realisatie niet uit het oog worden verloren. Ook kan het niet zo zijn dat de wensen en eisen van andere belanghebbenden dan de dieren resulteert in een faunavoorziening die zijn functie niet optimaal vervult. In de Klant Eisen Specificatie staat de functie van de faunavoorziening beschreven en deze is leidend voor het vervolg van het proces van systeemontwikkeling (figuur 2.4).

Risicobeheersing

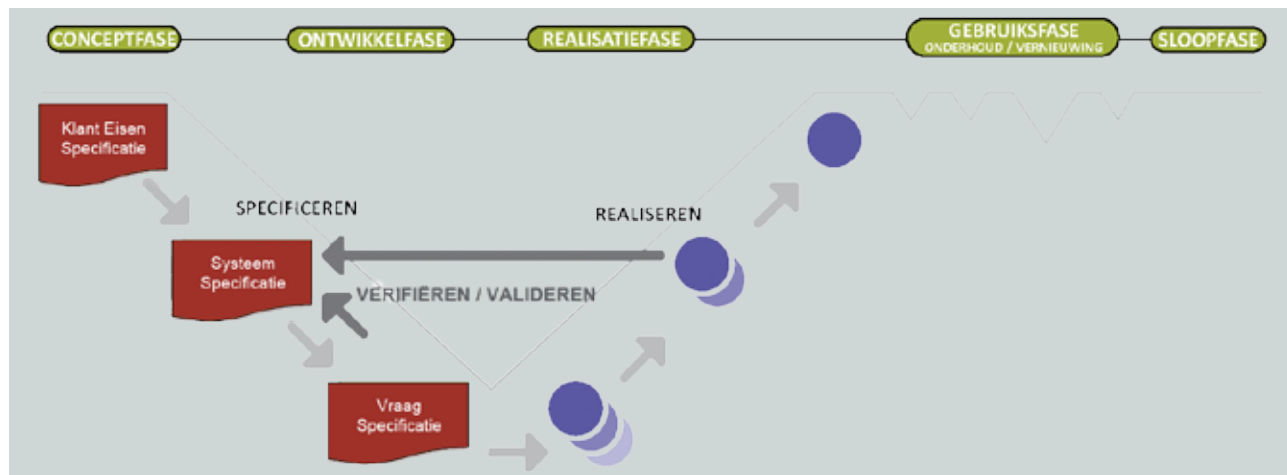
Een belangrijke reden om Systems Engineering toe te passen is het vermijden van problemen tijdens de realisatie en het gebruik van de faunavoorziening. Het doorlopen van de processtappen volgens Systems Engineering brengt mogelijke risico's eerder aan het licht. Niet alle risico's zijn te ondervangen, maar Systems Engineering maakt ze wel inzichtelijk, waardoor de opdrachtgever en de opdrachtnemer er op zijn voorbereid. Dit leidt er toe dat de kans op het falen van een systeem wordt geminimaliseerd en daarmee de kosten van herstel worden beperkt. Het vormt daarom een belangrijk onderdeel van de systeemgerichte contractbeheersing (Kuijpers & Van den Berg, 2007).

Risico's worden beheerst door:

- een iteratief specificatieproces en
- verificatie en validatie.



Figuur 2.5 Het iteratieve proces van specificeren (figuur uit Van Ark, 2009).



Figuur 2.6 Verifiëren en valideren vindt zowel in de ontwikkel- als in de realisatiefase plaats. Door het vastleggen van de eisen tijdens elke stap in de ontwikkelfase is het tijdens de realisatiefase mogelijk om na elke stap te controleren of het gerealiseerde nog aan deze eisen voldoet (figuur uit Van Ark, 2009) .

Iteratief specificeren

De procesgang binnen Systems Engineering gaat uit van een herhaling (iteratie) van het op elkaar afstemmen van functies, eisen en oplossingen. De functie die de voorziening moet vervullen, de wensen die de belanghebbenden hebben en de oplossingsruimte (tijd, geld, normen, locatie) die beschikbaar is bepalen de eisen die aan het systeem worden gesteld. Deze eisen worden vastgelegd in een Systeemspecificatie (SRS). Op basis van deze eisen wordt een eerste ontwerp voor een oplossing (het systeem) bedacht. Nieuwe informatie over de locatie, verplichtingen uit wetten en regels, andere projecten enzovoorts, vormt meestal aanleiding om de systeemeisen te herzien. Ook reacties van de stakeholders op het ontwerp leiden vaak tot herzieningen van de systeemeisen. Dit proces van ontwerpen, evalueren, ontwerp aanpassen enzovoort, heet iteratief specificeren en is vergelijkbaar aan Deming's kwaliteitscirkel (Plan, Do, Check, Act). Delen van dit proces kunnen worden uitbesteed om gebruik te maken van de kennis en ervaring bij derden.

Na elke cyclus van specificeren worden de nieuwe systeemeisen in een nieuwe Systeemspecificatie vastgelegd. Hierin staan niet alleen de systeemeisen, maar ook de aanleiding waarom tot een aanpassing is besloten. De consequenties van onvoorziene aanpassingen in het ontwerp of product worden dan snel duidelijk.

In figuur 2.5 is het iteratieve proces van specificeren weergegeven. Het specificatieproces kent altijd een specificatie van de vraag en de oplossingsruimte als input en resulteert in een specificatie van de uitgewerkte oplossing als output. Deze output dient vervolgens weer als input voor de volgende stap in de ontwikkelfase. Het aantal iteraties dat wordt doorlopen in het specificatieproces hangt af van het gewenste detailniveau van de input en de output.

Verifiëren en valideren

De begrippen verifiëren en valideren beschrijven alle activiteiten die nodig zijn om objectief en expliciet te kunnen aantonen dat de oplossing voldoet aan de eisen en behoeften van de klant en daarmee past binnen de oplossingsruimte. Verificatie is een controle of het systeem volgens de eisen is gebouwd, validatie is een controle of het systeem de functie vervult waarvoor het is bedoeld.

Verifiëren en valideren gebeurt op elk detailniveau en in alle fasen van de levenscyclus, zowel tijdens het specificatieproces (figuur 2.5) als tijdens de realisatie van het systeem (figuur 2.6). De meest ultieme validatietest vindt plaats in de gebruiksfase. In het geval van faunavoorzieningen moet dan worden bepaald of dieren de infrastructuur daadwerkelijk veilig kunnen passeren en dit een bijdrage levert aan de duurzame instandhouding vna de lokale populaties van de doelsoorten (zie hoofdstukken 5 en 6 voor respectievelijk verificatie en validatie in de gebruiksfase).

Regelmatig verifiëren en valideren maakt het mogelijk foutieve keuzes tijdig te onderkennen en waar mogelijk te voorkomen. Een project zonder onvoorziene situaties is een zeldzaamheid. Het komt regelmatig voor dat de situatie in werkelijkheid afwijkt van tekeningen en studies, bijvoorbeeld dat de grondwaterstand hoger is of er meer kabels liggen dan voorzien. Het is daarom verstandig al in het ontwerpproces kritieke uitvoeringsaspecten nader te toetsen. Vóór de daadwerkelijke uitvoering plaatsvindt, kan nog een laatste controle van de actuele situatie plaatsvinden.



Figuur 2.7 Het ecoduct is klaar, maar voldoet het ook aan de klanteisen? Op dit ecoduct in het Groene Woud werkte na enkele weken de waterpomp niet meer, waardoor de natte verbinding voor de doelsoort kamsalamander droog viel. Koeien hielden de vegetatie mooi kort, maar vertraptten ook de oevers van de poelen. Ook in de gebruiksfase blijft verifiëren en valideren noodzakelijk (foto: Dennis Wansink).

Hierbij mag de doelmatigheid van verifiëren en valideren niet uit het oog worden verloren. Daarom is in elke fase een gedegen verificatie & validatiestrategie van belang, waarin staat op welke momenten, op welke wijze en door welke functionarissen de verificatie en validatie worden uitgevoerd.

Vraagspecificatie

Uiteindelijk leidt het specificatieproces tot een ontwerp dat gerealiseerd moet worden. In een Vraagspecificatie wordt voor de aannemer beschreven wat hij moet maken (de producteisen) en hoe hij te werk moet gaan (proceseisen). De inkoopstrategie, de aanbestedingsprocedure en de contractbeheersingsstrategie bepalen de vorm, de inhoud en het niveau van de Vraagspecificatie. In de Vraagspecificatie staat ook hoe wordt gecontroleerd of alles volgens plan verloopt en of het product en eventuele tussenproducten aan de systeem- en klanteisen voldoen.

Vergeet niet om tijdens de uitvoering de omgeving (bewoners en belanghebbenden) op de hoogte te houden van de voortgang en eventuele aanpassingen aan het ontwerp en de uitvoering. Eigenlijk hoort elk project vergezeld te gaan van een communicatieplan.

2.3 Wanneer Systems Engineering gebruiken?

Het doorlopen van alle stappen van Systems Engineering is vooral belangrijk bij grote en/of innovatieve projecten, waar de kosten van falen zeer groot kunnen zijn. Bij kleinere projecten (het aanleggen van een kleine faunatunnel, bijvoorbeeld) kan meestal met een minder uitgebreide vorm worden gewerkt. Vaak is het ontwerp van de tunnel al bekend. Toch is het goed om ook in dat geval de processtappen langs te lopen. Het ontwerp van de tunnel is wel al bekend, maar misschien hebben de omwonenden specifieke eisen (voorkomen dat kinderen in de tunnel spelen) of vergt het beheer aanpassingen aan het standaardontwerp om het onderhoud te vergemakkelijken. Ook kunnen er lokaal specifieke eisen aan het raster (een integraal onderdeel van een kleine faunatunnel) worden gesteld.

Het belangrijkste argument om toch ook bij kleine projecten de processtappen van Systems Engineering te volgen is dat heel nadrukkelijk naar een oplossing wordt gezocht, die het beste de functie vervult die voor de dieren noodzakelijk is. De eisen die de dieren aan de voorziening stellen om de functie te vervullen en de lokale omstandigheden zijn hierbij leidend. Door dit als uitgangspunt te nemen worden faunavoorzieningen gemaakt die én optimaal functioneren én de beste prijs-kwaliteit verhouding leveren.

Omdat bij SE alles wordt vastgelegd is het later ook makkelijker om van eerdere successen en mislukkingen te leren en de voorzieningen en het proces om hier toe te komen te verbeteren.

2.4 Maatwerk vraagt om nauwe samenwerking

Hoewel er inmiddels veel goede en bruikbare voorbeelden van eerder ontworpen en gerealiseerde faunavoorzieningen zijn, vraagt iedere nieuwe situatie om een specifiek en uniek ontwerp. Het aanleggen van faunavoorzieningen is maatwerk en levert het beste resultaat als partijen samenwerken. Bij faunavoorzieningen gaat dat in ieder geval om bouwkundigen, verkeerskundigen, beheerders, civiel-technici, omgevingsmanagers, ecologen en landschapsarchitecten. Een goede samenwerking tussen de verschillende disciplines leidt

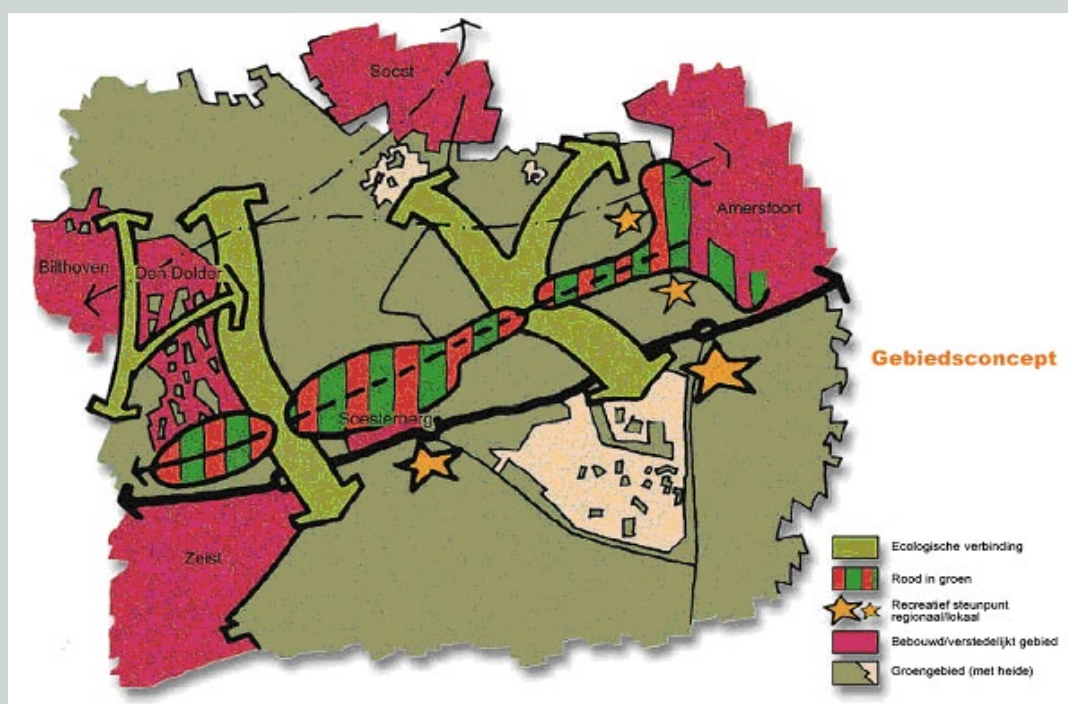
Hart van de Heuvelrug (Corridor Leusderheide)

De bijzondere bossen en heidegebieden tussen Zeist, Soest en Amersfoort, het zogenaamde Hart van de Heuvelrug, vragen om extra bescherming. Immers, snelwegen en spoorbanen doorsnijden de natuurgebieden. Behoeften naar meer ruimte voor wonen en werken zetten de natuur verder onder druk. Om de aanwezige natuur te versterken en met elkaar te verbinden is in 2004 een bijzonder initiatief gestart: Hart van de Heuvelrug.

In het platform Hart van de Heuvelrug werken 17 partijen samen aan een duurzame kwaliteitsimpuls voor het gebied. Met elkaar willen de partners een gebied realiseren waar de ruimte voor natuur, wonen, werken, zorg en recreatie zorgvuldig is gekozen en ingepast. Als basis hiervoor geldt "rood voor groen"; met opbrengsten uit woningbouw en bedrijvigheid in het gebied wordt op andere plaatsen in het gebied de natuur versterkt en met elkaar verbonden. Per saldo wil Hart van de Heuvelrug meer en betere natuur in het gebied. Onderdeel van het programma vormen de ecologische corridors. Voor de ontwikkeling van de oostelijke corridor Leusderheide is door de verschillende betrokken organisaties een overeenkomst opgesteld. Met deze overeenkomst neemt iedere partij zijn verantwoordelijkheid en zal zij inspanningen leveren om de corridor tot stand te brengen. Zo heeft Rijkswaterstaat in 2005 het Ecoduct Leusderheide over de A28 gerealiseerd en de provincie Utrecht zal in het verlengde een ecoduct over de N237 aanleggen. ProRail heeft een ecoduct aangelegd over de spoorlijn Utrecht – Amersfoort. Defensie zal als grote terreinbeheerder in de omgeving medewerking verlenen aan de totstandkoming van de ecologische corridor en zal geen ontwikkelingen in de corridor positioneren die het functioneren van de corridor in gevaar brengen. De gemeenten werken mee om bestemmingsplanwijzigingen mogelijk te maken, zodanig dat de benodigde gronden, grenzend aan de ecoducten en de verbindingzone, worden bestemd om de ecoducten te kunnen bouwen en te laten functioneren.

De financiering voor de aankoop van gronden vindt plaats via een herverdeling van gronden die in de raamovereenkomst Hart van de Heuvelrug is opgenomen. Hierdoor is het mogelijk om gelijktijdig een kwaliteitsverbetering van rood en van groen te realiseren.

Voor meer informatie zie ook www.hartvandeheuvelrug.nl.



Figuur 2.8 Leusderheide: voorbeeld van het goed vastleggen van afspraken tussen veel partijen.

tot betere oplossingen omdat wensen en mogelijkheden beter op elkaar zijn afgestemd. De samenwerking kost weliswaar tijd, soms veel tijd, maar het levert grote voordelen op die de effectiviteit van de voorziening ten goede komen.

Ook samenwerking tussen verschillende belanghebbenden heeft voordelen. Het voorbeeld in het kader (figuur 2.8), waar Rijkswaterstaat, ProRail, Provincie Utrecht, gemeenten en het Ministerie van Defensie een samenwerkingsovereenkomst sloten, had een hefboomwerking. Nadat de overeenkomst na langdurig overleg was getekend, verliepen de vervolgacties makkelijker en sneller, dan zonder overeenkomst mogelijk was.



Figuur 3.1 Aanleg ecoduct Hulshorst over bestaande weg en spoorweg (foto: Combinatie H₂Eco).



Figuur 3.2 Bij de aanleg van nieuwe (spoor)wegen kunnen bruggen iets breder worden gemaakt, zodat de berm over het viaduct kan doorlopen en zo een verbingszone voor fauna vormt (foto: Prorail).

3 Opstellen Klant Eisen Specificatie

3.1 Inleiding

In het vorige hoofdstuk is kort ingegaan op Systems Engineering als werkwijze om tot de meest efficiënte en best geaccepteerde oplossing van een probleem te komen. In dit en volgende hoofdstukken wordt dieper ingegaan op de inhoudelijke kanten van deze werkwijze in relatie tot faunavoorzieningen. Dat begint met een goede analyse van het probleem. Deze analyse leidt tot een besluit over de doelstellingen die men met de voorziening wil realiseren en hoe die na realisatie worden getoetst. Ook moet vooraf worden bepaald wat precies de begrenzing van een faunavoorziening is (System of Interest), met welke partijen rekening moet worden gehouden en hoe in de loop van het ontwikkel- en uitvoeringsproces wordt gecontroleerd of alles volgens plan verloopt (de risicobeheersing). De resultaten van alle analyses en besluiten worden in een Klant Eisen Specificatie vastgelegd. Daarna begint de zoektocht naar de oplossingen en het opstellen van de Systeemspecificatie. Hierop wordt in hoofdstuk 4 ingegaan.

3.2 Probleemanalyse

3.2.1 De diersoorten

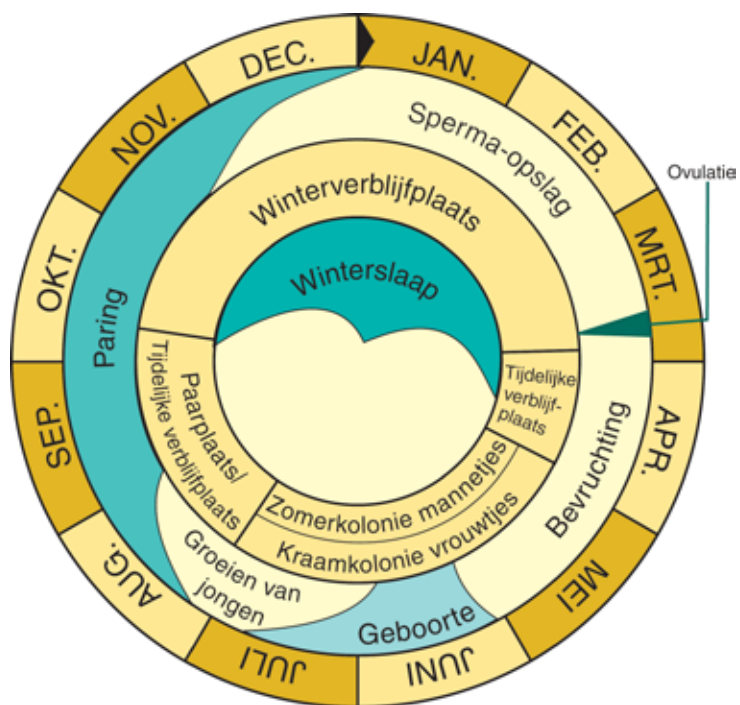
Een faunavoorziening wordt aangelegd om problemen tussen dieren en infrastructuur te voorkomen. De vragen die in de probleemanalyse moeten worden gesteld zijn daarom:

- welke diersoorten,
- welke problemen en
- wat zijn de oorzaken van de problemen?

In de probleemanalyse wordt uitgezocht welke diersoorten hinder ondervinden van de infrastructuur. Die hinder kan bij bestaande infrastructuur duidelijk zichtbaar zijn (verkeers- of verdrinkingsslachtoffers) of niet. Het belemmeren van uitwisseling van dieren tussen populaties door bijvoorbeeld wegen hoeft zich niet in verkeersslachtoffers te uiten. Veel diersoorten mijden wegen vanwege het geluid, het licht, de openheid of een hek dat er langs staat. In dit geval is een uitgebreider onderzoek nodig naar het voorkomen van diersoorten in het plangebied en het duurzaam voortbestaan van hun populaties in relatie tot de infrastructuur. Dit geldt in nog sterkere mate voor nog aan te leggen infrastructuur. Overigens is het een wettelijke verplichting (Flora- en faunawet) om bij een ingreep in het landschap eerst onderzoek te doen naar het voorkomen van beschermde soorten planten en dieren.

Gelukkig is van veel gebieden in Nederland en Vlaanderen bekend wat er aan diersoorten zit en hoe zij de ruimte gebruiken. Deze gegevens zijn o.a. verkrijgbaar bij het online databanken (natuurloket.nl¹, waarnemingen.be), provincies, terreinbeherende instanties en lokale natuurwerkgroepen (IVN, KNNV, JNM, Natuurpunt, e.d.). Hierbij is ook de informatie over bestaande migratieroutes of wissels en vaste verblijfplaatsen (bijvoorbeeld dassenburchten, vleermuisslaapplaatsen) van belang. Deze zijn meestal bekend bij terreinbeheerders, jachtopzieners, muskusrattenvangers en faunabeheereenheden.

¹ Rijkswaterstaat heeft een contract met de Gegevensautoriteit Natuur, de beheerder van de Nationale Databank Flora en Fauna (NDFF), over de levering van gegevens. Het Natuurloket levert de gegevens van de NDFF.



Figuur 3.3 Jaarcyclus vleermuizen (illustratie: Anne-Jifke Haarsma en Jan Dirk Buizer).



Figuur 3.4 Verspreidingskaarten otter vanaf de eerste introductie in 2002-2003. Geel is het uitzetgebied (2002 - 2007), blauw het gebied waar de otter zich heeft gevestigd (bron: www.compendiumvoordeleefomgeving.nl).

Wanneer bestaande gegevens onvoldoende inzicht geven in de verspreiding en het landschapsgebruik van relevante soorten, is een veldinventarisatie noodzakelijk. Omdat het activiteitspatroon van de meeste diersoorten in de loop van het jaar verandert (figuur 3.3) en daarmee ook de momenten waarop en de mate waarin infrastructuur een knelpunt vormt, is het nodig om dit veldonderzoek op meerdere momenten in het jaar uit te voeren. Het uitzetten van veldonderzoek dient daarom tijdig te gebeuren. Houdt in de planning rekening met de doorlooptijd en de kosten van een dergelijk onderzoek.

Het kan ook zijn dat de infrastructuur (nieuw aan te leggen of bestaand) een barrière gaat vormen voor soorten die nu nog niet in het gebied voorkomen; denk aan otter (figuur 3.4), bever, wilde kat of wolf. Informatie hierover is te vinden in nationale beleidsplannen, beheerplannen en provinciale natuurgebiedsplannen. In de soortendatabase op de website van het ministerie van Economische zaken (<http://mineleni.nederlandsesoorten.nl>) staat van alle Nederlandse soorten de status in diverse regelingen en verdragen en bij enkele soorten staat ook welke factoren hun duurzaam voortbestaan in Nederland belemmeren.

3.2.2 Het probleem

Systems Engineering gaat uit van functioneel ontwerpen (§ 2.2). Dit betekent dat bij het onderzoek naar het probleem moet worden uitgezocht welke functie door de aanwezigheid van infrastructuur wordt belemmerd. Weer even de verkeersslachtoffers als voorbeeld. De dood van een dier door een aanrijding is natuurlijk afschuwelijk en dit kan voldoende aanleiding zijn om verkeersslachtoffers te voorkomen. Maar de belangrijke vraag die moet worden gesteld is waarom de dieren de weg willen kruisen. De aanleiding kan zijn (zie hoofdstuk 7):

- voor dagelijkse tochten binnen het vaste leefgebied op zoek naar voedsel, drinkwater en rustplaatsen;
- voor seizoensmigratie naar tijdelijke voedselbronnen;
- voor seizoensmigratie naar en van winterrustplaatsen;
- voor zoektochten naar partners voor de voortplanting;
- voor zoektochten naar plekken/milieu's voor eiafzet of werpen en grootbrengen van jongen;
- voor dispersie, waaronder ook het (her)koloniseren van nieuwe gebieden.

Beantwoording van deze vraag is belangrijk, omdat het mede bepaalt welke eisen aan het ontwerp van de faunavoorziening worden gesteld. Een faunavoorziening die dagelijkse voedseltochten mogelijk moet maken moet bijvoorbeeld altijd beschikbaar zijn. Een faunavoorziening die in het voortplantingsseizoen een doorgang aan geslachtsrijpe dieren moet bieden hoeft alleen in dat seizoen beschikbaar te zijn.

De volgende vraag die moet worden gesteld is of de barrièrewerking van de infrastructuur negatieve gevolgen heeft voor de gunstige staat van instandhouding van de soort. Voor de beantwoording van deze vraag is een uitgebreid onderzoek naar de omvang van de lokale populatie nodig en de bijdrage van de infrastructuur aan de sterfte in deze populatie of aan de isolatie van de populatie. Meestal zijn hiervoor modelberekeningen nodig die



Fig 3.5 Verbindingsroutes bij Zeist Zuidwest: voorbeeld van een integrale aanpak. Met het oplossen van één knelpunt is de versnippering meestal nog niet verholpen. Ontsnippering vereist een gebiedsgerichte aanpak (kaart: G-O graphics).



Figuur 3.6 De ecosysteembenadering vraagt om grootschalige oplossingen, zoals brede ecoducten of onderdoorgangen. Om de natuurlijke dynamiek van het rivierecosysteem langs de Rijn te behouden is in de Rosandepolder bij Oosterbeek een grote spoorbrug aangelegd (foto: Prorail).

specifieke deskundigheid vereisen. Slechts in enkele gevallen zijn hier de middelen voor aanwezig en daarom wordt gewoonlijk volstaan met de constatering dat infrastructuur een van bovengenoemde functies belemmert en dit moet worden opgelost. Al is het alleen maar omdat dode dieren langs de kant van de (spoor)weg slecht zijn voor het imago van de beheerder.

3.2.3 De oorzaak

Het ligt voor de hand om de oorzaak van het probleem bij de infrastructuur zelf te zoeken. Zo vallen op wegen meer slachtoffers onder dieren, dan op spoorwegen of vaarwegen. Maar de oorzaken kunnen ook elders liggen. Dieren die over de grond bewegen zullen eerder last hebben van infrastructuur, dan vliegende dieren. Een vierbaansweg vormt voor de meeste dieren een onneembare barrière, terwijl zij éénbaanswegen nog wel proberen over te steken. Maar kleine of weinig mobiele dieren kunnen zelfs een éénbaansweg niet oversteken.

Dat op een bepaalde plek meer verkeersslachtoffers vallen dan elders zou heel goed het gevolg kunnen zijn van de inrichting van het landschap langs de weg. Bekend is dat dieren tijdens hun tochten door het landschap lijnvormige elementen volgen, zoals heggen, boomsingels, bosranden, hekken en watergangen (§ 7.2). De kans is groot dat waar deze elementen loodrecht op een weg staan, de dieren daar de weg zullen kruisen.

De oorzaak van het probleem hoeft ook niet op de locatie te liggen waar het optreedt. Het optreden van verkeersslachtoffers op locatie A is mogelijk het gevolg van het afsluiten van de oorspronkelijke trekroute op locatie B.

Voor de zoektocht naar de oorzaak van het probleem moet dus niet alleen naar de infrastructuur zelf, maar ook naar de wijde omgeving worden gekeken (figuur 3.5). In het MJPO wordt deze gebiedsgerichte aanpak ten zeerste aangeraden. Kennis over hoe dieren door het landschap bewegen is daarbij essentieel (zie hoofdstuk 7).

3.3 Doelstellingen formuleren

3.3.1 Ecosysteem- of soortbenadering

Zoals in de voorgaande paragraaf aangegeven kan een lokaal probleem een regionale oorzaak hebben. Evenzo kan een probleem met fauna een symptoom zijn van een probleem dat op een hoger niveau ligt, bijvoorbeeld op het niveau van het ecosysteem. Bij de doorsnijding van het landschap verstoort infrastructuur vaak ook de ecologische processen die van belang zijn voor de instandhouding van het gebied en de levensvoorwaarden voor de daar levende planten en dieren. Hierbij kan worden gedacht aan hydrologische processen (grondwater- en oppervlaktewaterstroming), dynamische landschapsvormende processen en interacties tussen soorten.

Bij het formuleren van doelstellingen dient daarom ook zeker dit hoger niveau in ogenschouw te worden genomen. Vooral als al in de richting van een ecoduct of brug op palen (paragrafen 8.2.1 en 8.2.2) wordt gedacht. Bij de ecosysteembenadering worden de doelen geformuleerd in termen van ecosysteemtypen, natuurtypen en natuurdoeltypen. Oplossingen zijn gericht op het inrichten van corridors en het realiseren van landschapspassages, waarbij

Soortgroep	Aandachtssoorten ontsnippering
Terrestrische zoogdieren	bever, boomarter, bunzing, damhert, das, dwergmuis, edelhert, eekhoorn, egel, eikelmuis, grote bosmuis, hamster, hazelmuis, hermelijn, lynx, noordse woelmuis, ondergrondse woelmuis, otter, ree, steenarter, veldspitsmuis, waterspitsmuis, wezel, wilde kat, wild zwijn
Vliegende zoogdieren	baardvleermuis, franjestaart, gewone dwergvleermuis, gewone grootoorvleermuis, grijze grootoorvleermuis, ingekorven vleermuis, laatvlieger, meervleermuis, rosse vleermuis, ruige dwergvleermuis, tweekleurige vleermuis, watervleermuis
Vogels	bosuil, ransuil, steenuil, kerkuil, buizerd, torenvalk, patrijs, blauwe reiger, knobbelzwaan
Reptielen	adder, gladde slang, hazelworm, levendbarende hagedis, muurhagedis, ringslang, zandhagedis
Amfibieën	alpenwatersalamander, boomkikker, geelbuikvuurpad, heikikker, kamsalamander, knoflookpad, poelkikker, rugstreepad, vinpootsalamander, vroedmeesterpad, vuursalamander
Vissen	barbeel, beekforel, beekprik, bittervoorn, elft, elrits, fint, gestippelde alver, grote modderkruiper, houting, kleine modderkruiper, kopvoorn, kroeskarper, kwabaal, meerval, paling, rivierdonderpad, rivierprik, serpeling, sneep, steur, vetje, vlagzalm, winde, zalm, zeeforel, zeeprik
Dagvlinders	aardbeivlinder, bont dikkopje, bosparelmoervlinder, bruin dikkopje, bruine eikenpage, bruine vuurvlinder, donker pimpernelblauwtje, gentiaanblauwtje, heideblauwtje, heivlinder, iepenpage, kleine heivlinder, kleine ijsvogelvlinder, kommavlinder, pimpernelblauwtje, sleedoornpage, spiegeldikkopje, veenbosparelmoervlinder, veenhooibeestje, veldparelmoervlinder, zilveren maan
Libellen	gaffellibel, gevlekte witsnuitlibel, groene glazenmaker, noordse winterjuffer, oostelijke witsnuitlibel, rivierrombout
Overige insecten	brede geelgerande waterkever, gestreepte waterroofkever, heldenbok, juchtleekever, vliegend hert, hulstblad, Spaanse vlag; overige beleidsdoelsoorten en/of rode lijstsoorten (mieren, sprinkhanen, krekels, kokerjuffers, steenvliegen, haften)
Overige ongewervelden	rivierkreeft, grote gerande oeverspin, medicinale bloedzuiger, platte zwanenmossel, Bataafse zwanenmossel, nauwe korfslak, zeggekorfslak, vier soorten platwormen

Figuur 3.7 Doelsoorten Meerjarenprogramma Ontsnippering.

het volledige ecosysteem over of onder de barrièrevormende infrastructuur wordt geleid (figuur 3.6).

Maar zelfs als de doelstelling het behoud of herstel van een ecosysteem is, komen de soorten vroeg of laat om de hoek kijken. Een ecosysteem wordt tenslotte gevormd door de wisselwerkingen tussen alle organismen (soorten) en de abiotische omgeving binnen een zekere geografische of anderszins afgebakende eenheid. Dus of het nu gaat om het maken van een viaduct waar een heel beekstelsel onderdoor moet of een kleine faunatunnel voor rugstreeppadden, in beide gevallen moet duidelijk zijn welke functie de voorziening voor de soort(en) moet vervullen. De werkwijze die deze Leidraad hanteert, waarbij vanuit de eisen die soorten stellen een voorziening wordt ontworpen, is dan ook voor beide benaderingen (ecosysteem- of soortgericht) bruikbaar.

Uitgaande van de soortbenadering is het doel van een faunavoorziening een bijdrage leveren aan het behoud van populaties. Wat daarvoor nodig is moet uit de probleemanalyse blijken (§ 3.2.2). De doelstelling kan zo simpel zijn als één keer per jaar gedurende de periode van een maand padden de mogelijkheid bieden hun voortplantingsgebieden te bereiken. Belangrijk is dat de doelstelling SMART wordt geformuleerd (SMART = Specifiek, Meetbaar, Acceptabel, Realistisch en Tijdgebonden).

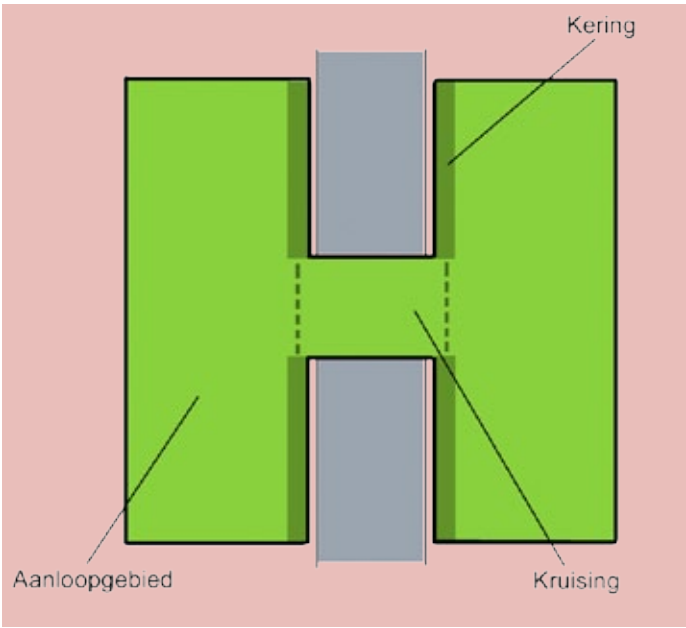
3.3.2 Doelsoorten

Uit de probleemanalyse volgt de doelstelling. Maar het is niet altijd zo eenvoudig. Een terechte vraag die vaak wordt gesteld is of het probleem wel zo groot is dat het de investeringen die voor de aanleg van een faunavoorziening nodig zijn rechtvaardigt. Moet voor elke soort die hinder van infrastructuur ondervindt een voorziening worden gemaakt? De doelstelling van het Meerjarenprogramma Ontsnippering is een bijdrage leveren aan een duurzame instandhouding van soorten. Soorten waarvoor dit niet het geval is vallen dus buiten de boot. Maar dat gaat niet helemaal op, want er zijn ook soorten die de verkeersveiligheid in gevaar brengen (ree bijvoorbeeld), maar die niet in hun voortbestaan worden bedreigd. Ook hiervoor moet een oplossing komen.

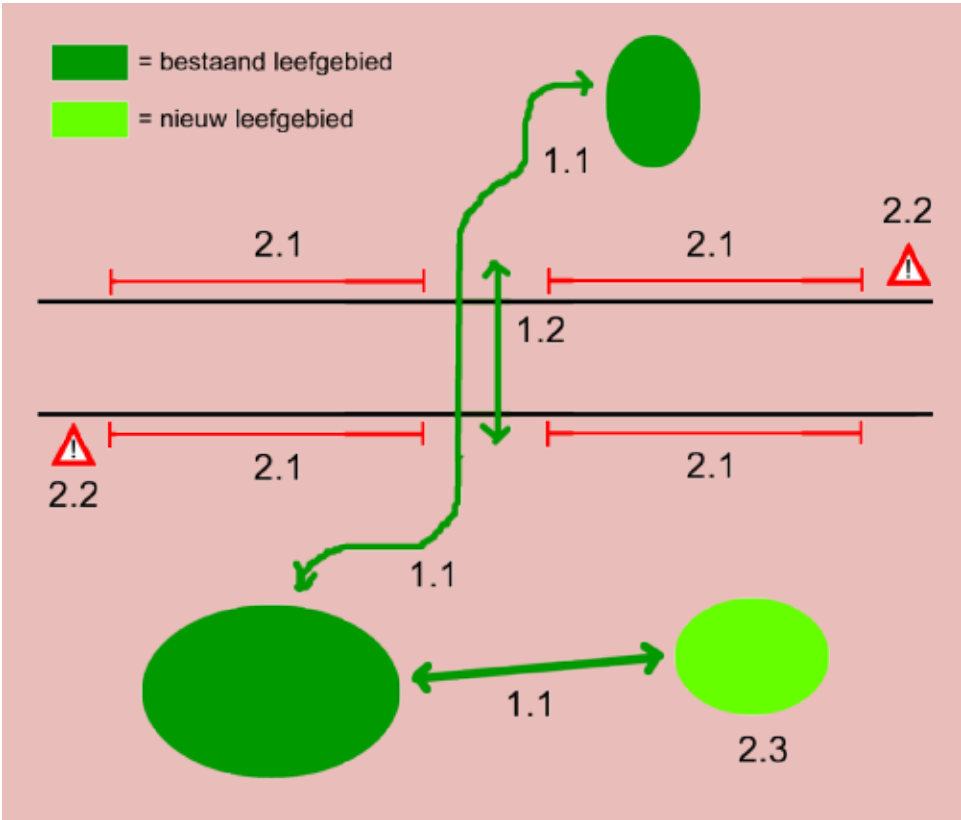
Soorten waarvoor een faunavoorziening wordt aangelegd worden doelsoorten genoemd. In het kader van het Meerjarenprogramma Ontsnippering is een lijst van doelsoorten opgesteld (figuur 3.7), die is gebaseerd op:

- nationale en internationale wet- en regelgeving,
- beleid,
- het gevaar dat de soorten voor de verkeersveiligheid opleveren,
- de imagoschade van de infrabeheerder en
- de mate van voorkomen op nationale schaal.

De lijst in figuur 3.7 is een richtlijn. Per project kunnen hier soorten van worden afgevoerd of, afhankelijk van de lokale situatie, aan worden toegevoegd. Ter illustratie: de valse vleermuis is een soort die zowel in nationale als in internationale wetten als een te beschermen soort wordt aangemerkt. Hij staat ook op de Rode lijst van Nederlandse zoogdieren. Zijn voorkomen in Nederland is echter zo zeldzaam, dat hij vanuit nationaal perspectief niet



Figuur 3.8 De afbakening van het System of Interest (groen).



Figuur 3.9 Functies van een faunavoorziening.

als doelsoort is gekenmerkt. Op lokaal niveau kan hij echter wel doelsoort zijn, als daar bijvoorbeeld een belangrijke kolonie leeft of trekroute loopt.

3.3.3 Systeemgrenzen en functieboom

Bij een faunavoorziening wordt meestal in eerste instantie gedacht aan het bouwwerk, de faunatunnel of ecoduct. De begrenzing van het systeem faunavoorziening is echter ruimer. Het heeft namelijk weinig zin om een tunnel of ecoduct te bouwen en niet tegelijkertijd te zorgen voor voorzieningen om te voorkomen dat dieren net naast de tunnel of ecoduct op de infrastructuur belanden. Daarom vormen structuren die dieren van de infrastructuur weghouden en naar de tunnel of het ecoduct leiden ook een onderdeel van het systeem faunavoorziening. Figuur 3.8 geeft schematisch de systeemgrenzen (System of Interest) aan.

Het System of Interest bestaat uit drie delen:

- de kruising;
- de kering en
- het aanloopgebied.

In het aanloopgebied bevinden zich structuren die de dieren naar de kruising leiden (geleiding). Vaak vervult de kering ook een geleidende functie. De kruising, de kering en de geleiding zijn de objecten waaruit het systeem faunavoorziening is opgebouwd.

Bij het formuleren van de doelstelling moet duidelijk zijn wat de systeemgrenzen zijn. Vooral de reikwijdte van het aanloopgebied moet helder zijn afgebakend, want het maakt nogal een verschil of dit beperkt is tot het beheergebied van de opdrachtgever of ook de aangrenzende gronden van derden omvat.

Uit bovenstaande blijkt dat de hoofdfunctie van een faunavoorziening (bijdrage leveren aan het behoud van populaties) kan worden opgesplitst in twee subfuncties (figuur 3.9):

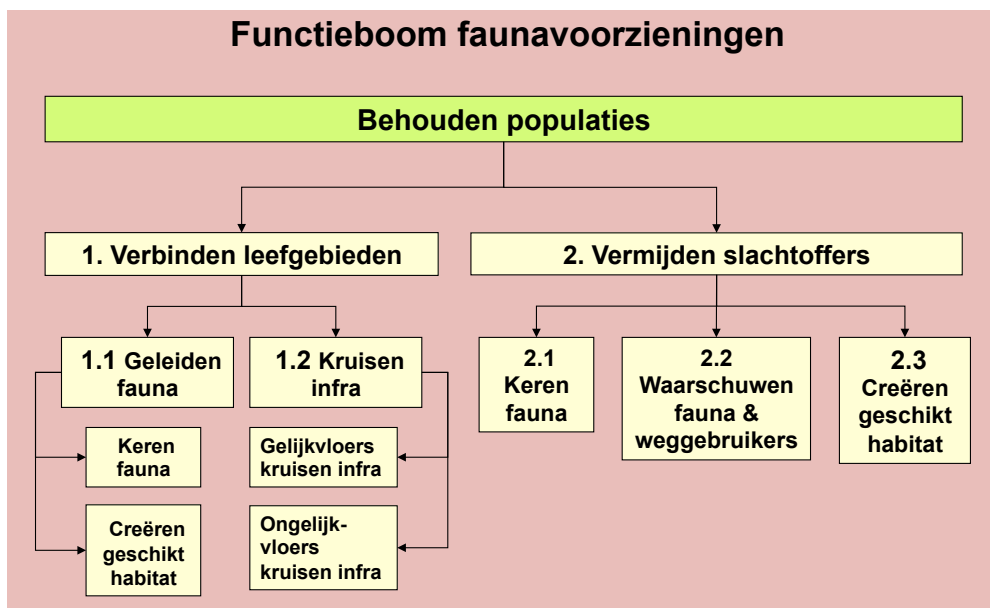
1. verbinden (delen van) leefgebieden en
2. vermijden verkeersslachtoffers.

Ad 1.

Verbindingen zijn bedoeld om dieren veilig infrastructuur te laten passeren. Een verbinding moet zowel de functie kruisen (van infrastructuur) als de functie geleiden (naar en over infrastructuur) vervullen.

Het kruisen kan zowel gelijkvloers als ongelijkvloers geschieden. Bij voorzieningen die gelijkvloers kruisen mogelijk maken moet je denken aan waarschuwingssystemen of snelheidsbeperkende maatregelen. Bij ongelijkvloers kruisen gaat het om tunnels, ecoducten, boombruggen en dergelijke.

Geleiden kan door natuurlijke structuren aan te brengen waarvan bekend is dat dieren die volgen tijdens hun bewegingen door het landschap (= geschikt leefgebied maken). Is het noodzakelijk een verbinding te maken voor soorten die zich nauwelijks verplaatsen, dan



Figuur 3.10 Functieboom faunavoorziening.

Recreatief medegebruik op een ecoduct (een voorbeeld)

De Natuurbrug Zanderij Crailoo is de eerste grote faunavoorziening in Nederland waarin recreatief medegebruik een belangrijke neven doelstelling is. De barrière die deze natuurbrug slecht (provinciale weg, spoorbaan, spoorwegemplacement en sportpark) is niet alleen voor dieren onneembaar. Ook natuurgerichte recreanten (fietsers, wandelaars en ruiters) ondervinden hier veel hinder van. Door de natuurbrug ontstaat een unieke mogelijkheid om doorgaande recreatieve routes te creëren tussen hoofdgebieden van het Gooi en het Vechtplassengebied. Het creëren van recreatieve verbindingen was daarom een belangrijke voorwaarde bij de medefinanciering van de natuurbrug door verschillende partijen. In het ontwerp en de realisatie van de natuurbrug is het gelukt dieren en recreanten beide een plaats te bieden.



Figuur 3.11 Recreant en ree maken beide gebruik van Natuurbrug Zanderij Crailoo - soms zelfs gelijktijdig (Foto Edgar van der Grift/Alterra).

moet de geleiding bestaan uit aaneengesloten leefgebied of een keten van leefgebieden (stapstenen).

Geleiden kan ook gebeuren door structuren die slachtoffers moeten voorkomen (kerende structuren). Meestal is een combinatie van kerende structuren langs de infrastructuur en natuurlijke structuren in het aanloopgebied noodzakelijk.

Ad 2.

Door slachtoffers als gevolg van verkeer te voorkomen worden minder dieren aan de populatie onttrokken. Dit vergroot de overlevingskansen van de populatie. Slachtoffers kunnen worden voorkomen door een kerende structuur langs de infrastructuur aan te brengen, door dieren en weggebruikers te waarschuwen en door de kwaliteit van het leefgebied aan één zijde van de infrastructuur te verbeteren (zie figuur 3.9). Bij dit laatste is de gedachte dat dieren voor het voorzien in bepaalde levensbehoeften (eten, drinken, voortplanting) infrastructuur kruisen, omdat het leefgebied aan hun zijde van de infrastructuur hier niet in voorziet. Wordt hier aan hun zijde in voorzien, dan hoeven ze de infrastructuur niet meer te kruisen en worden slachtoffers voorkomen. NB: waarschijnlijk is het noodzakelijk ook geleidende structuren tussen het bestaande leefgebied en het nieuwe leefgebied aan te leggen om er voor te zorgen dat de dieren het nieuwe leefgebied vinden.

Deze functies kunnen in een zogenaamde functieboom worden weergegeven (figuur 3.10).

Als is bepaald welke functie het system per doelsoort moet vervullen, moet worden uitgezocht welke functionele eisen de doelsoorten aan de faunavoorziening stellen (zie figuur 2.4). Hoofdstuk 7 gaat uitgebreid in op de functionele eisen per soortengroep.

3.3.5 Medegebruik

Faunavoorzieningen worden in eerste instantie voor dieren aangelegd. Infrastructuur kan echter ook voor andere gebruikers van het gebied belemmeringen opwerpen. Hierbij kan men denken aan recreanten (lopen, fietsen, varen, paardrijden), landbouwverkeer, terreinbeheer (grote grazers, materieel) en de toegankelijkheid van gebieden voor hulpdiensten zoals de brandweer. Soms is het mogelijk om een faunavoorziening zo in te richten dat niet alleen de doelsoorten, maar ook andere dieren (vee) of mensen de voorziening kunnen gebruiken. Het overheidsstandpunt ten aanzien van dit medegebruik is dat de faunavoorzieningen zo veel mogelijk ook voor andere functies worden ingericht, tenzij dit leidt tot aantasting van de ecologische doelen. Uit onderzoek van Van der Grift *et al.* (2010) blijkt dat ecoducten, waar medegebruik is toegestaan, ook door fauna worden gebruikt. Wel vonden zij aanwijzingen dat de dimensies (en inrichting) van de ecoducten voor sommige soorten een belangrijke factor vormen voor het accepteren van medegebruik. Het smallere ecoduct Slabroek werd bijvoorbeeld door het merendeel van de soorten minder frequent gebruikt dan Crailoo, waarbij is gecorrigeerd voor de (relatieve) dichtheden waarin de soorten rond de ecoducten voorkwamen. Van der Grift *et al.* (2010) geven richtlijnen voor recreatief medegebruik op ecoducten.

Het is belangrijk om in een vroeg stadium de niet-ecologische barrières in kaart te brengen en mogelijkheden voor medegebruik van faunavoorzieningen te inventariseren, bijvoorbeeld door het in de stakeholdersanalyse (zie hieronder) mee te nemen.

Stakeholder	Aard belang	Invloed	Machtsmiddel
Opdrachtgever	(Europees) beleid en regelgeving	financiering, besluitvorming	Go-nogo; geld
Opdrachtnemer	Winst, tevredenheid klant, bereikbaarheid bouwlocatie	prijsvorming	meer-/minderwerk
Overheden:			
Rijksoverheid	(Europees) beleid en regelgeving	financierend, kaderstellend	geld, vergunningverlening, wetgeving
Provincie	Beleid	kaderstellend, financierend, adviserend, consulterend, politieke lobby, imagobepalend	"geld; vergunningverlening (streekplanwijziging); eisen t.a.v. beheer?"
Gemeente	Ontsluiting, verstoring, schade door fauna	kaderstellend, adviserend, consulterend (draagvlak bij burgers), politieke lobby	"vergunningverlening; bestemmingsplanwijziging eisen t.a.v. beheer?"
Waterschap	Waterkwantiteit- en waterkwaliteitbeheer en veiligheid	kaderstellend, adviserend, consulterend (draagvlak bij agrariërs), politieke lobby, besluitnemend	watervergunningen
Rijkswaterstaat	Uitvoering van het beleid, kennisinbreng	kaderstellend, financierend, adviserend, consulterend, politieke lobby, imagobepalend	lobby
Beheerders:			
ProRail	Kennisinbreng, uitvoering beleid	kaderstellend, financierend, adviserend, consulterend, politieke lobby, imagobepalend	lobby, geld
Terreinbeheerder	Realisatie van hun beleid, geen schade aan hun terrein	adviserend, consulterend, imagobepalend	media, Nederlands recht, lobby
Gebruikers:			
Fauna	Voortbestaan als populatie/soort	kaderstellend	geen
Hulpverlener	Bereikbaarheid, veiligheid	adviserend, consulterend, imagobepalend	Wet- en regelgeving, imagoschade
Bergingsbedrijven	Bereikbaarheid, veiligheid	ANWB	media, inspraak, lobby
Onderhoudsmedewerker/ Weginspecteur	Bereikbaarheid, veiligheid	adviserend, consulterend	Wet- en regelgeving, meer/ minder werk, imagoschade
Scheepvaart, Weggebruiker, Recreant	Transport en veiligheid	adviserend, imagobepalend	politieke lobby, media
NS	Kennisinbreng, uitvoering beleid	kaderstellend, financierend, adviserend, consulterend, politieke lobby, imagobepalend	lobby, geld
Omgevingspartijen:			
Omwonende	Verstoring, schade, zicht	politieke lobby, consulterend	media, inspraak
Agrariër/Bedrijf/Industrie	Schade aan bedrijfsvoering	adviserend, consulterend	media, inspraak, lobby
Recreant	Medegebruik	adviserend, consulterend	media, inspraak, lobby
Belangenvereniging:	Realisatie van hun beleid	adviserend, consulterend, imagobepalend	media, inspraak, lobby
Welstandcommissie	Visie	adviserend, consulterend, imagobepalend	lobby

Figuur 3.12 Selectie van enkele belanghebbenden, het belang dat zij bij de faunavoorziening hebben, wat hun rol is en welk machtsmiddel ze hebben om invloed uit te oefenen

Medegebruik van faunavoorzieningen kan leiden tot aanpassingen van het ontwerp (bijvoorbeeld overdimensionering), maar ook voor een betere acceptatie van de voorziening door belanghebbenden in de omgeving en in sommige gevallen zelfs tot extra financieringsbronnen.

Overigens is ook het omgekeerde mogelijk. Bestaande voorzieningen voor mensen of vee zodanig aanpassen dat ze ook geschikt zijn voor fauna. Voorbeelden hiervan zijn het aanbrengen van een groenstrook of stobbenwal onder een viaduct. Een ander voorbeeld is het aanpassen van de verlichting in fietstunnels, zodat langs het plafond een donkere zone behouden blijft waar vleermuizen kunnen passeren.

3.4 Omgevingsanalyse

3.4.1 Stakeholders

Bij de aanleg van faunavoorzieningen zijn altijd meer partijen betrokken dan alleen de eigenaren en de beheerders van de infrastructuur. Bijna bij elke faunavoorziening moet ook in het omliggende terrein iets gebeuren, zoals het aanleggen van geleiding naar de faunavoorziening, het verwijderen van obstakels of de aanleg van wegen en paden voor onderhoudspersoneel. Bij spoorwegen zal eerder iets op andermans terrein gebeuren dan bij Rijkswaterstaat, omdat ProRail langs het spoor minder grond in bezit heeft dan Rijkswaterstaat langs rijkswegen. In bewoond gebied moet ook rekening met de omwonenden worden gehouden. Zij kunnen wensen hebben (zoals medegebruik van de faunavoorziening), maar zij kunnen ook voor problemen zorgen (vandalisme, ongelukken met kinderen of huisdieren).

Als besloten is dat ook anderen, naast de dieren, de faunavoorzieningen mogen gebruiken, dan moeten ook de wensen van deze belanghebbenden worden geïnventariseerd.

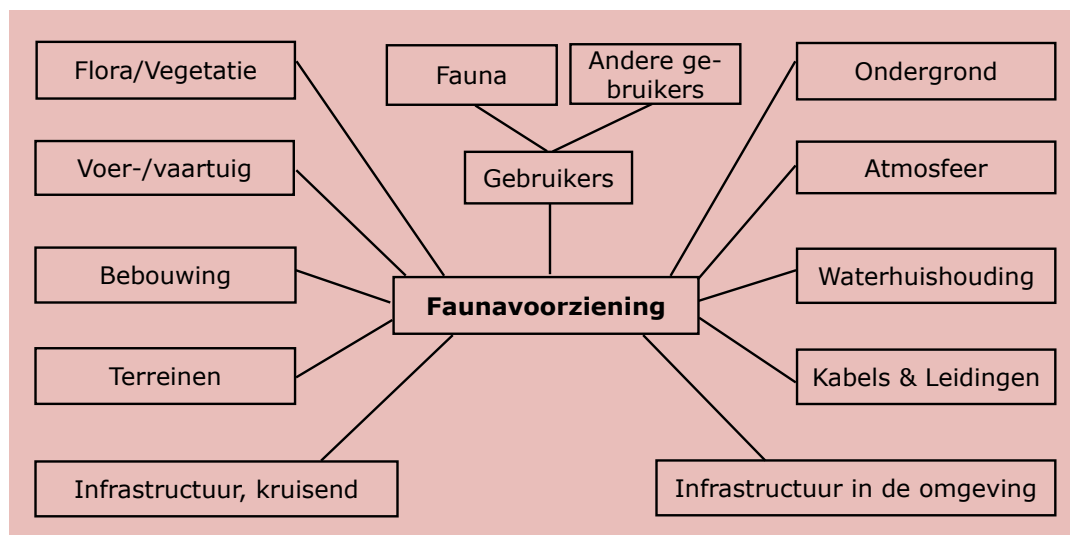
Het is belangrijk om in een vroeg stadium uit te zoeken met welke partijen rekening moet worden gehouden. Niet alleen om hun wensen en eisen ten aanzien van de locatie en het ontwerp te vernemen, maar ook om aanleg van een faunavoorziening in 'hun achtertuin' geaccepteerd te krijgen.

Figuur 3.12 toont een selectie van enkele belanghebbenden.

3.4.2 Contextdiagram

De omgeving bestaat niet alleen uit belanghebbenden. Ook de aanwezigheid van kabels, overige infrastructuur, bebouwing, de grondsoort, enzovoort moet in kaart worden gebracht. In een contextdiagram worden alle gebruikers en systemen waarmee het System of Interest (de faunavoorziening) een wisselwerking (raakvlak) kan hebben getoond. Figuur 3.13 toont enkele externe raakvlakken. Binnen de voorziening zijn ook interne raakvlakken, zoals bijvoorbeeld tussen de ecologische verbinding en de dragende constructie.

Figuur 3.14 a en b geeft voor enkele externe raakvlakken aan wat de wisselwerking kan inhouden. In de Ontwikkeelfase (hoofdstuk 4) moet worden uitgezocht wat op de planlocatie precies speelt.



Figuur 3.13 Contextdiagram van een faunavoorziening. Alleen de externe raakvlakken zijn gegeven.

Raakvlak met		Beschrijving van het raakvlak
Gebruikers	Fauna	Dit is de groep gebruikers waarvoor de ecopassage wordt aangelegd. De voorziening voorkomt dat dieren verongelukken op/in wegen, spoorwegen en vaarwegen en/of zorgt er voor dat ze deze ongehinderd kunnen kruisen. Er wordt onderscheid gemaakt in doelsoorten waarvoor de voorziening specifiek is gemaakt en soorten die meeliften. Daarnaast kunnen ook vee en huisdieren hier onder vallen als bijvoorbeeld sprake is van medegebruik.
	Medegebruikers	In sommige gevallen is de ecopassage ook geschikt (gemaakt) voor andere gebruikers dan fauna. Bijvoorbeeld voor de omwonenden, recreanten en/of agrariërs.
	Weginspecteur	De weginspecteur moet in staat zijn de voorziening op een aantal momenten in het jaar te controleren, evenals na calamiteiten. De voorziening moet daarvoor bereikbaar zijn en de inspecteur moet dit veilig kunnen doen. Omgekeerd mag de ecopassage het inspectiewerk aan de (vaar)weg niet belemmeren.
	Onderhoudsdienst /-medewerker	De onderhoudsdienst moet de voorziening makkelijk kunnen bereiken om regulier onderhoud te verrichten en calamiteiten op te lossen. Zij moeten dit kunnen doen zonder gevaar te lopen. Omgekeerd mag de ecopassage het onderhoudswerk aan de (vaar)weg niet belemmeren.
	Hulpverlener/ bergingsbedrijf	Hebben geen directe relatie met de ecopassage, maar de ecopassage mag hun hulp/dienstverlening niet belemmeren.
Voer-/vaartuig	Bestuurder voer-/ vaartuig	Hebben geen directe relatie met de ecopassage, maar de ecopassage mag hun veiligheid niet in gevaar brengen (bijv. geen obstructie vormen of hun aandacht niet afleiden). Omgekeerd mogen bestuurders niet in staat zijn de voorziening te betreden of te beschadigen.
		De ecopassage mag de doorstroming van voer- en/of vaartuigen niet onnodig belemmeren/afremmen. Anderzijds moet de invloed van voer- en vaartuigen op de fauna(voorziening) worden geminimaliseerd; denk daarbij aan licht- en geluidverstoring, uitstoot gassen, golfslag e.d.
		De voorziening is bedoeld om het verongelukken van fauna op deze weg, spoorweg en/of vaarweg te voorkomen en/of deze zonder kleerscheuren te kruisen. Weg, spoorweg en vaarweg zijn verzamelnamen voor alles dat aan deze infrastructuur is gerelateerd, zoals wegdek, rails, berm, geluidsschermen, portalen, stroomvoorziening, damwanden, verzorgingsplaats etc.
Infrastructuur, kruisend		De voorziening is bedoeld om het verongelukken van fauna op deze weg, spoorweg en/of vaarweg te voorkomen en/of deze zonder kleerscheuren te kruisen. Weg, spoorweg en vaarweg zijn verzamelnamen voor alles dat aan deze infrastructuur is gerelateerd, zoals wegdek, rails, berm, geluidsschermen, portalen, stroomvoorziening, damwanden, verzorgingsplaats etc.
Infrastructuur i/d omgeving		Infrastructuur waar de ecopassage niet direct op is gericht, maar die de toegang tot de ecopassage kan belemmeren. Weg, spoorweg en vaarweg zijn verzamelnamen voor alles dat aan deze infrastructuur is gerelateerd, zoals wegdek, rails, berm, geluidsschermen, portalen, stroomvoorziening, damwanden, verzorgingsplaats etc.

Figuur 3.14a Wisselwerking voor enkele raakvlakken.

Raakvlak met		Beschrijving van het raakvlak
Bebouwing		Bebouwing (1 enkel gebouw of een groep/woonwijk) kan het functioneren van een ecopassage belemmeren of juist positief beïnvloeden. Het laatste is bijvoorbeeld het geval als de bebouwing verblijfplaatsen biedt aan de doelsoorten van de ecopassage. De aanleg van de voorziening kan schade aan gebouwen tot gevolg hebben of tot het slopen van gebouwen leiden.
Terreinen		Betreft natuur-, recreatie- en sportterreinen, stadsparken, landgoederen, land- en tuinbouwgebied, bedrijventerreinen e.d. De volgende relaties met ecopassages kunnen bestaan: (1) ruimteverlies, (2) schade/overlast tijdens de aanleg aan bedrijfsmiddelen en terreinen, (3) schade/overlast door fauna aan bedrijfsmiddelen en terreinen, (5) belemmering toegang tot de ecopassage voor fauna, inspectie, beheer en onderhoud (middels hekken, watergangen, non-habitat etc.), (6) horizonvervuiling, (7) medegebruik, (8) hulp/taak bij het beheer van de voorziening. Het terrein bepaalt ook welke diersoorten te verwachten zijn en welke aanvullende maatregelen moeten worden getroffen (bijv. de aanleg van geleidende structuren).
Kabels & leidingen (K&L)		Kabels en leidingen kunnen de aanleg van een ecopassage belemmeren of moeten worden omgelegd. De aanleg van de ecopassage kan schade aan de kabels en leidingen aanrichten. Ook de fauna zelf kan dit doen (graven). De aanwezigheid van kabels en leidingen kunnen daarentegen ook voorzieningen mogelijk maken die stroom, gas, glasvezel of water nodig hebben.
Ondergrond		Het betreft de ondergrond op/in de ecopassage of de ondergrond op de locatie van of in de omgeving van de ecopassage. De ondergrond beïnvloedt (1) de geschiktheid van de ecopassages voor de doelsoorten (aantrekkelijkheid, grip), (2) de mogelijkheid om vegetatie of water vast te houden (op, in of in de omgeving van de voorziening), (3) de constructie van de dragende delen van de ecopassage (hoe stevig is de ondergrond). De ondergrond kan, naast de hierboven genoemde kabels, ook objecten bevatten die de aanleg van de ecopassage belemmeren of vertragen (denk aan archeologische resten of bodemschatten).
Atmosfeer		Wind, neerslag, zonlicht enz. kunnen allemaal invloed hebben op de ecopassage. Materiaal kan verweren, wegwaaien of wegspoelen. Te veel of te weinig zonnewarmte maakt een ecopassage ongeschikt voor koudbloedige dieren. Hier moet in het ontwerp rekening mee worden gehouden.
Flora/Vegetatie		Flora (waardplanten voor vlinders) en vegetatie kunnen een gewenst onderdeel van een voorziening vormen, maar kunnen ook ongewenst zijn. Een voorbeeld van het laatste is vegetatie die een voorziening overwoekert (wildspiegel of hekwerk), waardoor deze niet meer naar behoren functioneert. Het gaat hier ook om vegetaties in de omgeving van de ecopassage, zoals heggen en houtwallen die als geleiding naar de voorziening kunnen dienen.
Waterhuishouding		Het betreft zowel grond- als oppervlaktewatersystemen op, in en in de omgeving van de ecopassage. Het gaat om de aan- of afwezigheid hiervan en fluctuaties in waterpeil en stroomsnelheid in relatie tot de eisen die doelsoorten hieraan stellen, zowel in/op de voorziening als om deze te bereiken. Het waterpeil/systeem beïnvloedt ook de vegetatie in, op en in de omgeving van de voorziening en daarmee de effectiviteit van de voorziening.

Figuur 3.14b Wisselwerking voor enkele raakvlakken.

Verificatie & validatie in ontwikkelfase:

- Analyse (o.a. haalbaarheidsanalyse, kosten-batenanalyse)
- Berekening (o.a. sterkteberekeningen)
- Audit van bestaande kwaliteitssystemen en -processen (o.a. Technical Inspection Services)
- Demonstratie (o.a. presentatie van de functionaliteiten van een bestaand systeem)
- Documentbeoordelingen (o.a. documentinspecties, reviews, toetsen, ontwerpateliers)
- Modelleren (o.a. prestatie modellen van beschikbaarheid, verkeersmodellen)
- Simulaties (o.a. dienstregelings simulatie)
- Referentie (o.a. gebruik van gecertificeerde producten)

Verificatie & validatie in realisatiefase en gebruiksfase:

- Keuren (o.a. bouwstoffenkeuring, ingangs- en uitgangscntroles)
- Testen (o.a. haalbaarheidstesten, FIT, FAT, SIT, SAT)
 - o Factory Integration Test (o.a. hydraulische en mechanische installaties integraal testen)
 - o Factory Acceptance Test (o.a. cameratesten in fabrieksofstelling)
 - o Site Integration Test (o.a. interactietesten tussen installatie- en besturingssystemen)
 - o Site Acceptance Test (o.a. calamiteitenoefeningen in bijzijn van hulpdiensten)
- Meting (o.a. luchtsnelheidmetingen in tunnels, kalenderen van heipalen)
- Monitoring (o.a. zettingen, monitoring van draaiuren t.b.v. optimale vervanging)
- Schouw (o.a. visuele opname van projectlocatie)
- Inspecties (o.a. Arbo-inspecties, pompkelderinspecties)
- Ecologische monitoring (zie hoofdstuk 6)

Figuur 3.15 Enkele voorbeelden van veelgebruikte V&V-methodes in de verschillende fasen van een project.

3.5 Verificatie- en validatiemethode

Het doel van verificatie & validatie (V&V) is expliciet en objectief aantonen of het resultaat in overeenstemming is met de specificaties en het beoogde gebruik. Dit om vast te stellen of de oplossing past bij de vraag en de gegeven oplossingsruimte. Enkel een directe check op de systeemeisen is dan ook niet genoeg; het is essentieel om te bewaken of het systeem nog wel voorziet in de oorspronkelijke behoefte van de klant. Het nadenken over verificatie en validatie begint dan ook bij het formuleren van de eisen. Bij elke eis hoort in een V&V-plan te worden vastgesteld wat hierbij op welke wijze en wanneer moet worden aangetoond. In de ontwikkel-, realisatie- en gebruiksfase wordt dit V&V-plan uitgevoerd met behulp van controles en toetsen. De resultaten hiervan worden in V&V-rapporten vastgelegd. Mochten de specificaties worden aangepast en nader gedetailleerd, dan wijzigt op basis daarvan ook het V&V-plan. Dit is een continu en cyclisch proces.

Het verdient aanbeveling om voor verificatie en validatie standaardmethodes te gebruiken. Naarmate de complexiteit van projecten toeneemt, is meer maatwerk nodig om de functionaliteit aan te tonen. Figuur 3.15 geeft enkele voorbeelden van veelgebruikte V&V-methodes in de verschillende fasen van een project.

De ultieme test is natuurlijk of de faunavoorziening werkt. Daarom is het zo belangrijk om helemaal in het begin al overeenstemming te krijgen over het doel van de faunavoorziening. Gaat het uitsluitend om het kruisen van infrastructuur mogelijk te maken of heeft de faunavoorziening een functie bij het behoud van populaties. Dit roept dan meteen de vraag op wanneer is aangetoond dat het beoogde doel is bereikt. Naast het bepalen van de verificatie- en validatiemethoden moet dus ook duidelijk zijn volgens welke criteria geverifieerd en gevalideerd wordt.

Bepalen van de locatie van de voorziening

Het volgende vragenlijstje kan u helpen bij de te maken keuze:

1. Zijn in de huidige situatie wildwissels aanwezig?
Deze kunnen worden vastgesteld door veldcontrole, navraag bij terreinbeheerders en aan de hand van gegevens over faunaslachtoffers.
2. Waar liggen de minst verstoorde gebieden?
Denk hierbij aan alle vormen van menselijk gebruik en neem ook aanpassing van bijvoorbeeld recreatiepaden in overweging om minder verstoring in gebieden te krijgen.
3. Waar liggen optimale habitats in de omgeving of is er ruimte voor ontwikkeling van deze habitats?
Een aantal doelsoorten zal alleen van het ecoduct gebruik maken als er geschikt habitat in de directe omgeving aanwezig is.
4. Wat is de ligging ten opzichte van andere barrières en passages?
5. Wat is landschappelijk gezien de juiste locatie?
Ter plekke kan de situatie worden geoptimaliseerd door bijvoorbeeld de aanleg van heggen en houtwallen.
6. Wat is de hoogteligging van de weg ten opzichte van de omgeving?
7. Ligt de weg op een waterkering?
8. Wat is de beschikbare ruimte langs de weg?
Het is vooral van belang dat er voldoende ruimte aanwezig is voor aanloop naar de voorziening.
9. Wat is de samenstelling van de ondergrond en de diepte van het grondwater?
Het benodigde type fundering werkt sterk door in de kosten. Een goede locatiekeuze kan de kosten sterk beperken.
10. Op welke locatie is de weg het minst breed?
Vooraf de lengte van de overspanning is sterk bepalend voor de kosten. Hou ook rekening met toekomstige wegverbredingen en aanpassingen aan nieuwe veiligheidsnormen.
11. Waar liggen nu al duikers, bruggen, viaducten etc.
Bestaande voorzieningen/kunstwerken kunnen soms (met relatief weinig kosten) worden aangepast voor medegebruik door de beoogde soorten (zie § 8.2.9 t/m 8.2.13). Ze moeten wel voldoende dicht bij de te verbinden leefgebieden liggen.
12. Zijn in het aangrenzende gebied ontwikkelingen gepland, zoals natuurontwikkeling, huizenbouw, ruilverkaveling, etcetera?
13. Vindt binnenkort groot onderhoud aan infrastructuur plaats?
De aanleg van een faunavoorziening kan met groot onderhoud worden gecombineerd om kosten te besparen.

Figuur 4.1 Bepalen van de locatie van de voorziening

4 Ontwikkelfase

4.1 Inleiding

Dit hoofdstuk behandelt de Ontwikkelfase (Systeemspecificatie) en gaat dus in op:

- het vastleggen van de bestaande situatie (nulsituatie), op basis waarvan onder andere de locatie van de voorziening wordt bepaald (figuur 4.1);
- het verzamelen van diverse documenten, zoals standaardspecificaties, ontwerpvoorschriften, normen en richtlijnen en
- het bepalen van de verificatie- en validatiestrategie.

4.2 De nulsituatie

4.2.1 De diersoorten

Van de soorten die als doelsoort voor de faunavoorziening zijn gekozen moet worden onderzocht waar ze voorkomen en hoe ze het landschap gebruiken. Bij voorkeur wordt ook kwantitatieve informatie verzameld, zoals – bijvoorbeeld – het aantal verkeersslachtoffers per tijdseenheid, het aantal vliegbewegingen over het spoor of de grootte van de populatie(s). Deze informatie is belangrijk om na realisatie van de faunavoorziening te kunnen bepalen of de situatie is verbeterd of in ieder geval niet is verslechterd.

In hoofdstuk 6 worden allerlei methoden beschreven waarmee de effectiviteit van de faunavoorziening na realisatie kan worden bepaald. Het is belangrijk om in een vroeg stadium te bepalen welke methode gebruikt gaat worden (zie § 4.5), want dit bepaalt welke (kwantitatieve) informatie voor de aanleg van de faunavoorziening (de nulsituatie) moet worden verzameld.

In hoofdstuk 7 wordt per soortgroep ingegaan op de factoren die het landschapsgebruik van diersoorten bepalen. Bij het beschrijven van de bestaande situatie moet dus onder andere op deze factoren worden gelet. Houd daarbij in ieder geval rekening met de volgende aspecten:

- 1) de voortbewegingstechnieken die de dieren beheersen (alleen lopen of kunnen ze ook graven);
- 2) de meest gebruikelijke wijze van voortbewegen en dit weer in relatie tot de functie die door de infrastructuur wordt belemmerd;
- 3) de routes die de dieren volgen en de aanwezigheid van geleidende structuren;
- 4) de aanwezigheid van soortgenoten, concurrenten en predatoren;
- 5) de aanwezigheid van storingsbronnen, waar de dieren gevoelig voor zijn.

4.2.2 Aard van de barrière

De karakteristieken van de infrastructuur bepalen de problemen en de oplossingen. Zo zijn de problemen voor fauna bij spoorwegen anders dan bij wegen. Waterwegen leveren weer andere problemen op. Een vierbaansweg vormt voor de meeste dieren een onneembare

code	type barrière	dagvlinders	ringslang	heikikker	rugstreeppad	bever	otter	meervleermuis	noordse woelmuis	dwergmuis	waterspitsmuis
A	Kleine weggetjes en paden	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B	Locale wegen <30 km/uur	-	○	○*	○*	-	-	-	-	-	-
C	Locale wegen 30-50 km/uur	-	●	●	●	○	○	-	●	●	●
D	Locale wegen >50 km/uur	-	●	●	●	●	●	○	●	●	●
E	Provinciale weg	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Fa	Waterkering	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fb	Waterkering met wegtype B	-	○	○*	○*	-	-	-	-	-	-
Fc	Waterkering met wegtype C	-	●	●	●	-	-	-	●	●	●
Fd	Waterkering met wegtype D	-	●	●	●	●	●	●	●	●	●
Fe	Waterkering met wegtype E	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●
G	Waterweg <u>niet</u> bevaarbaar (<20 m)	○	-	-	-	-	-	-	-	-	-
H	Waterweg bevaarbaar (>20 m)	○	○	○	○	-	-	-	○	○	○

Figuur 4.2 Mate van barrièrewerking per type barrière in de Groene Ruggengraat. ● = grote barrière; ○ = geringe barrière; - = geen barrière; *afhankelijk of een amfibieëntrekroute wordt gekruist (bron: Ecogroen Advies).r



Figuur 4.3 Het grindbed en de rails vormen voor kleine dieren al een onoverkomelijke barrière. (Foto: ProRail).

barrière, terwijl zij éénbaanswegen nog wel proberen over te steken (figuur 4.2). De verschillen leiden meestal ook tot verschillende oplossingen. Hier volgen enkele voorbeelden.

- Bij een (zeer) brede infrastructuur kunnen faunapassages alleen functioneren bij een grote maatvoering. Tunnels kunnen voor veel soorten te lang worden om goed te kunnen functioneren. Oplossingen óver de infrastructuur (ecoducten, aanpassing van viaducten) liggen dan meer voor de hand. Uiteraard geldt ook hiervoor dat de maatvoering aan de breedte van de infrastructuur moet zijn aangepast. Bij spoorwegen moet bovendien rekening worden gehouden met de bovenleiding; als minimale hoogte boven het spoor wordt 5,5 m aangehouden.
- Bij een verhoogde ligging van de infrastructuur is een onderdoorgang gemakkelijker te realiseren dan een ecoduct; bij een verdiepte ligging geldt vanzelfsprekend het omgekeerde.
- Bij drukke infrastructuur is de kans op aanrijdingen/faunaslachtoffers en de verstoring van de omgeving groter dan bij rustige infrastructuur. Voorzieningen moeten in dat geval gericht zijn op een groter aantal soorten en habitats. Bovendien moet de voorziening beter tegen de storingen van de infrastructuur zijn afgeschermd. Voorzieningen bij drukke infrastructuur zijn daarom in het algemeen omvangrijker, dan bij rustige.
- Bovenstaande is echter geen wetmatigheid. Uit onderzoek blijkt dat op provinciale wegen meer dassen per strekkende kilometer worden doodgereden, dan op snelwegen en gemeentelijke wegen (Dekker & Bekker, 2010). Op gemeentelijke wegen vielen in absolute getallen wel meer slachtoffers, maar het aantal kilometers gemeentelijke weg door dassenleefgebied is hoger dan het aantal kilometers provinciale weg. De oorzaak is onbekend, maar heeft mogelijk met de inrichting van het landschap direct langs de weg te maken.
- Bij een weg op een waterkerende dijk zijn aanvullende maatregelen nodig als onderdoorgangen worden gerealiseerd. Ter plaatse wordt dan bijvoorbeeld een apart 'poldertje' gemaakt, of een passage op de kering, waarbij de infrastructuur lokaal wordt opgetild.
- Waterwegen vragen andere oplossingen dan (spoor)wegen. Bij waterwegen vormen de steile oevers meestal de belangrijkste barrière. Voorzieningen om uit het water de oever te beklimmen of een ander ontwerp van de oever (talud), zijn dan noodzakelijk.
- Rasters (om mensen of wild van de infrastructuur te weren) en geluidsschermen vormen voor veel soorten een extra barrière.

Om zicht te krijgen op de problemen en de mogelijkheden voor oplossingen, moeten meerdere kenmerken van de barrière in kaart worden gebracht. Deze gegevens zijn doorgaans gemakkelijk af te leiden uit een visuele inspectie ter plekke en gegevens die de wegbeheerder beschikbaar heeft.



Figuur 4.4 Door alle draden van de bovenleiding ligt een onderdoorgang hier meer voor de hand, dan een verbindingroute overlangs (Foto: ProRail).



Figuur 4.5 Als een (spoor)weg een waterloop kruist, kunnen de oevers onder de brug functioneren als faunapassage (Foto: ProRail).

4.2.3 Ruimtelijke situatie

Naast de dieren die de barrière moeten passeren en de wijze waarop de barrière in het landschap ligt, is de omgeving zelf van groot belang voor de keuze van goede oplossingen voor ontsnippering. Mogelijk is de inrichting van de omgeving één van de oorzaken van het probleem: vormt het geleiding naar de weg of vormt het juist een barrière? De omgevingsanalyse is ook noodzakelijk, omdat de ligging en de vormgeving van de faunavoorzieningen moeten aansluiten bij de landschappelijke kenmerken van de omgeving (zie Handreiking ruimtelijke kwaliteit en vormgeving, Van den Heuvel, 2012) en bij het bestaande gebruik van de omgeving door de fauna. In beperkte mate is het, andersom, ook mogelijk de inrichting van de omgeving aan te passen aan de faunavoorziening. Vooral voor het realiseren van een goede geleiding van de fauna naar de voorziening zal dit nodig zijn. Een aantal voorbeelden kan dit illustreren.

- Het bestaande reliëf kan mogelijkheden bieden voor de bepaling van de plaats van faunapassages. Ecoducten kunnen aansluiten op verhogingen in het landschap (dekzandruggen, stuwwallen, dijklichamen e.d.). Bij het ecoduct De Borkeld (A1) is bijvoorbeeld gebruik gemaakt van de bestaande insnijding in de aanwezige dekzandrug. Grote faunatunnels kunnen geplaatst worden bij natuurlijke laagtes. Zo is in de N225 bij Elst (Utrecht) een grote onderdoorgang aangelegd in een smeltwatergeul op de overgang van de stuwwal naar de Rijnuitwaarden.
- Het bestaande waterpatroon in de omgeving van de weg biedt een uitstekend raamwerk voor de plaatsing van natte faunavoorzieningen, zoals ecoduikers of bruggen.
- Hetzelfde geldt voor de opgaande landschapselementen die voor veel dieren de natuurlijke geleiding vormen. Faunavoorzieningen dienen bij voorkeur in het verlengde van deze bestaande structuren te worden aangelegd, zodat deze geleidingsfunctie blijft bestaan.
- Allerlei functies en voorzieningen in de directe omgeving van de weg kunnen belemmeringen opwerpen voor de realisatie en het functioneren van faunavoorzieningen (bijvoorbeeld: belangrijke kabels en leidingen, bedrijven en huizen, inclusief erven en ontsluitingswegen, parallelle wegen en spoorwegen, parallelle waterlopen, omrasterde privé-terreinen etc.).
- Storingsbronnen kunnen er voor zorgen dat dieren een op het oog logische route niet nemen. In het jachtseizoen wordt jachtwild op andere plekken aangetroffen dan in de rest van het jaar. Watervogels rond Schiphol gebruiken vooral de wateren die, afhankelijk van de windrichting, het minst door het geluid van opstijgende en landende vliegtuigen worden verstoord.

In de analyse van de omgeving gaat het om de essentiële factoren die de keuze van maatregelen voor ontsnippering bepalen. Om de situatie volledig in beeld te krijgen kan gebruik worden gemaakt van de checklist (zie figuur 4.6). Voor een aantal onderdelen uit deze lijst geldt dat deze informatie niet alleen nodig is om een keuze te kunnen maken, maar dat deze eveneens gebruikt kan worden voor het ontwerp. In dat geval moet de benodigde informatie meer gedetailleerd zijn.

Onderdeel	Bron
<i>Omgevingsanalyse</i>	
Landschappelijke opbouw omgeving (aaneengesloten bos/natuurgebied, landschapselementen, water)	Veldonderzoek, diverse kaarten (geomorfologie, topografie, luchtfoto's)
Beleidsmatige context (Natura 2000, ecologische hoofdstructuur, ecologische verbindingszone, Robuuste verbindingszone, e.d.)	Literatuuronderzoek, vastgestelde beleidsnota's
Andere gebruiksfuncties en verbindingen (recreatie, landbouw, integrale begrazing)	Diverse kaarten, informatie recreatieschappen en terreinbeheerders
Andere versnipperingsknelpunten (andere wegen, spoorwegen, water, rasters, bebouwing e.d.) (raakvlak met integrale en gebiedsgerichte aanpak)	Diverse kaarten, informatie RWS en Prorail
Bestaande kruisingen, zoals viaducten, tunnels, duikers, syfons, etc.	Veldonderzoek, diverse kaarten (geomorfologie, topografie, luchtfoto's)
Eigendomssituatie/bebouwing/afgesloten terreinen e.d.	Kadastrale kaarten
Nieuwe planologische ontwikkelingen in de omgeving zoals landinrichtingsplannen, natuurontwikkelingsplannen, aanleg bedrijven terreinen etc.	Diverse kaarten
Belangrijke kabels en leidingen	KLIC-melding
Bodem, water, geomorfologie, archeologische waarden	Diverse kaarten, bodemonderzoeken, provincies en / of waterschappen
Regionale verkeerskundige analyse (welke rol speelt de weg in de afwikkeling van verkeer in de regio; dit t.b.v. eventuele alternatieven voor afsluiting of verkeersluw maken van de weg)	Informatie wegbeheerder
Milieubeschermingsgebieden (grondwater, bodem)	Provincie
Aard van de barrière:	
Type: spoor, auto, vaarweg	Beheerder weg, spoorweg of waterweg
Breedte	Beheerder weg, spoorweg of waterweg
Hoogteligging	Beheerder weg, spoorweg of waterweg
Verkeersintensiteit	Beheerder weg, spoorweg of waterweg
Verkeerssoorten	Beheerder weg, spoorweg of waterweg
Rasters/hekken	Beheerder weg, spoorweg of waterweg
Geluidsschermen	Beheerder weg, spoorweg of waterweg
Andere functies van de (spoor)weg (bijv. waterkerende functie)	Beheerder weg of spoorweg
Functie van der waterweg (vervoer, recreatie, waterafvoer)	Beheerder waterweg
Kenmerken van de waterweg, zoals vorm van de oever, waterdiepte, stroomsnelheid	Beheerder waterweg
Toekomstige aanpassingen (bijvoorbeeld verbreding, duurzaam veilig, natuurvriendelijke oever, e.d.)	Beheerder weg, spoorweg of waterweg
Bestaande (plannen voor) faunavoorzieningen of door fauna gebruikte kruisingen	Beheerder weg, spoorweg of waterweg

Figuur 4.6 Checklist basisinformatie. Doel: analyseren van kansen en beperkingen vanuit de omgeving

Betrek in de omgevingsanalyse ook bestaande kruisingen voor - bijvoorbeeld - secundaire wegen, vaarwegen, fietsers en wandelaars, sloten en beekjes etc. Bedenk hierbij dat sommige doelsoorten infrastructuur niet dagelijks kruisen, maar dat ze alleen in bepaalde seizoenen naar de andere kant van de infrastructuur willen, zoals tijdens de paddentrek of als valfruit beschikbaar komt. Een duiker die maar in een deel van het jaar water draagt, kan dan mogelijk voldoen als passage voor grondgebonden dieren in de andere delen van het jaar. Geleiding naar de duiker aanleggen is in dit voorbeeld misschien voldoende om het versnipperingsprobleem voor de doelsoort op te lossen.

Kijk bij de omgevingsanalyse niet alleen naar de bestaande situatie, maar ook naar nieuwe ontwikkelingen in de omgeving van de infrastructuur, zoals landinrichtingsplannen, woningbouw en natuurontwikkeling. Inspelen hierop benadrukt nogmaals dat de omgevingsanalyse in een vroeg stadium van het project moet worden uitgevoerd. Mede omdat het de belangen van meerdere belanghebbenden raakt.

4.3 Documenten

4.3.1 Standaardspecificaties

In Systems Engineering staat de klant centraal. Eén van de belangrijkste documenten in Systems Engineering is dan ook de Klant Eisen Specificatie. Hierin komen de wensen en eisen van alle stakeholders te staan. De belangrijkste klanten bij een faunavoorziening zijn uiteraard de dieren, maar dieren kunnen niet worden geïnterviewd. Gelukkig is inmiddels al zo veel ervaring met bestaande faunavoorzieningen opgedaan, dat enkele algemene eisen wel bekend zijn. Rijkswaterstaat en ProRail hebben deze algemene eisen opgenomen in standaard- of basisspecificaties. Een standaard- of basisspecificatie is een gangbare maar niet projectspecifiek gemaakte specificatie.

In de standaard- of basisspecificatie staan in algemene termen de minimale eisen die dieren aan het landschap stellen om ongeschonden van de ene naar de andere plek te komen. Om een faunavoorziening effectief te laten zijn moet aan deze eisen worden voldaan, maar niet alle eisen gelden voor alle faunavoorzieningen. Sommige eisen zijn alleen van toepassing op ecoducten en niet op kleine faunatunnels en andersom. De opstellers van Systeemspecificaties kunnen uit de standaard- of basisspecificatie de eisen halen die voor hun project van belang zijn.

In de standaard- en basisspecificaties van RWS en ProRail worden niet alle diersoorten behandeld. Er is een selectie gemaakt van soorten waarvoor faunavoorzieningen zinvol zijn, de zogenaamde doelsoorten (zie 3.3.2).

Natuurlijk kan het gebeuren dat op een bepaalde plek langs infrastructuur met meerdere van deze doelsoorten problemen optreden. Moeten dan de eisen van al deze soorten als uitgangspunt voor het ontwerp van faunavoorziening dienen? In principe wel, maar gelukkig is het in de meeste gevallen mogelijk om de eisen te combineren en terug te brengen tot een aantal basale eisen die voor een groep soorten ongeveer gelijk is. Binnen de groep kan één soort worden gekozen die symbool staat voor de hele groep: de gidssoort. De gidssoort wordt zo gekozen dat als de faunavoorziening op de eisen van deze soort is afgestemd, de faunavoorziening ook geschikt is voor de soorten waarvoor hij symbool staat. Soorten kunnen bijvoorbeeld overeen komen op basis van:



Figuur 4.7 Dieren hebben graag wat dekking op hun trekroute. Een stobbenwal biedt die dekking. Het biedt kleine diersoorten, zoals grondgebonden insecten, spinnen, muizen en kleine marterachtigen, ook rustplaatsen en zelfs leefgebieden (Foto: ProRail).



Figuur 4.8 Veel diersoorten gebruiken tunnels onder infrastructuur, maar ze stellen eisen aan de vorm en de afmetingen. Voor veel soorten geldt 'hoe langer de tunnel, hoe breder en hoger die moet zijn'. De tunnel op de foto heeft halverwege een gat. Hierdoor is het minder donker en lijkt de tunnel minder lang. Hij is daardoor, ondanks zijn lengte toch geschikt voor reeën en wilde zwijnen. (Foto: ProRail).

- het medium waarin de soort zich voortbeweegt (op de grond, door de lucht, door/ langs het water, door de bomen);
- de grootte van de dieren;
- het gedrag (bijvoorbeeld vliegen langs beplanting bij vleermuizen, oriëntatie op zicht of reuk bij grote hoefdieren, voorkeur voor ondergronds bij de das e.d.);
- de snelheid waarmee ze zich kunnen voortbewegen;
- de gevoeligheid voor verstoring.

Controleer echter wel of dit altijd opgaat. De otter zou bijvoorbeeld gidssoort voor alle water- en oevergebonden diersoorten kunnen zijn. Echter, een 100 m kale oever is voor een otter geen barrière, maar voor een waterspitsmuis wel. De eisen van de waterspitsmuis die nog niet door die van de otter worden gedekt moeten in dit geval worden toegevoegd om tot een effectieve faunapassage te komen.

In figuur 4.9 op pagina 66 is een voorbeeld gegeven van een ontsnipperingsstudie voor de HSL-Oost en de A12 op de zuidwestelijke Veluwe. Vooral het medium waarin of waarlangs dieren zich voortbewegen is van groot belang: via de lucht, in het water, langs het water, op de bodem, uitsluitend door de kronen van bomen, langs aaneengesloten beplanting, etc.

4.3.2 Voorschriften

Toetsing tijdens het ontwerp en de realisatie gebeurt aan de hand van functionele specificaties die specifiek voor de aan te leggen voorziening zijn opgesteld, maar ook aan de hand van algemene voorschriften. ProRail en Rijkswaterstaat hebben voorschriften voor onder andere het ontwerp, toe te passen boortechnieken, veiligheid en zo meer.

Ontwerpvoorschriften; technische voorwaarden aan het ontwerp

ProRail heeft voor het ontwerpen en bouwen van spoorwegen diverse ontwerpvoorschriften (OVS'en) opgesteld. Daaronder bevinden zich ook ontwerpvoorschriften die betrekking hebben op faunavoorzieningen. Zo is de normering met betrekking tot het ontwerp en de bouw van civiele kunstwerken voor een belangrijk deel vastgelegd in nationale en internationale normen, maar ProRail heeft hierop enkele aanvullende en afwijkende bepalingen. Die zijn vastgelegd in OVS'en.

Ook voor de relatie tussen baan en landschap bestaat een OVS. ProRail heeft als doel de bestaande bermen te transformeren tot het niveau waarop voldaan is aan zowel de strengere veiligheidsnormen als de natuurwetgeving. In het OVS Baan en Landschap staat waaraan het baanlichaam vanuit landschappelijk en ecologisch oogpunt moet voldoen en welke eisen aan de baan worden gesteld in het kader van ontwerp en aanleg. In het ontwerp dient ook al rekening te worden gehouden met het beheer in de gebruiksfase.

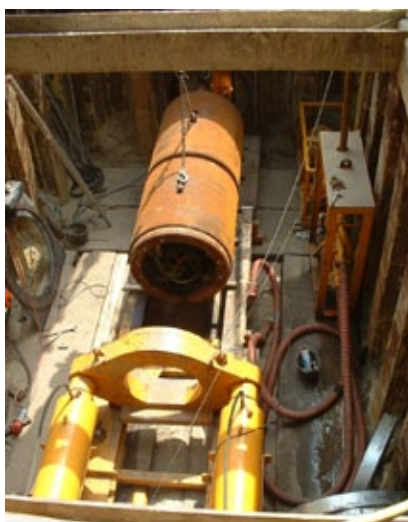
Rijkswaterstaat heeft algemene voorschriften vastgelegd in Rijkswaterstaat Brede Afspraken, Verkeerskundige Afspraken, Ontwerpvoorschriften en zo meer. Een voorbeeld van een ontwerpvoorschrift dat een relatie heeft met faunavoorzieningen (rasters) betreft bermbeveiliging. Voor het ontwerp en de bouw van civiele kunstwerken heeft Rijkswaterstaat aanvullingen en aanpassingen op nationale en internationale normen in de ROK (Richtlijn

Nummer	Soortgroep	Criterium 1: Voortbeweging	Criterium 2: Lichaamsgrootte	Gidssoort	Overige soorten
1.	Grote zoogdieren	Over land	Groot	Edelhert	Damhert, wild zwijn
2.	Middelgrote zoogdieren	Over land	Middel	Ree	-
3.	Kleine zoogdieren	Over land en ondergronds	Klein	Das	Egel, haas, hermelijn, vos, bunzing, wezel
4.	Kleine zoogdieren	Over land en via bomen	Klein	Boommarter	Eekhoorn, steenmarter
5.	Kleine aan land gebonden dieren	Over land	Klein	Zandhagedis	Adder, gladde slang, hazelworm, levendbarende hagedis, dagvlinders, overige insecten
6.	Kleine aan land, oever en water gebonden dieren	Over land, oevers en via water	Klein	Ringslang	Bruine kikker, gewone pad, heikikker, kamsalamander, kleine watersalamander, knoflookpad, rugstreeppad, libellen

Figuur 4.9 Uitwerking van doelsoorten op basis van wijze van voortbeweging en lichaamsgrootte. Toegepast bij de uitwerking van ontsnipperingsmaatregelen voor de HSL-Oost en de A12 op de zuidwestelijke Veluwe en de Gelderse Vallei. Grote vliegende dieren (vogels, vleermuizen) zijn in dit project buiten beschouwing gelaten. Vliegende insecten zijn meegenomen bij de kleine landgebonden dieren.



Figuur 4.10 Boorput van een OFT (Open Front Techniek)



Figuur 4.11 Boorkop van een GFT (Gesloten Front Techniek).



Figuur 4.12 Boorkop in ontvangstput van boormethode OFT (Open Front Techniek)

Ontwerp Kunstwerken) vastgelegd. Vanwege de veranderde werkwijze van Rijkswaterstaat, waarbij de ontwerprol is verschoven naar de markt, wordt een aantal richtlijnen herzien.

Richtlijn Boortechnieken

Voor het boren van voorzieningen zijn door de Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving van Rijkswaterstaat (WVL) richtlijnen opgesteld. In de Richtlijn Boortechnieken staat informatie over de verschillende hoofdcategorieën boortechnieken en de uitvoeringstechnische toepassings- en controlecriteria bij voorzieningen onder rijkswegen en waterwegen. Genoemd worden:

- Horizontaal gestuurde boring (HDD);
- Open front boortechniek (OFT);
- Gesloten front boortechniek (GFT);
- Pneumatische boortechniek (PBT).

Voor boren onder het spoor gelden andere regels. Zo moet bijvoorbeeld een minimale afstand van 1,5 m tussen het spoorbed en de bovenkant van de tunnel worden aangehouden. De regels zijn bij ProRail op te vragen.

Vormgeving van het ontwerp

Als de faunavoorziening een beeldbepalend element in het landschap wordt moet rekening worden gehouden met eisen aan de vormgeving. Dit is wenselijk uit het oogpunt van esthetiek, maar is ook raadzaam, omdat bij de aanvraag van de bouwvergunning de gemeente het ontwerp mede beoordeelt op aspecten van welstand (welstandscommissie). Het toetsen van het ontwerp kan gebeuren aan de hand van een referentie-ontwerp dat onder advies van een architect tot stand is gekomen. Het is ook mogelijk richtlijnen voorvormgeving op te stellen en hierover met de stakeholders afspraken te maken. RWS heeft hiervoor de Handreiking ruimtelijke kwaliteit en vormgeving (Van den Heuvel, 2012) beschikbaar. Dit voorziet ook in een toets door een in te stellen Vormgevings Advies Commissie. Bij ProRail geldt de procedure dat een architect van Bureau Spoorbouwmeester adviseert bij ontwerpen van beeldbepalende objecten.

Kabels en leidingen

Per 1 juli 2008 is de Wet Informatie Voorzieningen Ondergrondse Netten (WION) van kracht. Rijkswaterstaat en ProRail zijn volgens deze wet verplicht om inzichtelijk te maken waar welke kabels en leidingen in de grond liggen. Bedrijven die aan of in de buurt van het spoor willen werken, moeten nu vooraf informatie opvragen over de ligging van kabels en leidingen. Hiermee worden kabel- en leidingbreuken door graafwerkzaamheden zoveel mogelijk voorkomen.

Veiligheid

Een niet te onderschatten aspect tijdens de uitvoering is het waarborgen van de veiligheid van de uitvoerders en van de omgeving. Niemand mag vlak langs de weg of spoorweg zonder meer werkzaamheden uitvoeren. Er zijn vergunningen nodig en meestal gelden

Relevante wetgeving	Object / activiteit	Proceduretijd	Bevoegd gezag	Aandachtspunten
Wet algemene bepalingen omgevingsrecht; Eenvoudige aanvraag	Bouwen, slopen, kappen, aantasting natuur en milieu, etc.	8 weken + 6 weken bezwaartijd	Gemeente	Indien bouw in strijd met het bestemmingsplan kan via een projectbesluit toch toestemming worden verleend (Wro)
Wet algemene bepalingen omgevingsrecht; Complexe aanvraag	Bouwen, slopen, kappen, aantasting milieu en natuur, etc.	26 weken + 6 weken bezwaartijd	Gemeente	Indien bouw in strijd met het bestemmingsplan kan via een projectbesluit toch toestemming worden verleend (Wro)
Woningwet	Welstandseisen t.a.v. uiterlijk en plaatsing v/e object	26 weken + 6 weken bezwaartijd	Gemeente	Welstandscommissie
Gemeentewet / APV/ Bouwverordening (onthefing)	Hinderaspecten (geluid, trillingen, licht) als gevolg van uitvoeren (nachtelijke) activiteiten	8 weken + 6 weken bezwaartermijn	Gemeente	
Boswet/Kapverordening	Kappen, verplaatsen bomen; herplanten; compensatie;	8 weken + 6 weken bezwaartermijn	Gemeente Min. EZ	Compensatieverplichtingen verschillen per provincie. RWS compenseert altijd 1:1
BBesluit bodemkwaliteit	Hergebruik grond	Melding 2 dagen tot 1 maand voor start werkzaamheden	Gemeente	Combineren met aanvraag omgevingsvergunning (Wabo)
Ontgrondingenwet - Provinciale ontgrondingen-verordening	Ontgraven grond	26 weken + 6 weken bezwaartermijn	Provincie	Bij de aanvraag van een ontgrondingvergunning kan de provincie verzoeken een archeologisch inventarisatie uit te voeren en de mogelijke consequenties daarvan in het uiteindelijke plan op te nemen.
Wet bodembescherming / Bouwstoffenbesluit / Afvalstoffenwet	Ontgraven verontreinigde grond (onttrekken verontreinigd grondwater); Saneren van verontreiniging; Verwerken verontreinigde grond; Verwerken teerhoudend asfalt; Verwerken – asbest – fundering	3 maanden + 6 weken bezwaartermijn	Provincie	Indien saneren ernstige verontreiniging: proceduretijd 6 maanden + 6 weken bezwaartermijn. Indien de activiteiten gekoppeld zijn aan bouwen, kan de ontheffingsaanvraag in de aanvraag voor een omgevingsvergunning (Wabo) worden opgenomen.
Waterwet - Provinciale verordening	Onttrekken grondwater en infiltreren water	8 weken tot 6 maanden + 6 weken bezwaartermijn	Provincie	
Waterwet - Algemene maatregel van Bestuur	Onttrekken grondwater en infiltreren water bij rijkswateren en bovenregionale wateren	8 weken tot 6 maanden + 6 weken bezwaartermijn	Waterschap / Rijkswaterstaat	
Waterwet	Indirecte lozingen	8 weken tot 6 maanden + 6 weken bezwaartermijn	Gemeente/ Provincie	Onderdeel van omgevings-vergunning (Wabo).
Waterwet	Directe lozingen	8 weken tot 6 maanden + 6 weken bezwaartermijn	Waterschap/ Ministerie I&M	AMvB Lozingen buiten inrichting: RWS-kader voor afstromend wegwater
Waterschapswet (Keuronthefing)	Dempen, verleggen van watergangen en duikers	8 weken + 6 weken bezwaartermijn	Waterschap	

Figuur 4.13a Overzicht ontheffingen en vergunningen.

Vervolg tabel zie pagina 70

er allerlei voorschriften waaraan de uitvoerders zich tijdens het werk moeten houden. Uitvoerend personeel dient gecertificeerd te zijn. Een certificaat is te verkrijgen door het volgen van een korte cursus en het succesvol afleggen van een toets.

Innovatie

De ontwikkeling in uitvoeringsmethoden staat niet stil. Bij de aanleg van voorzieningen zal de initiatiefnemer zich daarom moeten informeren over ontwikkelingen in bijvoorbeeld boortechnieken en andere aanlegmethoden. Door hier scherp op te blijven, kan de aanleg en het functioneren van een voorziening worden verbeterd of kunnen kosten worden bespaard.

4.4 Ontheffingen en vergunningen

Welke ontheffingen en vergunningen nodig zijn, is per locatie verschillend. We gaan hieronder in op de meest voorkomende ontheffingen en vergunningen: ontheffingen in het kader van de Flora- en faunawet, vergunningen op grond van de Natuurbeschermingswet 1998 en de omgevingsvergunning op grond van de Wabo. Vaak zijn deze vergunningen en ontheffingen bij de aanleg van faunavoorzieningen nodig. Het is aan de aannemer om de ontheffingen en vergunningen te regelen.

4.4.1 Flora- en faunawet

Bij de aanleg van de faunavoorziening moet rekening worden gehouden met de bepalingen in de Flora- en faunawet: er moet zorgvuldig worden omgegaan met de planten en dieren die al in het werkgebied voorkomen. De mate waarin schade aan deze beschermde dieren en planten kan optreden, wordt sterk bepaald door de eigenschappen van het gebied en de omvang van de werkzaamheden. Door de planning en de uitvoeringswijze af te stemmen op de aanwezige soorten kan veel schade worden voorkomen. Bovendien biedt de wet veel mogelijkheden voor vrijstellingen of ontheffingen. Zo geldt voor activiteiten in het kader van bestendig beheer, onderhoud en gebruik of in het kader van ruimtelijke ontwikkeling een vrijstelling voor soorten die in tabel 1 van de Ff-wet zijn opgenomen. Voor soorten van tabel 2 van de Ff-wet geldt een vrijstelling als het werk volgens een door de minister van EZ goedgekeurde gedragscode wordt uitgevoerd. Rijkswaterstaat heeft zo'n gedragscode (Rijkswaterstaat, 2010). Ook het Stappenplan Ff-wet is hierbij relevant.

Voor een goede afstemming met de Flora- en faunawet zijn de volgende stappen noodzakelijk.

- Inventarisatie van beschermde soorten in het invloedsgebied van de ingreep.
- Bepalen van de effecten van de ingreep (tijdens de aanleg en in de gebruiksfase) en toetsing aan de verbodsbepalingen van de wet.
- Uitwerken van mitigerende maatregelen wanneer verbodsbepalingen overtreden dreigen te worden.
- Opstellen van een uitvoeringsprotocol waarin planning en uitvoeringswijze van mogelijk schadelijke activiteiten afgestemd worden op de levenswijze van de betrokken soorten; opnemen van deze maatregelen in het bestek.

Tabel vervolg van pagina 68

Relevante wetgeving	Object / activiteit	Proceduretijd	Bevoegd gezag	Aandachtspunten
Flora- en faunawet	Ingrepn die zowel de planten en dieren zelf als hun verblijfplaatsen kunnen aantasten	13 weken + 6 weken bezwaartermijn	Ministerie van EZ	Kan aan aanvraag omgevingsvergunning worden (Wabo) gekoppeld.
Natuurbeschermingswet	handelingen in (nabijheid van) natuurgebieden met gevolgen voor beschermde dieren en planten	13 weken + 6 weken bezwaartermijn	Provincie	Kan aan aanvraag omgevingsvergunning worden (Wabo) gekoppeld.
Monumentenwet	Aantasting van archeologische rijks-monumenten	6 maanden + 6 weken bezwaartermijn	Ministerie OCW	Aantasting van andere monumenten en stads- en dorpsgezichten vallen onder Wabo
Wegenverkeerswet (Verkeersbesluit)	Tijdelijke verkeersmaatregelen bij werk in uitvoering; Aanbrengen bebording/verkeerstekens /markeringen	4 maanden + 6 weken bezwaartermijn	Provincie / Gemeente	
Wet beheer rijkswaterstaatswerken	Leggen kabels, bouw wegrestaurant, plaatsen reclamebord	8 weken + 6 weken bezwaartermijn	Rijkswaterstaat	Voer eerst overleg met Rijkswaterstaat
Wegenwet / Provinciale wegenverordening	Onttrekking wegen aan openbaar verkeer; Reconstructie wegen.	4 maanden + 6 weken bezwaartermijn	Provincie / Gemeente	
Wet op de Archeologische Monumentenzorg	Reconstructie weg, aanbrengen wegverhardingen; Aanleggen/verleggen van: - werkterreinen - werkwegen - (water)wegen - tijdelijk gronddepot - kabels, leidingen, rioleringen - duikers	8 weken + 6 weken bezwaartijd	Gemeente	Archeologisch (voor)onderzoek is verplicht in attentiegebieden. Indien nodig, aanpassing bestemmingsplan via projectbesluit
Wet milieubeheer	Inrichten werkterreinen/ ketenparken	6 maanden + 6 weken bezwaartermijn	Provincie	Mogelijk ook archeologische bescherming.
Telecommunicatie-wet, privaatrecht	Omleggen/verwijderen bestaande kabels en leidingen; Aanbrengen van kabels en leidingen	6 weken	Melding/ overeenstemming gemeente, (grond)eigenaar, kabel-beheerder	Gem. verordening
Wet geluidhinder (zie ook Wet milieubeheer)	Geluidshinder van verkeer of werkzaamheden aan infra	9 maanden + 6 weken bezwaartermijn	Provincie / Min. van I&M	

Figuur 4.13b Overzicht ontheffingen en vergunningen.

- Eventueel aanvragen van een ontheffing ex artikel 75 van de Flora- en faunawet, in het geval dat overtreding van de verboden niet kan worden voorkomen.
- Toezicht op naleving van het protocol en de ontheffingsvoorwaarden bij de realisatie van de faunavoorziening.

Door in de ontwerpfaserekening te houden met beschermde soorten kunnen conflicten met de Flora- en faunawet meestal worden voorkomen. Een zogenoemde quickscan is in deze fase heel zinvol: op basis van bestaande gegevens en een veldbezoek door een deskundig ecoloog wordt bekeken of beschermde soorten (kunnen) voorkomen. De quickscan geeft een basis voor (aanpassing van) het ontwerp en zicht op eventueel benodigd vervolgonderzoek. Meer informatie over de Flora- en faunawet is te vinden in de brochure 'Buiten aan het werk' van het ministerie van EZ (2005).

Voor kleine bouwprojecten is de aanvraagprocedure voor een ontheffing Flora- en faunawet geïntegreerd in de Wet algemene bepaling omgevingsrecht (Wabo). Met deze wet zijn 25 bouw-, milieu-, natuur- en monumentenvergunningen tot één omgevingsvergunning samengevoegd.

4.4.2 Natuurbeschermingswet 1998

Een groot aantal natuurgebieden in Nederland kent een wettelijke bescherming op grond van de Natuurbeschermingswet 1998: vogelrichtlijngebieden, habitatrichtlijngebieden en beschermde natuurmonumenten. Ingrepen in of nabij deze gebieden moeten zorgvuldig worden voorbereid en zijn vaak vergunningplichtig. De provincie is hiervoor het bevoegd gezag. Dit geldt in beginsel ook voor faunavoorzieningen. Wanneer ze worden aangelegd in het kader van een door de minister of gedeputeerde staten goedgekeurd beheerplan zijn ze echter vrijgesteld van de vergunningplicht. Het kan daarom raadzaam zijn om wensen voor faunavoorzieningen tijdig in beheerplannen op te nemen. Ook wanneer het zeker is dat de aanleg van de faunavoorziening geen gevolgen heeft voor de habitats en soorten of de wezenlijke kenmerken van het gebied, kan een verdere afstemming met de Natuurbeschermingswet 1998 achterwege blijven. Bij veel kleinere voorzieningen zal hier in de meeste gevallen sprake van zijn.

Bij grote faunavoorzieningen kan in sommige gevallen niet bij voorbaat worden uitgesloten dat voor de instandhoudingsdoelen voor het gebied significante effecten optreden, ook al levert de aanwezigheid van de faunavoorziening grote voordelen op voor de in het gebied levende populaties. Aan de hand van een passende beoordeling moet dan worden onderzocht wat de aard en de omvang van deze effecten is, en welke maatregelen hiertegen kunnen worden genomen. In beginsel kan vervolgens slechts een vergunning worden gegeven wanneer zeker is dat de natuurlijke kenmerken van het gebied niet worden aangetast. Maken de faunavoorzieningen onderdeel uit van een Tracébesluit, dan is het ministerie van Economische zaken (EZ) het bevoegd gezag.

4.4.3 Boswet

Voor de aanleg van een faunavoorziening kan het noodzakelijk zijn dat een (deel van een) bos moet worden gekapt om ruimte te krijgen, bijvoorbeeld voor de aanleg van een talud naar een ecoduct. In dat geval treedt de Boswet in werking. Het doel van de Boswet (1961)



Figuur 4.14 Aanleg kleine faunatunnel (foto: Arfman).



Figuur 4.15 Aanleg rasters en amfibieschermen (foto: Arfman).

is de instandhouding van het Nederlandse bos. Iedereen die bomen of bos wil kappen, die onder de Boswet vallen moet dit van te voren melden. Het gekapte bos moet vervolgens opnieuw worden ingeplant of op een andere plek worden gecompenseerd. Aan deze compensatie zijn voorwaarden verbonden.

De Boswet is van toepassing op alle bossen en houtopstanden groter dan 10 are of - in geval van rijbeplantingen - meer dan twintig bomen die gelegen zijn buiten de zogenaamde 'bebouwde kom Boswet'. Er zijn een reeks van uitzonderingen waarbij bomen niet onder de Boswet vallen. Eén daarvan is dat als bos moet wijken voor bouwwerken (huizen, wegen, parkeerplaatsen et cetera) die zijn goedgekeurd in een bestemmingsplan er geen kapmelding nodig is. Een andere uitzondering heeft betrekking op houtopstanden die in eigendom en beheer van Rijkswaterstaat zijn. In een samenwerkingsovereenkomst tussen het ministerie van Infrastructuur & Milieu (IM) en het ministerie van Economische zaken (EZ) is vastgelegd dat ook bestanden kleiner dan 10 are en bomenrijen met 20 of minder bomen alle bomen 1 op 1 moeten worden herplant (Osinga, 1999). ProRail kent zo'n regeling niet.

Het Ministerie van Economische zaken (EZ) verleent ontheffingen en uitstel in het kader van de Boswet. De provincies doen alle uitvoerings- en handhavingstaken en adviseert het ministerie. Desalniettemin is het slim de gemeente te raadplegen over het besluit van het ministerie van EZ en te vragen of de gemeente nog wensen en/of opmerkingen heeft. Dit voorkomt discussies met de gemeente tijdens de uitvoering.

4.4.4 Spoorwegwet en Wet beheer Rijkswaterstaatswerken

Bij werken aan of bij het spoor of de weg dient men zich te houden aan de Spoorwegwet, respectievelijk Wet beheer Rijkswaterstaatswerken (WbR). Daarin staat onder andere dat het verboden is om binnen de zogenaamde vergunninggrenzen werkzaamheden uit te voeren. Als vuistregel geldt voor het spoor een gebied van 11 meter vanaf het spoor. Dit geldt zowel voor de aanleg van voorzieningen als het beheer ervan. Een vergunning kan bij de Minister van Infrastructuur en Milieu worden aangevraagd. ProRail handelt de aanvragen ten aanzien van het spoor af.

4.4.5 Tracéwetprocedure en Crisis- en herstelwet

De spelregels voor de besluitvorming over grote infrastructurele projecten zijn in drie wetten vastgelegd: de Tracéwet, de Wet milieubeheer en de Algemene wet bestuursrecht. Samen vormen zij de 'Tracéwetprocedure'. De minister van Infrastructuur en Milieu is verantwoordelijk voor een goede toepassing van de regels. Zij neemt ook de belangrijkste besluiten binnen de Tracéwetprocedure. Via de Tracéwetprocedure worden onder andere de ecologische gevolgen van een nieuwe weg of een grote constructie geïnventariseerd en het tracé met bijbehorende inpassing in het landschap, ontsnipperingsmaatregelen en natuurcompensatie vastgesteld.

Begin 2011 is de Tracéwetprocedure vereenvoudigd, waardoor bouwprojecten sneller kunnen worden uitgevoerd. Dit is een uitvloeisel van de Crisis- en herstelwet (Chw) van 2010. Naast aanpassingen van wetten maakt deze Crisis- en herstelwet het tijdelijk stroomlijnen van bestuursrechtelijke procedures mogelijk voor bepaalde categorieën ruimtelijke en infrastructurele projecten. Deze projecten kunnen daardoor sneller worden gerealiseerd. In maart 2013 is de looptijd van de Chw voor onbepaalde tijd verlengd, tot de inwerkingtreding



Figuur 4.16 - 4.19 Aanleg van ecoduct de Borkeld (A1),
onderste foto: het met schanskorven opgebouwde talud.

van de Omgevingswet en de wijziging van de Algemene wet bestuursrecht. De Chw zal hierin opgaan.

4.4.6 Planologische procedures

Vergunningen

Om te bouwen heb je een omgevingsvergunning nodig en meestal ook nog wat andere vergunningen of ontheffingen (tabel 4.13 a en b). Sinds oktober 2010 is de Wet algemene bepalingen omgevingsrecht (Wabo) van kracht. Deze wet regelt de omgevingsvergunning, waarmee 25 bouw-, milieu-, natuur- en monumentenvergunningen in één keer kunnen worden aangevraagd. Het gaat om vergunningen inzake de volgende wetten:

- Flora- en faunawet,
- Kernenergiewet,
- Monumentenwet 1988,
- Natuurbeschermingswet 1998,
- Ontgrondingenwet,
- Wet bescherming Antarctica,
- Wet bodembescherming,
- Wet geluidhinder,
- Wet inzake de luchtverontreiniging,
- Wet milieubeheer,
- Wet ruimtelijke ordening,
- Waterwet en
- Woningwet.

De Wabo vervangt deze wetten niet volledig. De Wabo vereenvoudigt slechts de aanvraagprocedure van de 25 vergunningen in relatie tot bouwactiviteiten. Hiervoor is een website geopend: www.omgevingsloket.nl. De omgevingsvergunning kan ook bij de gemeente worden aangevraagd.

Met de inwerkingtreding van de Wabo is ook de regeling voor vergunningsvrij bouwen aangepast. Zo zijn de mogelijkheden om zonder omgevingsvergunning te bouwen verruimd voor die gevallen waarin het geldende bestemmingsplan dit toelaat. De voorschriften voor vergunningvrij bouwen zijn opgenomen in bijlage II van het Besluit omgevingsrecht. Kleine faunavoorzieningen, zoals kleine faunatunnels en rasters, vallen waarschijnlijk onder deze regeling.



Figuur 4.20 Aanleg roostertunnel in een zijweg (foto: Arfman).



Figuur 4.21 Klaphek voor wandelaars (foto: Arfman).

Toetsen aan bestemmingsplannen

Naast de benodigde vergunningen moeten ook de voorzieningen zelf aan het bestemmingsplan worden getoetst. Bij bestemmingen zijn vaak bepalingen van toepassing, waarin wordt vastgelegd wat wel en niet mogelijk is binnen een bestemming. Het kan zijn dat door de aanleg van een faunavoorziening een bestemmingswijziging nodig is. De gemeenteraad is bevoegd, ter verwezenlijking van een project van gemeentelijk belang, een projectbesluit te nemen. De bestemmingsplan procedure wordt dan gefaseerd doorlopen, wat tijd spaart. De gemeenteraad beslist binnen 12 weken na de termijn van de ter inzage legging. Tegen de vaststelling van het projectbesluit kan beroep worden ingesteld bij de rechtbank. Bij het instellen van beroep zijn de algemene bepalingen ten aanzien van beroep op overheidsbesluiten van de Algemene wet bestuursrecht (Awb) van toepassing. Dit kan uiteindelijk toch tot vertraging leiden. Het loont daarom de moeite om voorafgaand aan het ontwerpproces na te gaan welke mogelijkheden het bestemmingsplan biedt, en indien mogelijk, de uitgangspunten voor het ontwerp hierop aan te passen.

Ruim voor de planologische procedure voldoende tijd in

Het aanvragen van vergunningen en ontheffingen vergt veel tijd, mede doordat de procedureduur weken of maanden in beslag neemt (zie tabel 4.13 a en b). Bij het opstellen van een planning ten behoeve van de voorbereiding moeten het aanvragen van vergunningen en het toetsen aan het bestemmingsplan worden meegenomen. Houdt ook rekening met de geldigheidsduur van vergunningen en de tijd die moet liggen tussen het uitvoeren van een vergunningsplicht (bijv. het realiseren van compenserende maatregelen) en de start van het project. Daarnaast dient nog een terugkoppeling plaats te vinden tussen enerzijds het ontwerp en de uitvoering en anderzijds de voorwaarden waaronder de vergunningen zijn verleend.

4.5 Verificatie en validatiemethode

In de Ontwikkeelfase worden de functies, eisen en oplossingen op elkaar afgestemd en vastgelegd in een Systeem Specificatie. Informatie uit het veld, uit documenten of van belanghebbenden kan aanleiding zijn de ideeën over oplossingen aan te passen en de Systeem Specificatie bij te stellen. Na elke aanpassing moet worden gecontroleerd of de Systeem Specificatie nog voldoet aan de Klant Eisen Specificatie. Op welke manier deze controle gebeurt en welke criteria worden gehanteerd moet van tevoren worden vastgelegd. Zie § 3.5 voor voorbeelden van verificatie en validatiemethoden.

4.6 Oplossing uitwerken

De volgende stap is het uitwerken van de oplossingsrichting. Dit is een iteratief (zich herhalend) proces, waarbij van grof naar fijn wordt gewerkt. Bij elke aanpassing van het ontwerp wordt gecontroleerd of de oplossing nog voldoet aan de Klant Eisen Specificatie. Uiteraard moeten de kosten binnen het beschikbare budget blijven. Inmiddels is redelijk goed bekend wat de kosten van de verschillende typen faunavoorzieningen zijn. Deze zijn bij Rijkswaterstaat en ProRail op te vragen.

Als we het dan toch over de kosten hebben, is het goed te realiseren dat voorkomen meestal goedkoper is dan genezen. Dit gaat zeker op bij nieuwbouwprojecten. Bij nieuwe

Vraagspecificatie faunaverbinding A74

Bij de aanleg van de A74 was ter hoogte van een natuurlijke steilrand een grote onderdoorgang gepland met bovenaan ook nog een loopstrook. Doelsoorten waren laatvlieger, kleine marterachtigen, das, reptielen en amfibieën. De relevante functionele contracteisen waren als volgt.

- Ecologische verbindingen dienen fauna te dragen en te geleiden.
- Faunaverbinding voor kleinwild dient de gebieden ter weerszijden van de Hoofdwegen met elkaar te verbinden voor kleine marterachtigen, das, reptielen en amfibieën op locaties Onderdoorgang Steilrand, Overgang Ulingsheide en Faunastrook Parallel aan de Rijksweg 74.
- De steilrand van Onderdoorgang Steilrand dient onder Viaduct Steilrand beschermd te zijn tegen erosie; vormgeving en materiaalgebruik van de bescherming dient zodanig te zijn dat het beeld van een intacte, natuurlijke, aaneengesloten steilrand zoveel mogelijk in stand wordt gehouden.
- De steilrand van Onderdoorgang Steilrand onder Viaduct Steilrand dient aantrekkelijk en beloopbaar te zijn voor das, kleine marterachtigen, reptielen en amfibieën.
- Onderdoorgang Steilrand dient ten oosten van de Wilderbeek onderaan de steilrand over de gehele lengte van Viaduct Steilrand te zijn voorzien van een stobbenwal met een breedte en hoogte van beide minimaal 1 en maximaal 1,5 meter.
- Hellingen in de aansluiting van de loopstrook in Onderdoorgang Steilrand boven aan de steilrand onder Viaduct Steilrand op de omgeving, de dienen maximaal 1:4 te bedragen.

Veel van deze eisen waren te abstract om in een ontwerptekening op te nemen. De opdrachtnemer heeft deze abstracte eisen volgens SE-systematiek afgeleid tot detaileisen met een niveau dat praktische uitvoerbaarheid mogelijk maakte. Dit is door Rijkswaterstaat vastgesteld in enkele procestoetsen en in informele terugkoppelingen door de opdrachtnemer aan Rijkswaterstaat.

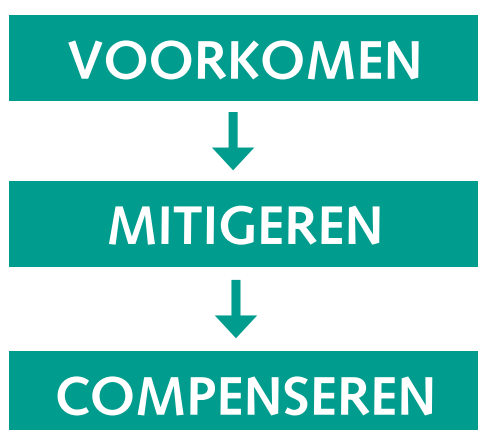


De foto toont het resultaat. Hierop is onder meer te zien:

- Bij het verwijderen van de beplanting op het talud heeft de opdrachtnemer grote stobben laten zitten, die kunnen dienen als schuilplaatsen en geleiding.
- Het talud is afgedekt met jute, dat gemakkelijk beloopbaar is en een natuurlijke uitstraling heeft.
- Behalve de stobbenwal onder aan de steilrand zijn ook op het talud stobben en wiepenrollen aangebracht, als geleiding en schuilgelegenheid.
- De stobben en wiepen zijn zodanig gepositioneerd dat geleiding zowel vanaf het hoogplateau (bovenzijde van de steilrand), als vanaf het middenplateau (onderzijde steilrand) wordt bereikt.

Figuur 4.22 Voorbeeld van de functionele contracteisen in een vraagspecificatie en de uitvoering daarvan door de aannemer (foto: Victor Loehr).

infrastructuur wordt daarom vaak de strategie *voorkómen-mitigeren-compenseren* toegepast. Wanneer binnen de technische en financiële randvoorwaarden mogelijkheden zijn om



versnipperingseffecten te voorkómen, dan heeft dit de voorkeur. Gedacht kan worden aan een goede tracering en inpassing van nieuwe infrastructuur, zowel in horizontale als in verticale zin, en aan het opheffen of verkeersluw maken van bestaande wegen die door de aanleg van de nieuwe weg overbodig zijn geworden. Ook het ontzien van de oorspronkelijke beplanting tijdens de aanleg van de faunavoorziening en de weg heeft grote voordelen. De schade aan leefgebied of verbindingzone is dan minimaal en deze hoeft achteraf niet te worden hersteld. Tevens blijven zo vluchtmogelijkheden beschikbaar als eventueel aanwezige dieren tijdens de uitvoering van het werk worden verstoord. Wegontwerpers en ecologen moeten in dit stadium samen zoeken naar creatieve oplossingen die tot optimale resultaten leiden.

Wanneer negatieve effecten niet kunnen worden voorkomen, kunnen faunavoorzieningen worden ingezet om negatieve effecten zoveel mogelijk te mitigeren (verzachten). Alleen wanneer ook deze maatregelen onvoldoende oplossing bieden, is compensatie nodig. Dit moet echter zoveel mogelijk worden voorkomen, omdat compensatie veel tijd vergt en daarmee uitstel van de werkzaamheden. Werkzaamheden kunnen pas beginnen als de compenserende maatregelen zijn uitgevoerd en bewezen is dat de compensatie werkt. Dit laatste staat van te voren niet vast.

Bij bestaande wegen zijn de oplossingsmogelijkheden beperkter, maar er kan mogelijk wel gebruik worden gemaakt van bestaande kunstwerken. Denk bijvoorbeeld aan fiets- of veetunnels die, met wat aanpassingen, ook door fauna kunnen worden gebruikt.

4.7 Vraagspecificatie

Uiteindelijk leidt het specificatieproces tot een ontwerp dat moet worden gerealiseerd. Bij Design en Construct-contracten is dit ontwerp niet tot in detail uitgewerkt. De aannemer heeft voldoende vrijheid om met een eigen voorstel voor het eindproduct te komen. De vraagspecificatie geeft de randvoorwaarden (functionele contracteisen) waar het eindproduct aan moet voldoen. Figuur 4.22 beschrijft een voorbeeld en wat dit als eindproduct opleverde.

Maandtabel

Voorziening	Onderdeel	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
1 Amfibieënpool	pool												
2 Amfibieënscherm/-geleidewand*	scherm/geleidewand												
	looppad												
3 Amfibieëntunnel*	tunnel (ingang en buis)												
4 Boombrug constructie	constructie												
5 Brug met doorlopende oever	doorlopende oever												
6 Brug en duiker	looprichel-/plank												
7 Ecoduct/natuurbrug	Loopstrook en aanlooptalud												
	geluid- en zichtscherm												
	drinkpoel												
8 Geleidende beplanting**	beplanting												
9 Grote brug of viaduct	loopstrook												
10 Grote faunatunnel	tunnel (ingang en buis)												
11 Hop-over**	beplanting												
12 Kleine fauna-/dassentunnel	tunnel (ingang en buis)												
	inspectieput												
	grindkoffer												
	lichtkoker												
13 Loopplank/grondnam	loopplank/grondnam												
14 Oeverwaluvenverblijf***	wand												
15 Raster, elektrisch	draad/raster												
16 Raster, grote zoogdieren	palen, gaas- en draadwerk												
	wildrooster												
	uittreeplaats/insprong												
	werkpoort												
	zwijnenpoort												
17 Raster, kleine zoogdieren	palen, gaas- en draadwerk												
	terugkeerluik												
	uittreeplaats/insprong												
	werkpoort												
18 Stobbenwal	stobbenwal												
19 Tunnel en viaduct	loopstrook												
20 Viaduct	loopstrook												
	geluid- en zichtscherm												
21 Vleermuisverblijf	verblijf												

Toelichting

De maandtabel geeft per onderdeel van een voorziening aan in welke maand geïnspecteerd moet worden. Donkergroen betekent dat alle aandachtspunten bij de inspectie moeten worden betrokken, lichtgroen dat alleen hoeft te worden gelet op vandalisme en zwerfvuil.

*) inspectie in december of januari en in juni of juli.

**) inspectie in juni of juli en in september of oktober.

***) inspectie in één van de aangeduide maanden.

 alle aandachtspunten moeten bij de inspectie worden betrokken.
 er hoeft alleen worden gelet op vandalisme en zwerfvuil.

Figuur 5.1 Maandtabel inspectierondes.

5 Inspectie, beheer en onderhoud

5.1 Inleiding

Het functioneren van faunavoorzieningen is grotendeels afhankelijk van een adequaat beheer en onderhoud. Door verstopping met bladeren en takjes, door inspoelen van aarde en ander materiaal, door dichtgroeien van de ingang en beschadigingen aan een faunaraster, kan het functioneren van een passage worden bemoeilijkt of kunnen voorzieningen zelfs onbruikbaar worden. Ook de inrichting en het beheer van de omgeving zijn belangrijk, want hier bevinden zich de elementen die de dieren naar de faunavoorziening moeten leiden. Denk bijvoorbeeld aan lijnvormige structuren, zoals sloten, heggen en bosranden. Dit hoofdstuk behandelt het beheer, het onderhoud en de inspectie van faunavoorzieningen zelf; de dragende constructie is buiten beschouwing gelaten. Hier hebben Rijkswaterstaat en ProRail aparte richtlijnen en voorschriften voor.



Figuur 5.2 Voor inspectie en onderhoud is het handig de plaats waar zich een faunapassage bevindt, te markeren. Bijvoorbeeld op het raster.

Beheer en onderhoud van faunavoorzieningen is direct verbonden met beheer en onderhoud van groen in de omgeving van infrastructuur. Als basis hiervoor hanteert Rijkswaterstaat de 'Leidraad beheer groenvoorzieningen' (Keizer *et al.*, 2013). Dit is een verplicht te gebruiken document bij het opstellen van groenbeheerplannen in de regionale diensten. Het bevat tevens richtlijnen voor de adviseur groenbeheer hoe in de contractfase gehandeld moet worden om de kwaliteit van het groenbeheer te borgen. De contracteisen waar een aannemer aan moet voldoen worden genoemd, maar staan ook in een apart document: Kader beheer groenvoorzieningen (Rijkswaterstaat, 2013).

Er is ook een boekje waarin per faunavoorziening kort de mogelijke gebreken die kunnen optreden worden beschreven (den Ouden & Piepers, 2008). Tevens staat hierin voor elke voorziening de beste tijd van het jaar om de inspectie uit te voeren (zie figuur 5.1).

5.2 Beheer en onderhoud

Bij het beheer van faunavoorzieningen gaat het met name om het beheer van de vegetatie. Vegetatie moet onderhouden worden om er voor te zorgen dat het zijn functie behoudt (geleiding of schuilgelegenheid aan fauna bieden) of om te voorkomen dat het de functie van (een onderdeel van) een faunavoorziening in de

weg staat (bijvoorbeeld hoog gras voor de ingang van een kleine faunatunnel). Omdat makkelijk te voorspellen is wanneer dit onderhoud nodig is kan het in een beheerplan worden opgenomen. Hieronder wordt voor een selectie van mogelijke faunavoorzieningen aangegeven welk beheer noodzakelijk is.

Ecoducten

De ervaring leert dat aan de inrichting zelf weinig tot geen onderhoud nodig is. Inzetten van grote grazers is in veel gevallen voldoende om de beplanting in toom gehouden. Indien bomen in de toekomst een omvang bereiken waardoor ze een gevaar voor de weggebruiker vormen, dienen deze te worden verwijderd of afgezet. Bij ecoduct Boerskotten wordt per jaar 75 % van de vegetatie gemaaid en afgevoerd, 10 % van de beplanting wordt teruggezet.



Figuur 5.3 Bij inspectie moet worden bekeken of werkpoorten gesloten zijn en blijven.



Figuur 5.4 Gebruik van de loopstroken door hengelaars werkt ongunstig en moet ontmoedigd worden.

Aandachtspunt bij het beheer is het instandhouden van de beoogde structuur van de beplanting. Bij het inzetten van grote grazers moet worden voorkomen dat deze dieren bepaalde delen van het ecoduct niet te veel betreden; bijvoorbeeld de oevers van poelen, waardoor deze te veel worden beschadigd en de oevervegetatie verdwijnt.

Grote brug of viaduct, natuur onderlangs

De vegetatie onder en nabij deze voorziening zal eenmaal per jaar moeten worden gemaaid om te voorkomen dat de voorziening dichtgroeit. Ook de beplanting wordt door elk jaar een klein deel te snoeien (10%) in toom gehouden. Ook hier is het van belang dat de beoogde structuur in stand wordt gehouden.

Faunatunnels

Het beheer van faunatunnels bestaat uit het vrijhouden van ingangen en doorgangen van begroeiing, waarbij wel voldoende dekking voor de dieren over blijft. Ook zal regelmatig de grondlaag in de buisingangen en het grondlichaam of het talud naar de ingang moeten worden aangevuld. Een goede constructie van de tunnel (hoogste punt in het midden of op één oor liggend) voorkomt dat water en afval zich in het midden verzameld. Ingewikkelde constructies om dit deel van de tunnel te onderhouden zijn dan niet nodig.

Ecoduikers

De ingangen van de duikers moeten regelmatig worden vrijgemaakt van begroeiing zodat de loopplanken goed bereikbaar blijven. Door het maaien van de watergangen en het stromen van het water zal vuil achterblijven in en voor de ingang van de duiker. Dit moet worden verwijderd. Daarnaast moet het hout van de loopplanken tijdig worden vervangen.

Boombrug

Het beheer van de boombrug bestaat uit het verwijderen van afgevallen takken. De toegangen tot de brug moeten vrij blijven door het snoeien van de aangrenzende bomen.

Hop-over

De hop-over wordt, afhankelijk van de soort waarvoor deze is bedoeld, uitgevoerd met opgaande houtige beplanting of kruidachtige vegetatie. De beplanting moet één keer per tien jaar worden teruggezet om de gewenste hoogte en samenstelling te houden. Het terugzetten gebeurt gefaseerd. Per jaar wordt 10% verspreid over het areaal teruggezet. De vegetatie onder de boom moet volgens het groenbeheerplan worden gemaaid.

Is een houten constructie gebruikt (zie bijvoorbeeld figuur [8.91](#)) dan is mogelijk minder onderhoud nodig, maar dit moet tijdens inspecties natuurlijk worden gecontroleerd

Viaduct met faunavoorziening bovenlangs

Het maaibeheer is afhankelijk van de functie en de doelsoorten waarvoor de faunavoorziening is aangelegd. Meestal is één maal per jaar maaien en maaisel afvoeren nodig, maar soms kan dit minder vaak gebeuren. Daarnaast vindt zonodig herstel van de vegetatie plaats, waarbij onbegroeide delen opnieuw worden bewerkt en ingezaaid. Bij



Figuur 5.5 Faunapassage niet gebruiken voor opslag materieel en slaapplek.

gebruik van een stobbenwal moet de wal zonodig worden aangevuld en opnieuw worden vastgelegd. De vegetatie aan de randen van de wal wordt met een bosmaaier gemaaid. Houtige planten die zich midden in de wal vestigen moeten handmatig worden verwijderd. Bomen mogen niet hoger worden dan 3 m.

Tunnel of viaduct met faunavoorziening onderlangs

Doorgaans wordt hier een stobbenwal of stenig materiaal als geleiding aangelegd. Het beheer hiervan bestaat uit het zo nodig aanvullen van de stobbenwal of het stenig materiaal, zorgen dat er voldoende holten in zitten en het vastleggen van het materiaal. Zie verder Viaduct met faunavoorziening bovenlangs.

Brug en duiker met faunavoorziening

Naast het maaien en afvoeren van de vegetatie zijn meestal periodiek herstelwerkzaamheden aan de loopplank nodig. Ook het achterblijvende drijfvuil moet worden verwijderd.

Rasters

Kapotte rasters moeten zo spoedig mogelijk worden hersteld. Door een kapot raster kunnen onnodig veel faunaslachtoffers in het verkeer vallen. Verreweg de meeste beschadigingen aan het raster ontstaan door maaierwerkzaamheden en aanrijdingen. Daarnaast worden rasters door vallende takken, vandalisme en het beklimmen door mensen beschadigd. Het herstel bestaat uit het dichten van gaten, rechtzetten van palen en het opnieuw aanspannen van het raster. Ook zal soms nieuw raster moeten worden geplaatst.

Hier en daar worden faunarasters gecombineerd met veekeringen. Het is dan aan te raden beheerovereenkomsten af te sluiten met de aangrenzende eigenaar/gebruiker. De ervaringen met een gecombineerd raster zijn niet overal positief. De faunarasters zijn vaak niet tegen het vee bestand.

Maaibeheer

Veel voorzieningen liggen in de berm. Het bermbeheer verschilt per regio en is vastgelegd in een groenbeheerplan. Bij ecologisch bermbeheer bestaat het beheer uit het extensief maaien en afvoeren van het maaisel. Het maaien vindt één of twee maal per jaar plaats. Op een aantal locaties vindt ruigtebeheer plaats, hier wordt één maal per twee tot drie jaar gemaaid en wordt het maaisel ook afgevoerd. Klepelbeheer wordt afgeraden en is binnen Rijkswaterstaat niet eens toegestaan; de schade aan de vegetatie en fauna daarin is te groot.

Beschadigingen aan rasters en schermen worden in veel gevallen veroorzaakt door maaierwerkzaamheden. Door beschadigingen aan de zinklaag ontstaat eerder roestvorming. Om dit te voorkomen kan in het onderhoudscontract worden afgesproken dat een halve meter vanaf het raster niet met groot materieel, maar met een bosmaaier wordt gemaaid. Ook kan ervoor worden gekozen om de strook naast het raster helemaal niet meer te maaien. Maaischade komt dan niet meer voor. Het raster raakt begroeid waardoor het niet meer in het zicht staat. Nadeel is echter dat dieren door gebruik te maken van de begroeiing over het raster kunnen klimmen. Hierdoor is dit alleen bij een grofwildraster toepasbaar. Ook bemoeilijkt een begroeid raster het inspecteren ervan. Om een raster optimaal te kunnen



Figuur 5.6 SE-stappen Inspectie en Onderhoud

Aandachtspunten bij het ontwerp en de uitvoering ten behoeve van het beheer

- Reserveer langs rasters ruimte voor beheer en slootonderhoud, indien nodig hiervoor grond aankopen.
- Inspectieputten buiten rasters houden zodat ze vanaf de weg te inspecteren zijn.
- Zorg ervoor dat, in verband met het inspecteren en beheren van faunavoorzieningen, rasters ter hoogte van faunavoorzieningen overklimbaar of passeerbaar zijn voor mensen.
- Bij rasters die naast kering van wilde dieren nog een andere functie als bijvoorbeeld veekering hebben, zorgen voor een onderhoudscontract met daarin opgenomen de eigenaar en welke verplichtingen hij heeft. Let hierbij met name op de aansprakelijkheid.
- Talud naar ingang buis mag niet steiler zijn dan 1:4, mede om maaien mogelijk te maken.
- Inspectieputten en buizen moeten geschikt zijn voor de zwaarste verkeersklasse (60) zodat er altijd zwaar materieel over kan rijden.
- Streef naar eenheid in materialen binnen een beheereenheid/gebied in verband met bestellen en herstellen van materialen en voorzieningen.
- Streef naar het gebruik van duurzame materialen, die lang meegaan én niet schadelijk zijn voor het milieu en de fauna
- Geleidende beplanting dient aangesloten te zijn op elementen uit het omringende landschap en op de faunavoorzieningen, zodat faunavoorzieningen, ecologische verbindingzones en natuurgebieden één aaneengesloten geheel vormen.
- Zorg ervoor dat de locatie van de faunavoorzieningen is te herkennen door de inspecteur, bijvoorbeeld door groene reflectoren op te hangen (zie figuur 5.2).
- Zorg ervoor dat voorzieningen niet in kunnen regenen en bij zware regenbuien onder water komen te staan als gevolg van inspoelend regenwater of opstijgend grondwater.

Figuur 5.7 Aandachtspunten bij het ontwerp en de uitvoering ten behoeve van inspectie en beheer.



Figuur 5.8 Buis vrijmaken.



Figuur 5.9 Inspectieput vol met water.



Figuur 5.10 Zwerfvuil verwijderen en substraat toevoegen.



Figuur 5.11 Bergen maaisel tegen raster en tunnelingang.

inspecteren is het aan te raden het raster minimaal éénmaal per jaar vrij te maken van begroeiing.

5.3 Inspectie

Hoe goed alles van te voren ook is bedacht, er kan altijd iets fout gaan in de gebruiksfase. Na het maaien van een watergang kan bijvoorbeeld door achterblijvend vuil een loopplank in een duiker onbetreedbaar zijn of een tak is tegen het raster gevallen, waardoor dieren via de tak over het raster kunnen klimmen. Daarom is het noodzakelijk de faunavoorziening regelmatig te inspecteren. Door regelmatig te inspecteren worden problemen, die het gebruik van een voorziening belemmeren, vroegtijdig gesignaleerd.

Met inspectie wordt de technische functionaliteit van de faunavoorziening gecontroleerd. Het is eigenlijk een continue toets of de faunavoorziening nog voldoet aan de eisen die in de Systeemspecificatie staan (figuur 5.6). Daarin staan, als het goed is, naast de functionele eisen ook eisen ten aanzien van inspectie en beheer (figuur 5.7).

De voorzieningen moeten lopend worden geïnspecteerd, waarbij ook de directe omgeving wordt bekeken. Problemen en gebreken moeten niet alleen worden geregistreerd. Ook de oorzaken moeten worden achterhaald. Vaak kan dit al in het veld. Oorzaken kunnen betrekking hebben op (gebrekig) beheer, weersomstandigheden, ongeoorloofd gebruik door omwonenden, vandalisme, slijtage van materialen of het gebruik door de fauna zelf. Soms leidt het onderhoud van de voorziening tot problemen of schade, zoals hekken die niet goed worden afgesloten of maaimachines die rasters beschadigen. De oorzaken bepalen de oplossingen, maar het komt voor dat die niet kunnen worden gerealiseerd door het bedrijf dat het beheer uitvoert. Om ongeoorloofd gebruik te voorkomen moeten bijvoorbeeld verbodsborden of versperringen worden geplaatst, of is een intensievere handhaving nodig. Op het moment dat de faunavoorziening wordt opgeleverd moet duidelijk zijn wie verantwoordelijk is voor het vinden en realiseren van oplossingen voor de verschillende vormen van problemen.

Ecoducten

Op de ecoducten moet vooral de vegetatie in de gaten worden gehouden. Bomen kunnen, indien ze een zekere omvang bereiken, omwaaien en zo een gevaar opleveren voor de weggebruikers. Teveel opgaande vegetatie zorgt bovendien voor te veel schaduw, wat nadelig kan zijn voor warmteminnende soorten als dagvlinders en reptielen. Is sprake van medegebruik dan kan afval een

Aandachtspunten inspectie*Algemeen*

Voor alle voorzieningen geldt dat gecontroleerd moet worden op vandalisme, zwerfvuil en activiteiten van stropers en zwervers. De directe omgeving moet ook worden meegenomen om de geleiding naar de faunavoorziening te controleren. Bij het bepalen van het tijdstip van inspecteren moet zo min mogelijk verstoring optreden. Wanneer dat is, is afhankelijk van de soorten waarvoor de voorziening bestemd is en het seizoen waarin de inspectie plaatsvindt. Voorzieningen voor nachtdieren als de das bijvoorbeeld, kunnen het beste midden op de dag worden geïnspecteerd en amfibietunnels vlak vóór de paddentrek in het voorjaar (zie ook Den Ouden & Piepers, 2008).

Ecoducten

- Omvang van de begroeiing;
- Samenstelling en structuur van de begroeiing;
- Omgeving van en toeloop naar het ecoduct;
- Erosie.

Brug of viaduct, natuur onderlangs

- Aansluiting op de omgeving;
- Samenstelling en structuur van de begroeiing.

Grote faunatunnel

- Toegankelijkheid (geen obstakels en begroeiing);
- Aansluiting op rasters en geleidende elementen;
- Wateroverlast in de tunnel;
- Voldoende dekking bij de ingang.

Brug met doorlopende oever

- Toegankelijkheid;
- Ophoping van vuil;
- Erosie;
- Waterstanden (oever staat te vaak en te lang onder water).

Duiker met doorlopende oever

- Toegankelijkheid;
- Aansluiting op oever;
- Grondlaag;
- Ophoping van vuil;
- Staat van onderhoud van de loopplank en de steunen;
- Stabiliteit;
- Voldoende dekking bij ingang..

Kleine faunatunnel

- Toegankelijkheid (geen obstakels en begroeiing);
- Aansluiting op omgeving (aarde rond ingang niet weggespoeld/-gewaaid);
- Aansluiting op rasters en geleidende elementen;
- Wateroverlast in de tunnel, de toeloop en de inspectieput;
- Voldoende dekking bij ingang;
- Slecht sluitende putdeksels;
- Lekkage in de tunnel.

Boombruggen

- Aansluiting bomen op hangbrug;
- Obstakels hangbrug;
- Beschadigingen aan liggers, verzakkingen;
- Obstakels in Profiel Vrije Ruimte (spoor).

Hop-over

- Samenstelling en omvang beplanting;
- Obstakels in Profiel Vrije Ruimte (spoor).

probleem zijn of schade aan afschermende voorzieningen. Uiteraard moet ook de dragende constructie (vaste brug) worden geïnspecteerd.

Faunatunnels

Hoe vaak een voorziening moet worden geïnspecteerd hangt af van omgevingsfactoren, de kwetsbaarheid en de maatvoering van de voorziening. Het aantal inspecties kan variëren van twee tot twaalf keer per jaar. Indien een voorziening in een bewoond gebied ligt, is vaker inspecteren aan te raden, omdat - bijvoorbeeld - kinderen in hun spel ingangen kunnen versperren met allerlei materialen. Ook op locaties waar veel vandalisme voorkomt is vaker inspecteren nodig. Daarnaast vormen faunapassages aantrekkelijke locaties voor stropers om strikken te plaatsen, wat regelmatig inspecteren nodig maakt.



Figuur 5.13 Raster is ondergraven; sluit niet meer op maaiveld aan.

Rasters en schermen

Rasters moeten regelmatig te voet worden nagelopen, waarbij vooral wordt gelet op beschadigingen aan het raster en de aansluiting van het raster op de grond of in de grond bij ingegraven rasters. Als gevolg van maaaien, vandalisme of aanrijdingen door verkeer, kunnen rasters beschadigd raken en daardoor niet meer functioneren. Dassenpoortjes verdienen extra aandacht, omdat deze snel door begroeiing onbruikbaar raken.

Controles worden het best vlak voor het trekseizoen van de doelsoort uitgevoerd. Voor schermen naar amfibieëntunnels is dit het vroege voorjaar.

Wild- en veeroosters

Bij de controle van wild- en veeroosters moet worden gelet op:

- de deugdelijkheid van het rooster zelf (beschadigingen door voertuigen);
- de voorzieningen voor kleine dieren om uit de kuil te komen;
- de aansluiting van het raster op het rooster (zitten er gaten of kieren);
- de poort naast het rooster, indien aanwezig.

5.4 Uitvoering van inspectie en onderhoud

De verantwoordelijkheid van de onderhoudstoestand van de voorzieningen ligt bij de uitvoerder. Het district (de medewerkers leefbaarheid) heeft een toetsende taak. In het contract voor inspectie en onderhoud van infrastructuur en kunstwerken kan ook de constructie van de faunavoorziening worden meegenomen. Maar de niet-constructieve delen van de faunavoorzieningen komen in het integrale beheer- en onderhoudcontract. De werkzaamheden kunnen worden uitgevoerd door aannemers, de eigen dienst of door de beherende instantie van naastgelegen (natuur)terreinen.

Viaduct en tunnel met medegebruik door fauna

- Omvang van de begroeiing;
- Samenstelling en structuur van de begroeiing;
- Omgeving van en toeloop naar het viaduct;
- Afscherming tussen faunavoorziening en (spoor)weggebruikers.

Aquaduct met doorlopende oever

- Omvang van de begroeiing;
- Samenstelling en structuur van de begroeiing;
- Omgeving van en toeloop naar het aquaduct.

Sifon met medegebruik door fauna

- Ophoping van vuil;
- Waterstanden;
- Stroomsnelheid.

Stobbenwal

- Aansluiting op omgeving;
- Aansluiting onderling;
- Aanwezigheid van voldoende kleine holten;
- Bevestiging;
- Aanwezigheid van een faunaloopstrook naast de stobben;

Rasters:

Toegankelijkheid ten behoeve van het beheer (geen begroeiing);

- Palen (beschadiging, stand);
- Punt- en spandraden (bevestiging, spanning);
- Gaas (beschadiging, stand, sluiting)
- Aanwezigheid uitspoelingen;
- Aanwezigheid obstakels;
- Aansluiting op ondergrond;
- Aansluiting op kunstwerken;
- Controle poorten (toegankelijkheid, ruimte onder poort, afsluitbaarheid);
- Botsveiligheid (wegen);
- Obstakels in Profiel Vrije Ruimte (spoor).

Dassenpoortjes:

- Toegankelijkheid;
- Scharnieren (beschadiging, bevestiging, beweegbaarheid);
- Sluiting poortje;
- Frame (beschadiging, bevestiging);
- Funderingsplaat (beschadiging, stand);
- Aanwezigheid dwarsraster;
- Aansluiting dwarsraster op poortje en hoofdraster.

Uitspringvoorzieningen

- Toegankelijkheid;
- Aansluiting op raster;
- Aanwezigheid uitspoelingen;
- Aansluiting dwarsraster op hoofdraster;
- Botsveiligheid;
- Obstakels in Profiel Vrije Ruimte (spoor).

Figuur 5.7b Aandachtspunten inspectie.



Figuur 5.13 Kier hersteld.

Bij het uitbesteden (intern en extern) werken Rijkswaterstaat en ProRail met prestatie- of DBFM-contracten. Dit wil zeggen dat het te leveren werk aan de hand van bepaalde prestatie-eisen wordt beschreven (zie Kader beheer groenvoorzieningen, Rijkswaterstaat 2013). Als voorbereiding op een prestatiecontract is het handig om een risico-analyse van mogelijke gebreken op te stellen. Voor faunavoorzieningen zijn de gebreken die kunnen optreden al opgeschreven in de NEN 2767 (conditiemeting infrastructuur). Deze zijn echter nog niet in prestatiecontracten opgenomen (situatie juni 2011). In de risico-analyse worden alle onderdelen van een faunavoorzieningen langsgelopen en wordt bedacht welke gebreken kunnen optreden. Denk daarbij ook aan gebreken in de (dragende) constructie (bijv. de vaste brug

bij een ecoduct) die gevolgen voor de faunavoorziening kunnen hebben. Wat bijvoorbeeld te doen als de natte salamanderzone op het ecoduct Groene Woud gaat lekken? Moet de voorziening dan worden afgebroken, of is een andere oplossing mogelijk? Uit dit voorbeeld wordt meteen duidelijk dat al in het ontwerp goed moet worden nagedacht over gebreken die in de gebruiksfase kunnen optreden. Dit onderstreept nogmaals het belang van Systems Engineering bij de aanleg van faunavoorzieningen (zie hoofdstuk 2). Tevens moet de inspecteur weten voor welke diersoorten de voorziening is aangelegd en welke eisen deze soorten aan de voorziening stellen. Deze informatie moet vanuit KernGIS met het prestatiecontract worden meegeleverd. KernGIS is een GIS-bestand waarin de locatiegegevens van alle beheersobjecten van Rijkswaterstaat zijn opgenomen, zo ook de faunavoorzieningen.

De inspecteur is onafhankelijk van de beheerder waarmee het prestatiecontract is aangegaan. Eventueel roept de inspecteur een ter zake deskundige (een ecooloog of civiel technicus) te hulp voor de (begeleiding van) de inspectie.

Het inspecteren van de voorzieningen gebeurt binnen Rijkswaterstaat volgens de Richtlijnen voor inspectie en onderhoud van faunavoorzieningen bij wegen. Van de inspecties en de genomen maatregelen wordt jaarlijks (voor 1 maart) een rapportage opgeleverd. Dit rapport bestaat uit formulieren waarop per faunavoorziening de aandachtspunten staan vermeld. Tijdens de inspectie worden de punten gecontroleerd en afgevinkt op het inspectierapport. Ook worden beheeracties (reparatie, onderhoud) en tekortkomingen (ter controle van prestatiecontracten) genoteerd. Deze worden met de beherende instantie doorgenomen.

ProRail heeft voor haar techniekveld Operationeel Beheer instandhoudingspecificaties opgesteld (Onderhoudsdocument 33-4). Hierin worden voor alle structuren (hekwerk, haag, berm, faunavoorziening, monumentale bomen etc.) de eisen opgesomd waaraan deze gedurende de gebruiksfase moeten voldoen. Ook eisen ten aanzien van de uitvoering van het beheer zijn opgenomen. De beheerder dient er voor te zorgen dat aan deze eisen wordt voldaan. Het document bevat ook adviezen over de verificatiemethoden die kunnen worden toegepast.



Figuur 6.1 SE-stappen Toetsing ecologisch functioneren



Figuur 6.2 Sporenbed (zand) en faunadetector met chip voor registratie van passages. Met de laptop worden de gegevens uitgelezen en opgeslagen.



Figuur 6.3 Het sporenbed van zilverzand wordt gladgerold met een pvc-buis.



Figuur 6.4 Sporenbed (zand).



Figuur 6.5 Monitoring loopplank (inktbed), een waadpak kan van pas komen bij onderzoek langs watergangen.

6 Toetsen ecologisch functioneren

6.1 Inleiding

Zoals in hoofdstuk 2 is aangegeven is verifiëren en valideren een belangrijk onderdeel van Systems Engineering. Zowel tijdens de aanleg als daarna moet worden gecontroleerd of de faunavoorziening en diens onderdelen volgens de eisen in de Vraagspecificatie zijn gebouwd (= verifiëren) en of ze de functies vervullen waarvoor ze zijn gebouwd (= valideren). Dit hoofdstuk gaat in op dit laatste, het valideren van het ecologisch functioneren van de faunavoorziening. Dit gebeurt na de oplevering van de faunavoorziening, in de gebruiksfase. Het ecologisch functioneren wordt getoetst aan de Klant Eisen Specificatie, want daarin staat welk doel de faunavoorziening dient (figuur 6.1).

Welke methode voor het valideren van het ecologisch functioneren wordt ingezet is sterk afhankelijk van het doel waarvoor de faunavoorziening is aangelegd. In grote lijnen zijn er drie doelen (van der Grift *et al.*, 2009a):

- 1) de afname van sterfte onder fauna door aanrijdingen/verdrinking;
- 2) de afname van de barrièrewerking;
- 3) de toename in levensvatbaarheid van populaties.

Uit het woordgebruik (afname/toename) valt af te leiden dat de in te zetten methode zich over een langere tijd moet uitstrekken om veranderingen te kunnen waarnemen. Dit moet bovendien systematisch gebeuren. Het betekent ook dat bekend moet zijn wat de situatie was voordat de faunavoorziening werd aangelegd (de nulmeting), want anders is niet vast te stellen of iets is veranderd dankzij de faunavoorziening.

Het systematisch volgen van de ontwikkeling van de waarde van een bepaalde variabele gedurende een langere periode wordt 'monitoring' genoemd. Voor monitoring van faunapassages komt dit neer op het gedurende langere perioden vaststellen van de aanwezigheid van dieren in of nabij de faunavoorziening of van het passeren door/over de voorziening. Daarbij gaat het dan met name om de diersoorten waarvoor de faunapassage is aangelegd, de doelsoorten (zie § 3.3.2). De lengte van de periode is afhankelijk van de bovengenoemde doelen. De afname van sterfte onder fauna (1) is sneller vast te stellen dan een toename van de levensvatbaarheid van populaties (3). Voor dit laatste moet niet alleen het gebruik van de faunavoorziening worden onderzocht, maar ook het vaststellen van (veranderingen in) de dichtheden van de doelsoorten rondom de voorziening.

De resultaten van de monitoring kunnen ook worden gebruikt om de effectiviteit van verschillende typen faunavoorzieningen met elkaar te vergelijken, of om te achterhalen of er regionale verschillen zijn binnen één type faunavoorziening, of wat het effect van medegebruik op de effectiviteit van de faunavoorziening is, etc.. Monitoring kan ook inzicht geven in de haalbaarheid van de doelstelling van het Meerjarenprogramma Ontsnippering: "In 2018 zijn de belangrijkste knelpunten voor de realisatie van de Ecologische Hoofdstructuur opgeheven". Door tussentijds de effectiviteit van gerealiseerde voorzieningen te toetsen wordt informatie verkregen die mogelijk aanleiding is om de uitvoering van het programma bij te sturen.



Figuur 6.6 Reeënspoor.



Figuur 6.7 Uitwerpselen van das met veel schilden van mestkevers.



figuur 6.8 Konijnenhol.



Figuur 6.9 Haren aan prikkeldraad duiden passage van een dier (das) aan.

Het monitoren van de effectiviteit van faunavoorzieningen vergt veel tijd. Meestal moet gedurende meerdere seizoenen op en rond de faunavoorziening worden gemeten en moet de nulsituatie (voor de aanleg van de voorziening) worden vastgelegd. Een goede voorbereiding is daarom essentieel. Dit gebeurt door het opstellen van een monitoringplan of -programma.

6.2 Opstellen van een monitoringplan

Een monitoringplan of -programma, zoals genoemd in de vorige paragraaf, bestaat uit een aantal stappen:

- Stap 1: doelstellingen formuleren.
- Stap 2: meetdoelstellingen formuleren.
- Stap 3: parameters kiezen.
- Stap 4: methoden, technieken en capaciteit vaststellen.
- Stap 5: verwerkingsmethode vaststellen.
- Stap 6: organisatie en planning.
- Stap 7: uitvoering en rapportage.
- Stap 8: terugkoppeling of evaluatie.
- Stap 9: kosten.

Stap 1: doelstellingen formuleren

Voor het formuleren van de doelstellingen van de monitoring wordt gekeken naar de doelstellingen van de faunavoorziening en de termijn waarbinnen deze gerealiseerd moeten zijn. Was de doelstelling behoud van de populatie of seizoensmigratie mogelijk maken, dan moet de ecologische toetsing zich hier op richten.

Stap 2: meetdoelstellingen formuleren

Nadat de doelstellingen van de monitoring zijn beschreven, kunnen de meetdoelstellingen worden bepaald. Vragen als “Welke soorten gaan we monitoren?”, “Wat (verkeersslachtoffers, aantal passages etc.) gaan we monitoren?” en “Wanneer gaan we monitoren?” komen hierin aan bod. Een heel belangrijke vraag die moet worden beantwoord is: “Wanneer beoordelen we de voorziening als succesvol?” Deze meetdoelstellingen zijn bij voorkeur in cijfers uit te drukken.

Stap 3: parameters kiezen

De keuze van de variabelen is sterk locatiegebonden en afhankelijk van de twee voorgaande stappen. Van belang bij het kiezen van parameters zijn bijvoorbeeld: het type faunapassage, de gewenste nauwkeurigheid van de gegevens, de analysemethode, de afmetingen en bereikbaarheid van het proefvlak, de beschikbare middelen en de aanwezige kennis en vaardigheden.



Figuur 6.10 Passerende bruine kikker vastgelegd door infrarood-camera. Padden en vooral salamanders zijn veelal te klein en traag om op deze wijze vastgelegd te worden.

Stap 4: methoden, technieken en capaciteit vaststellen

Bij fauna is het aantal monitoringsmethoden beperkt. Het vaststellen of een bepaalde soort aanwezig is, is bij de meeste soorten wel mogelijk. In sommige gevallen is de vaststelling beperkt tot het niveau van de soortengroep (bijvoorbeeld 'salamander spec.' in plaats van 'vinpootsalamander'). In de volgende paragrafen worden de monitoringsmethoden beschreven.

Stap 5: verwerkingsmethode vaststellen

De wijze waarop de resultaten worden verwerkt en getoetst bepaalt in belangrijke mate de wijze waarop de gegevens worden verzameld. Daarom moet bij het opstellen van het monitoringplan hier al over worden nagedacht. Vaak kan met eenvoudige analyses en toetsen worden volstaan.

Stap 6: organisatie en planning

In deze stap wordt beschreven welke taken door wie worden uitgevoerd, in welke volgorde en in welk tijdsbestek. Voor faunavoorzieningen is het vooral van belang dat het onderzoek in de meest gunstige periode wordt uitgevoerd (bijvoorbeeld tijdens de voorjaartrek van amfibieën of in een periode waarin de dichtheden van bepaalde soorten het hoogst zijn, bijvoorbeeld muizen in het najaar).

Stap 7: uitvoering en rapportage

Gezien de vereiste kennis van ecologie en specifieke soorten (inclusief sporen) dienen (begeleiding van) monitoring en rapportage uitgevoerd te worden door specialisten / deskundigen. Dit kunnen ook vrijwilligers zijn. De praktijk heeft uitgewezen dat in de buurt van een faunavoorziening meestal wel een natuur(studie)vereniging actief is die bij het veldwerk wil helpen.

Stap 8: terugkoppeling

Periodiek dient de uitvoering van de monitoring - indien nodig - te worden bijgesteld op basis van tussentijdse voortgangsrapportages. Herhaaldelijke terugkoppeling naar de hoofd- en meetdoelstellingen is belangrijk. Houdt hierbij in het oog dat de uitvoering vergelijkbaar blijft met de uitgangssituatie. Streef bij aanpassingen naar eenheid in uitvoering, zowel wat betreft methoden (gelijkwaardige kwaliteit van apparatuur etc.) als wat betreft personele inzet (gelijkwaardige deskundigheid van onderzoekers).

Stap 9: kosten

Net als al het andere werk kost ook monitoring geld. Nadat alle voorgaande stappen zijn uitgedacht, kan voor de uitvoering van het monitoringplan een begroting worden opgesteld.

Methode	Geschikt voor type passage	Gevoeligheid	Benodigde deskundigheid	Benodigde tijdsbesteding	Bijzonderheden
Inktbed met papiervellen(incl. sporenbuisjes met inkt)	Kleine faunatunnels, ecoduikers, aangepaste duikers (met loopplanken); buisjes ook op ecoducten etc.	Neerslag (niet plaatsen in open lucht!)	Veldwerk hoeft niet door een deskundige uitgevoerd te worden. Sporen kunnen op een later moment worden geïnventariseerd	Vrij arbeids-intensief	Redelijk tot zeer goed determineerbare sporen
Sporenbed (fijn zand en leem)	Alle typen (minder bij medegebruik), maar niet in smalle buizen en duikers, daar alleen vóór de opening	Wind (uitdrogen), neerslag (wegspoelen, inklinken)	Groot (de sporen moeten ter plekke worden gedetermineerd; fotograferen is een optie maar tweedimensionaal en met teveel of te weinig schaduw is interpretatie lastig)	Vrij arbeids-intensief	Redelijk tot goed determineerbare sporen (afh. van plaatselijke omstandig-heden)
Infrarood-detectoren	Alle typen	Gevoelig voor vandalisme en beweging takken, gras etc. veroorzaakt door wind (ook al is afstellen gevoeligheid mogelijk)	Niet zo groot	Arbeids-extensief	Alleen geschikt om eerste indruk van gebruik te krijgen
Foto- en videoregistratie in combinatie met infrarood-detectoren of bewegings-warmtesensor	Alle typen (maar registratie amfibieën treedt sporadisch op)	Gevoelig voor vandalisme en beweging takken, gras etc.. Bewegings-warmtesensor voorkomt dit	Niet zo groot (hoeft niet ter plekke te worden gedetermineerd)	Vrij arbeids-extensief	Videofilm geef inzicht in gedrag op de faunapassage (bijv. gewenning)
Verkeerscamera's	Ecoduct / viaduct	Gevoelig voor vandalisme	Niet zo groot	Arbeids-extensief	
Haaranalyse (incl. sporenbuisjes)	Met name kleine faunatunnels, maar sporenbuisjes alle typen	Niet gevoelig	Groot (echter niet ter plekke nodig)	Extensief bij verzameling haren, zeer intensief bij determinatie	Specialistenwerk (microscopie nodig)
Reptielenplaatjes	Ecoducten	Niet erg gevoelig	Groot (muizen, reptielen, amfibieën en eventueel ongewervelde dieren ter plekke te worden gedetermineerd)	Vrij arbeids-intensief	Langs watergangen inzetbaar voor waterspitsmuis
Fluorescerende inkt	Kleine faunatunnels	Niet gevoelig	Groot (de sporen moeten ter plekke worden gedetermineerd)	Vrij arbeids-intensief	
Vleermuis-detector 'live'	Faunapassages geschikt voor vleermuizen	Niet gevoelig	Groot	Arbeids-intensief	
Vleermuis-detector 'onbemand' (Anabat)	Faunapassages geschikt voor vleermuizen	Gevoelig voor vandalisme	Niet zo groot (geluiden hoeven niet ter plekke te worden gedetermineerd)	Vrij arbeids-extensief	
Vangen met netten	Faunapassages geschikt voor vleermuizen	Niet gevoelig	Groot	Zeër arbeids-intensief	Ontheffing nodig
Vangmethoden (vallen, malaiseval, vangpotten etc.)	Alle typen	Afh. van materiaal min of meer gevoelig voor vandalisme (malaiseval meer dan muizenval bijvoorbeeld)	Groot (vraagt specifieke ecologische kennis)	Arbeids-intensief	Ontheffing nodig
Telemetrie	Alle typen	Niet gevoelig	Groot (vraagt specifieke ecologische kennis)	Zeër arbeids-intensief	Ontheffing nodig

Figuur 6.11 Gebruiksmogelijkheden van de monitoringsmethode

6.3 Methoden van monitoring

6.3.1 Monitoring van faunaslachtoffers

Doel

Evalueren of aangelegde voorzieningen het aantal faunaslachtoffers van de beoogde soorten heeft verminderd.

Methoden

Faunaslachtoffers kunnen worden geteld door in de vroege ochtend langzaam (maximaal 80 km per uur) over de weg (indien toegestaan over de eventueel aanwezige vluchtstrook) te rijden (alleen geschikt voor grotere diersoorten) of te voet de berm te volgen (ook geschikt voor kleine soorten als zangvogels en vleermuizen). In Flevoland is vastgesteld dat door langzaam rijden een kerkuil op de vluchtstrook zeer duidelijk waarneembaar was, maar dat tijdens het te voet verzamelen van dit slachtoffer twee meter verderop een dode, intacte koolmees bleek te liggen, die vanuit het rijdende voertuig was gemist (eigen waarneming). Door het vroege tijdstip is de kans kleiner dat de slachtoffers door andere dieren reeds zijn versleept of aangevreten of dat dieren inmiddels door particuliere weggebruikers zijn meegenomen (eigen waarnemingen A27: das). Elk aangereden dier wordt geïdentificeerd en geregistreerd (datum, tijdstip en exacte coördinaten van vondst).

Ook kan men per specifieke doelsoort, bijvoorbeeld das of boomarter, alle meldingen verzamelen (bijvoorbeeld " 'Dieren onder de wielen' in Vlaanderen). Bij amfibieën kunnen gegevens van paddenwerkgroepen en meldingen van anderen over knelpunten met veel dode amfibieën verzameld worden. Verder zijn politierapportages over schade door aanrijdingen met grofwild (wild zwijn, edelhert, damhert) en reewild mogelijke bronnen. Dit laatste geldt met name ook voor aanrijdingen langs het spoor. Het protocol voor het rapporteren over aanrijdingen met dieren (ook vee) is streng. Indien een machinist een aanrijding bemerkt, wordt de voorkant van de trein ter plekke eerst grondig gereinigd. Dergelijke handelingen zijn van invloed op de dienstregeling en worden dan ook nauwlettend geregistreerd. Het adequate handelen na aanrijdingen is van groot belang om de treinen zonder zichtbaar bloed op de voorkant de stations in te laten rijden (eventuele, zeer ongewenste associaties met zelfdoding worden hierdoor voorkomen).

De periode van onderzoek varieert per doelsoort. Het onderzoek moet binnen de belangrijkste trekperiodes van de doelsoorten (doorgaans voor- en najaar) iedere 7 à 14 dagen worden herhaald om een betrouwbare schatting te kunnen maken van het werkelijke aantal slachtoffers (Brandjes *et al.*, 2001). Bij deze berekeningen speelt een rol dat vrijwel dagelijks nieuwe slachtoffers vallen en tegelijkertijd circa 15% van de slachtoffers binnen twee dagen verdwijnt (door aaseters etc.), nog eens 10% in de 10 dagen daarna, maar dat na één maand nog altijd 60% van de (resten van) slachtoffers aanwezig is (mits niet doelgericht door wegininspecteurs verwijderd).



Figuur 6.12 Weginspecteurs, maar ook automobilisten, kunnen worden ingezet voor het monitoren van faunaslachtoffers. Zeker voor makkelijk herkenbare soorten als egel.



Figuur 6.13 Sporenonderzoek bij sneeuw (konijn); gunstig is dat ook kan worden waargenomen hoe de dieren vanuit de omgeving bij de faunapassage zijn gekomen.



Figuur 6.14 Infraroodvideocamera (onder) en infraroodschijnwerper aan paaltje voor ingang faunabuis, links aan boom een infrarooddetector waarmee de videocamera aangestuurd wordt bij passage van een dier.

Onderzoeksvariabelen

Per slachtoffer worden de volgende gegevens genoteerd:

- 1) Datum en tijd van vondst.
- 2) Soort en taxonomische groep.
- 3) Eventueel sekse, leeftijd etc.
- 4) Exacte locatie (aan de hand van coördinaten of hectometerpalen en aanduiding 'vluchtstrook', 'middenberm' etc.).
- 5) Landschappelijke kenmerken (en aanwezigheid rasters etc.) op de locatie.

Analyse van de gegevens

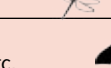
Meeteenheid: het maximum aantal van een soort of soortengroep per kilometer weg. Om vast te stellen of maatregelen noodzakelijk zijn, zal deze maat moeten worden vergeleken met de omvang en draagkracht van de (lokale) populatie. Dit laatste is alleen zinvol voor soorten waarvan reeds veel informatie over de aanwezige populatie beschikbaar is (bijvoorbeeld das) of relatief eenvoudig door gericht onderzoek beschikbaar kan komen (bijvoorbeeld bunzing en egel: Van der Grift *et al.*, 2009a). De gegevens kunnen vooral worden gebruikt voor het vaststellen van de meest potentiële locaties (knelpunten) voor de nog aan te leggen faunavoorzieningen. Indien monitoringsgegevens van voor de aanleg aanwezig zijn, kunnen die soms gebruikt worden om na te gaan of aanleg van een voorziening het aantal faunaslachtoffers heeft verminderd. Voorwaarde hierbij is dat de gegevens van voor en na aanleg op eenzelfde manier en in een vergelijkbare periode zijn verzameld en bovendien voldoende groot in aantal zijn en over een reeks van jaren zijn verzameld.

6.3.2 Monitoring van het gebruik van faunavoorzieningen

Van der Grift (2010) geeft richtlijnen voor het meten van het gebruik van faunapassages, zoals het bepalen van de doelsoorten, de locatie van de meetpunten, de meetfrequentie enzovoorts. Hieronder gaan we vooral in op de methoden die kunnen worden toegepast.

Doelen

Controleren of de faunavoorziening wordt gebruikt door de doelsoorten en met welke frequentie. Een nevendoeel kan zijn om na te gaan welke soorten er naast de doelsoorten nog gebruik van maken. Inzicht hierin kan bijvoorbeeld helpen te verklaren waarom een bepaalde doelsoort niet of nauwelijks wordt vastgesteld. Zo is gebleken dat zeer frequent gebruik van faunabuizen door huiskatten een negatief effect heeft op het gebruik door zoogdieren in het algemeen en op gebruik door muizen en amfibieën in het bijzonder (Brandjes *et al.*, 2002). Bij niet tot matig frequent gebruik door huiskatten treedt dit verschijnsel overigens niet op. Een soortgelijke relatie is gevonden voor dassen en egels: dagelijks gebruik door dassen elimineert het medegebruik door egels (en de meeste andere soorten). Het feit dat egels een prooi vormen voor dassen kan hier een verklaring voor zijn.

	Sporenbed (zand en leem)	Inktbed (plaat, buisje)	Foto- en video- regi- stratie*	Haar- analyse	Reptie- len- plaatjes	Bat- detec- tors	Fluores- cerende inkt	Zicht- en geluids- waar- neming	Vang- metho- den
Grote hoefdieren									
Edelhert 	x	-	x	0	-	-	-	-	-
Ree 	x	-	x	0	-	-	-	0	-
Wild zwijn 	x	-	x	0	-	-	-	-	-
Landgebonden roofdieren									
Vos 	x	x	x	0	-	-	0	-	-
Das 	x	x	x	x	-	-	0	-	-
Overige marterachtigen 	x	x	x	x	-	-	0	-	0
Boomgebonden zoogdieren									
Eekhoorn 	x	x	x	0	-	-	0	0	-
Slaapmuizen 	0	0	x	x	-	-	-	-	x
Watergebonden zoogdieren									
Otter 	x	x	x	0	-	-	0	-	-
Bever 	x	x	x	0	-	-	0	-	-
Waterspitsmuis Noordse woelmuis 	0	0	0	x	0	-	-	-	x
Kleine landgebonden zoogdieren									
Haas 	x	0	x	0	-	-	0	x	-
Konijn 	x	x	x	0	-	-	0	x	-
Egel 	x	x	x	0	-	-	0	0	-
Overige muizen, spitsmuizen 	0	0	0	x	0	-	0	0	x
Vleermuizen 	-	-	0	-	-	x	-	0	0
Reptielen									
Ringslang 	0	0	0	-	0	-	-	0	-
Overige slangen 	0	0	0	-	0	-	-	0	-
Hagedissen 	0	0	0	-	x	-	-	0	0
Amfibieën 	0	0	0	-	x	-	0	0	x
Grondgebonden ongewervelden									
Sprinkhanen 	-	-	-	-	-	x	-	x	x
Spinnen, loopkevers etc. 	0	-	-	-	0	-	-	0	x
Vliegende ongewervelden									
Vlinders 	-	-	-	-	-	-	-	x	-
Libellen 	-	-	-	-	-	-	-	x	-
Zweefvliegen, nachtvlinders, etc.	-	-	-	-	-	-	-	x	x
Sprinkhanen	-	-	-	-	-	x	-	x	x

x: geschikt, 0: niet optimaal, -: ongeschikt * grote en kleine dieren tegelijkertijd waarnemen vergt extra detectoren en soms camera's

Figuur 6.15 Overzicht geschikte monitoringsmethoden per doelsoort.



Figuur 6.16 Inktstempel met papiervellen op multiplexplaat.

Onderzoeksmethoden

Er bestaan diverse methoden om het gebruik van faunavoorzieningen door dieren te monitoren (zie figuur 6.15). De meest gangbare methode is aan de hand van (loop)sporen van dieren. Sporenonderzoek kan worden uitgevoerd bij aanwezigheid van sneeuw, met modderbedden, zandbedden, kleibedden, stofbedden, inktbedden in combinatie met papiervellen, prikkeldraad, sporenbuisjes, haarbuisjes etc. De gekozen methode hangt vaak af van de lokale omstandigheden, bijvoorbeeld overdekt of niet overdekt. Binnen Nederland wordt meestal gekozen voor zand- of inktbedden. Deze twee methoden worden hieronder uitgebreid toegelicht. Andere methoden worden kort behandeld en betreffen bijvoorbeeld infraroodcamera's (vooral grotere soorten zoogdieren) en de 'vangst-merk-terugvangstmethode' (voor bijvoorbeeld muizen). Let erop dat de toepassing van monitoringsmethoden ontheffingsplichtig kan zijn.

Sporenbedden (zand en leem)

Doel

Het vastleggen van pootafdrukken op sporenbedden geeft informatie over zowel de soorten als de looprichting, als de bezoekfrequentie van de soorten. Vaak is ook enige informatie over het gedrag (stap, draf, galop, 'haast', 'gescharrel', etc.) te verkrijgen. Sporenbedden worden vooral toegepast om het gebruik door (grotere) zoogdieren vast te stellen. In de meeste gevallen kan ook informatie over het gebruik door reptielen of amfibieën worden verkregen. 'Slang', 'hagedis', 'pad', 'kikker' en 'salamander' zijn goed te onderscheiden, maar het onderscheid op soortniveau, bijvoorbeeld heikikker in plaats van 'kikker', is niet mogelijk. Sporen van vogels en insecten (bijvoorbeeld loopkevers) worden zeer frequent gevonden, maar zijn eveneens weinig soortspecifiek.

Aanleg

Sporenbedden bestaan uit stroken zand (leemhoudend of bijvoorbeeld zilverzand), zo aangebracht dat alle dieren in principe 'gedwongen' worden deze te passeren. Ze moeten daarom in de looprichting 'lang' genoeg zijn om te voorkomen dat dieren er overheen springen (circa 2 meter voor grotere doelsoorten tot 1 meter voor kleinere doelsoorten volstaat). Door zowel aan beide uiteinden als ook in het midden van de faunapassage sporenbedden aan te brengen kan door vergelijking van de resultaten per zandbed vastgesteld worden of een individu de voorziening volledig passeert of alleen maar eenzijdig bezoekt. In windgevoelige situaties (bijvoorbeeld bovenop een ecoduct) is het raadzaam het zandbed iets te laten verzinken in de bodem of lage walletjes op te werpen aan beide zijden van het zandbed om de sporen enigszins te beschermen tegen vervaging door de wind tussen twee opnamemomenten. Uiteraard dient dit zodanig te gebeuren dat geen barrièrewerking ontstaat voor zeer kleine diersoorten als salamanders.

Werkwijze

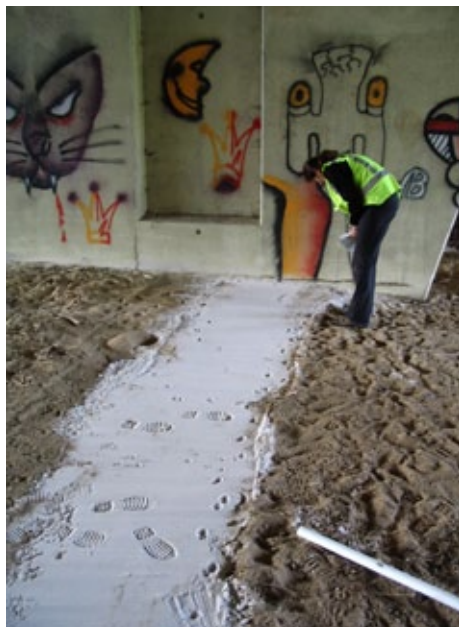
De sporenbedden moeten regelmatig worden gecontroleerd op sporen. Nadat de resultaten zijn 'uitgelezen' (datum, soort, looprichting, aantal per soort, bijzonderheden) wordt het zandbed opnieuw in conditie gebracht met behulp van een hark en vervolgens glad



Figuur 6.17 Prenten van vier soorten in zilverzand: bovenin kat en konijn, onderin kikker en kris-kras muizen.

Inktbed met papiervellen	Zandbed
Moet altijd overdekt liggen (i.v.m. neerslag), maar het creëren van een overkapping (bijv. golfplaat) is relatief eenvoudig.	Kan ook in de open lucht worden gebruikt (maar is eveneens weersgevoelig).
Kan in/op grote voorzieningen (brede doorlopende oevers / ecoducten etc.) slechts betrekking hebben op een klein deel van de totale faunapassage.	Toepasbaar over de gehele breedte van ruim gedimensioneerde faunapassages.
Sporen kunnen later worden gedetermineerd.	Sporen moeten ter plaatse gedetermineerd worden, maar fotograferen biedt uiteraard mogelijkheden voor determinatie achteraf.
Eens per week de sporenvellen verwisselen is meestal voldoende.	Bedden in de open lucht moeten iedere dag worden gecontroleerd en gladgestreken.
Sommige soorten / individuen proberen het inktbed te ontwijken (bijv. steenmarter).	Vrijwel alle soorten accepteren een zandbed.
Voor ongewervelde dieren is het inktbed schadelijk.	Voor ongewervelde dieren is het zandbed niet schadelijk.
Relatief vandalismegevoelig.	Weinig vandalismegevoelig.
Ook diep in een buis of op andere lastig bereikbare smalle loopstroken te plaatsen.	Alleen rond de opening van een buis te plaatsen.

Figuur 6.18 Voor- en nadelen van inkt- en zandbedden.



Figuur 6.19 Uitlezen van een belopen zandbed. Met de op de foto zichtbare kunststof buis wordt het zand nadien weer glad gestreken.

gestreken met een gladde plank of gerold met een kunststof buis. In geval van onzekerheid omtrent de determinatie worden de prenten gefotografeerd met een meetlint ernaast (of een ander voorwerp van bekende afmeting). De monitoring vindt plaats gedurende de periode dat verwacht wordt dat de doelsoorten actief zijn (doorgaans is de activiteit in voor- en najaar groter dan in de zomer en winter). De frequentie van de controle hangt sterk af van factoren als de weersinvloed (uitdroging, wegspoeling), frequentie van gebruik (in verband met het wissen / overlopen van elkaars sporen), betreding door mensen, honden, voertuigen etc. Voor niet overdekte situaties (bijvoorbeeld ecoducten) dienen sporenbedden afhankelijk van de doelstelling dagelijks (in de vroege ochtend) tot minimaal tweemaal per week gecontroleerd te worden. In overdekte situaties als een doorgetrokken oever onder een brug (minder invloed van regen en wind, doorgaans minder verdroging) zonder teveel verstoring door mensen volstaat een controlefrequentie van eenmaal per week. Voor meer

detailinformatie over dit onderwerp wordt verwezen naar Brandjes & Smit (1996b).

Voor- en nadelen

Nadeel van sporenbedden is dat de frequentie van het gebruik weinig zegt over het aantal individuen dat van een faunapassage gebruik maakt, omdat de aanwezigheid van veel sporen ook kan wijzen op eenzelfde individu dat vaker heen en weer loopt. Zandbedden zijn daarnaast gevoelig voor droogte, vocht en wind. Het (in geval van ecoducten) frequent dienen uitlezen van zandbedden is arbeidsintensief, maar daarentegen zijn de materiaalkosten laag en is geen sprake van voor diefstal van gevoelige apparatuur. Voordeel van de methode is verder dat ook zeer ruim gedimensioneerde faunapassages als brede ecoducten eenvoudig kunnen worden onderzocht door over de gehele breedte een sporenbed aan te brengen. In figuur 6.18 is een overzicht met voor- en nadelen van inktbedden en zandbedden opgenomen.

Inktbed

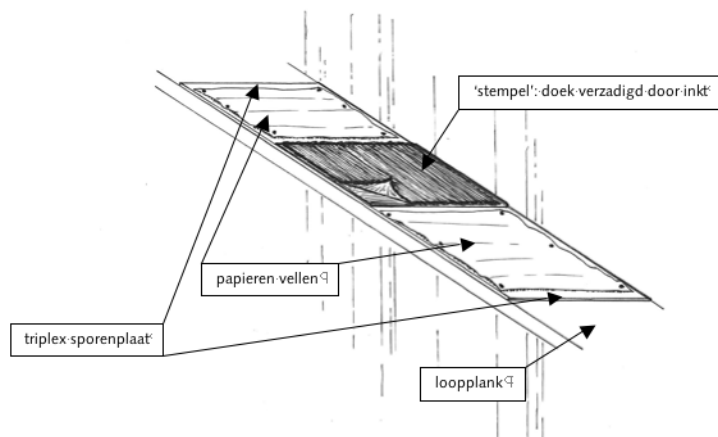
Aanleg

Een inktbed werkt als een stempelkussen. Een stuk kunstzeem (of niet-geweven absorptie keukendoek) dat is doordrenkt met een mengsel van koolstofpoeder en paraffineolie

(natuurlijke grondstoffen) doet dienst als inktkussen en aan beide zijden bevindt zich een stuk papier. Een inktbed wordt zo aangelegd dat het de gehele breedte van de faunapassage (de 'loopstrook') beslaat. Indien dit niet mogelijk is, kunnen aanvullende geleidingsmaatregelen worden aangebracht. De lengte van het inktstempel en de papieren vellen moet afgestemd worden op de lokaal te verwachten doelsoorten met de grootste sprongkracht (doorgaans vos, boommarter of steenmarter) en dient zodanig te zijn dat exemplaren van deze soorten niet eenvoudig en ongezien over te constructie heen kunnen springen. Als ondergrond voor stempel en vellen kunnen triplex platen (of de constructie zelf in geval van een



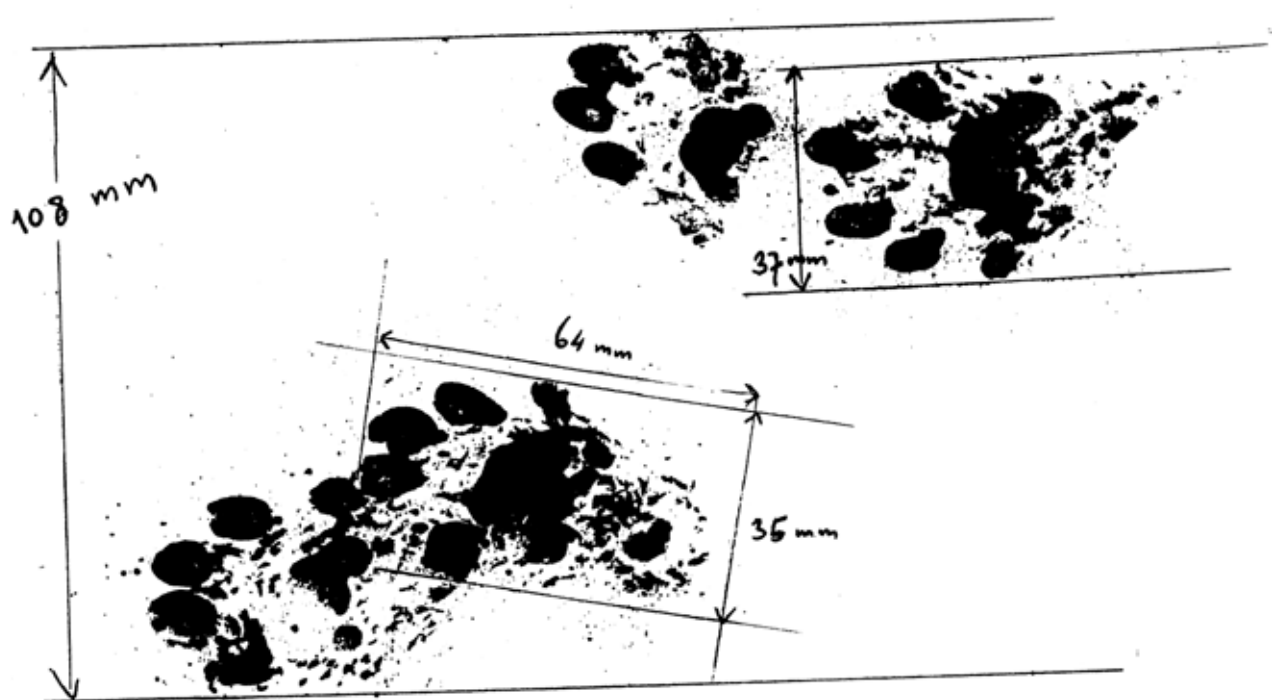
Figuur 6.20 Afdruk van een kikker in zilverzand.



Figuur 6.21 Schematische weergave van een sporenplaat op een loopplank.



Figuur 6.22 Door dassen belopen papieren vellen met inkt in een kleine (spirosol) faunatunnel.



Figuur 6.23 Voorbeeld van inktprenten van een steenmarter en wijze van prentmaten opmeten.

houten loopplank) worden gebruikt. Stempel en papieren kunnen met een nietpistool op de plaat bevestigd worden. Weglekken van inkt uit het stempel wordt voorkomen door langs de vier randen van het stempel een extra latje te bevestigen en op dit 'drempeltje' rondom een stuk folie of plastic mee te nieten met de grootte van het stempel zelf, dat geheel onder het stempel schuilgaat. Een voorbeeld van een dergelijke sporenplaat is een strook triplex met een lengte van 2,44 meter (standaardmaat) en een op maat gezaagde breedte van bijvoorbeeld 40 cm in geval van een betonnen looprichel van 40 cm breed onder een brug, met halverwege een stempel van 50 cm lang (en uiteraard 40 cm breed) en aan weerszijden van het stempel papieren vellen van 97 cm lang (en uiteraard 40 cm breed).

Werkwijze

Paraffine verdampt zeer langzaam zodat het stempel maandenlang goed kan werken zonder dat inkt bijgevuld hoeft te worden (althans zolang zich geen herfstbladeren, zwerfvuil etc. op het stempel ophopen). De papieren vellen worden, afhankelijk van de lokale omstandigheden (frequent belopen of niet), één keer per week of één keer per twee weken verwisseld (of nog minder vaak als sporen uitblijven). Prenten op de vellen kunnen vervolgens vanachter het bureau worden gedetermineerd. Essentieel voor een juiste verwerking van de resultaten is dat alle papieren met potlood (= watervast) worden voorzien van de naam van de locatie (faunapassage), datum van inzet en verwisselen en de aanduiding 'in'-vel of 'uit'-vel (of N, Z, O, W).

Voor- en nadelen

In figuur 6.19 is een overzicht met voor- en nadelen van inktbedden en zandbedden opgenomen. Nadeel van de inktmethode is dat de frequentie van het gebruik weinig zegt over het aantal individuen dat van een faunapassage gebruik maakt, omdat de aanwezigheid van veel sporen ook kan wijzen op eenzelfde individu dat vaker passeert. Daarnaast zijn inktbedden op ruim gedimensioneerde locaties moeilijk te gebruiken (tenzij het niet nodig wordt geacht om alle passanten te registreren). Een nadeel van inktbedden is verder dat de inkt aan de poten en het lichaam kan blijven zitten. Voor zoogdieren is dit waarschijnlijk onschadelijk. Voor ongewervelde dieren is dit echter schadelijk en vaak fataal. Het is niet bekend hoe schadelijk de inkt is voor amfibieën. Voordeel van de inktmethode is dat het niet arbeidsintensief is (controlefrequentie laag: inktprenten zijn relatief duurzaam: wind- en vochtbestendig), goedkoop is en dat de resultaten eenvoudig gearchiveerd kunnen worden. Dit laatste betekent dat vellen ook door niet-specialisten (bijvoorbeeld vrijwilligers) kunnen worden verzameld en pas achteraf – bijvoorbeeld in bulkhoeveelheid – achter het bureau door een deskundige kunnen worden gedetermineerd.

Foto- en videoregistratie

Bij deze methode wordt een infraroodcamera (voor bewegende beelden of uitsluitend voor foto's: fotoval) aangebracht bij de ingang van de faunapassage of in of bovenop de faunapassage. Door middel van bewegings- of warmtedetectie (infrarooddetector / foto-elektrische cel) wordt de camera bij het passeren van de ingang tijdelijk geactiveerd. Voordeel van videoregistratie (bewegende beelden) ten opzichte van bovengenoemde minder kostbare methoden is dat meer inzicht wordt verkregen in het gedrag van de dieren tijdens het passeren en dat meer informatie over bijvoorbeeld sekse (en dus individuen) wordt verkregen in geval van bijvoorbeeld reeën. Voor meer informatie zie DWW Ontsnipperingsreeks deel 42 "De toepasbaarheid van automatische videoregistratie bij faunapassages".



Figuur 6.24 Eén van de camera's op ecoduct De Borkeld en twee infrarood-bewegingsmelders.



Figuur 6.25 Passief infrarooddetector in camouflagekleur.



Figuur 6.26 Op een viaduct moet een sporenbuisje voor kleine zoogdieren worden vastgezet, bijvoorbeeld met cement, zodat het niet kan worden weggehaald.



Figuur 6.27 Woelmuis die uit een buisje voorzien van inkt en paper kruipt. Dergelijke buizen kunnen fungeren als collectors van inktprenten, haren en keutels (tekening: Jeroen Brandjes).

Haaranalyse: kwalitatief (microscop)

Deze methode kan met name toegepast worden bij kleinere type faunapassages zoals dassentunnels. Aan de bovenkant van de tunnelbuis wordt op een houten ondergrond gom of prikkeldraad aangebracht waar haren van bijvoorbeeld dassen aan blijven hangen. Voor kleinere soorten (muizen) worden haarbuizen toegepast: kunststof buisjes met een diameter van 3 cm, al dan niet beaasd, waar dubbelzijdig tape aan het 'plafond' wordt bevestigd. Muizenharen blijven vervolgens kleven aan de tape en kunnen eenvoudig worden verzameld. Determinatie is echter specialistenwerk en relatief tijdrovend. Voordeel is echter wel dat haren tot op soort gedetermineerd kunnen worden (Teerink, 1991); dit is voor muizen en spitsmuizen door middel van sporenonderzoek niet mogelijk (uitzonderingen als volwassen waterspitsmuizen daargelaten).

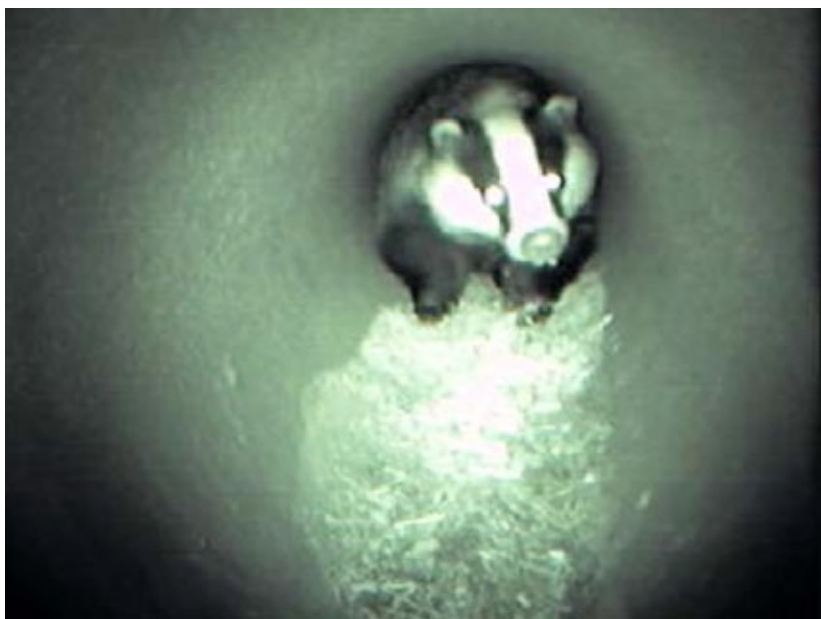
Sporenbuizen

De kunststof buisjes uit de vorige alinea kunnen ook voorzien worden van een miniatuur inktstempeltje en kleine papertjes zodat inzicht kan worden verkregen in dichtheden van muizen en spitsmuizen op en rond de faunapassages (mate van 'belopen zijn' van zoveel mogelijk buisjes in ruimte en tijd; Brandjes & Smit, 2001). Zowel pootafdrukken als keutels duiden op een bezoek van (spits)muizen. De methode is, uitzonderingen daargelaten, echter niet soortspecifiek, behalve indien de keutels resten van waterbodemonorganismen (bijvoorbeeld kokerjuffers) bevatten. In dat geval is sprake van keutels van waterspitsmuizen. De methode kan dus met name zinvol zijn indien gericht naar gebruik van faunapassages langs watergangen door waterspitsmuizen gekeken wordt. Analooq aan de kleine buisjes kunnen tevens grotere sporentunnels, overdekt door een tot halve cilinder omgebogen dak van golfplaat, ingezet worden, zowel in of op een ruim gedimensioneerde faunapassage als in het achterland ter referentie, om het gebruik van de voorziening ten opzichte van de omgeving te bepalen. Deze methode is met name geschikt voor soorten als egel en kleine marterachtigen.

DNA-analyse

Van haren die zijn verzameld op de manier zoals hierboven beschreven, kan tegenwoordig relatief snel en goedkoop het DNA worden geanalyseerd door gespecialiseerde (buitenlandse) bedrijven en instituten. Hierdoor is niet alleen met zekerheid (kwalitatief) de soort te bepalen, maar ook (kwantitatief) het aantal verschillende individuen van een soort dat van een faunapassage gebruik maakt. Dit is een voordeel boven sporenonderzoek en de inktmethode waar het nooit zeker is op hoeveel individuen een verzameling sporen betrekking heeft. Deze methode kan met name worden toegepast bij kleine faunatunnels. Voor de wijze waarop de haren worden verzameld, zie boven: Haaranalyse: kwalitatief (microscop).

DNA-monsters kunnen ook uit andere 'sporen' van dieren worden genomen, zoals de uitwerpselen. Met deze methode kon van de uitgezette otters in Overijssel worden bepaald wie jongen heeft gekregen en hoe deze zich over het gebied en zelfs ver daarbuiten, verspreiden. Het is zelfs mogelijk om aan de hand van DNA-resten in watermonsters te achterhalen welke amfibiesoorten in dat water leven (Herder *et al.*, 2013). Ten opzichte van andere veldtechnieken neemt het verzamelen van DNA-monsters weinig tijd, terwijl het in sommige gevallen meer informatie oplevert (bijv. ook over aantallen of zelfs over



Figuur 6.28 Video-still van een das in een kleine faunatunnel in Noord-Brabant.

individuele). Het is daarom een goede en relatief goedkope techniek voor monitoring, waar veel waarnemingen voor nodig zijn.

Infrarooddetectoren

Standaard infrarood-bewegingsmelders voorzien van een ingebouwde teller kunnen worden gebruikt om 'sec' het aantal bewegingen in of op een faunapassage te tellen. Omdat dit geen gegevens oplevert over welke soort geregistreerd wordt, is deze methode uitsluitend geschikt voor een eerste ruwe indruk in welke mate een voorziening wordt gebruikt (kan nuttig zijn om locaties voor nader – duurder – onderzoek met camera's te selecteren). Kans op 'ruis' door bewegende takken, hoog gras, rondvliegende vogels etc. is groot, hetgeen de methode met name geschikt maakt voor faunabuizen, kleine faunatunnels etc. en minder geschikt voor bijvoorbeeld ecoducten.

Verkeerscamera's, beveiligingcamera's, webcams

In sommige gevallen staan verkeerscamera's of beveiligingscamera's toevallig opgesteld nabij een faunapassage. Deze kunnen incidenteel worden benut om bijvoorbeeld misbruik van de faunapassage te signaleren of om het gedrag van grotere diersoorten op en nabij de faunapassage vast te stellen. Zo is recentelijk in een deel van het Gooi waar nog geen dassen van bekend waren, een opname gemaakt met een bewakingscamera van een das die toevallig over het particuliere terrein struinde (informatie Goois Natuurreservaat).

Fluorescerende inkt

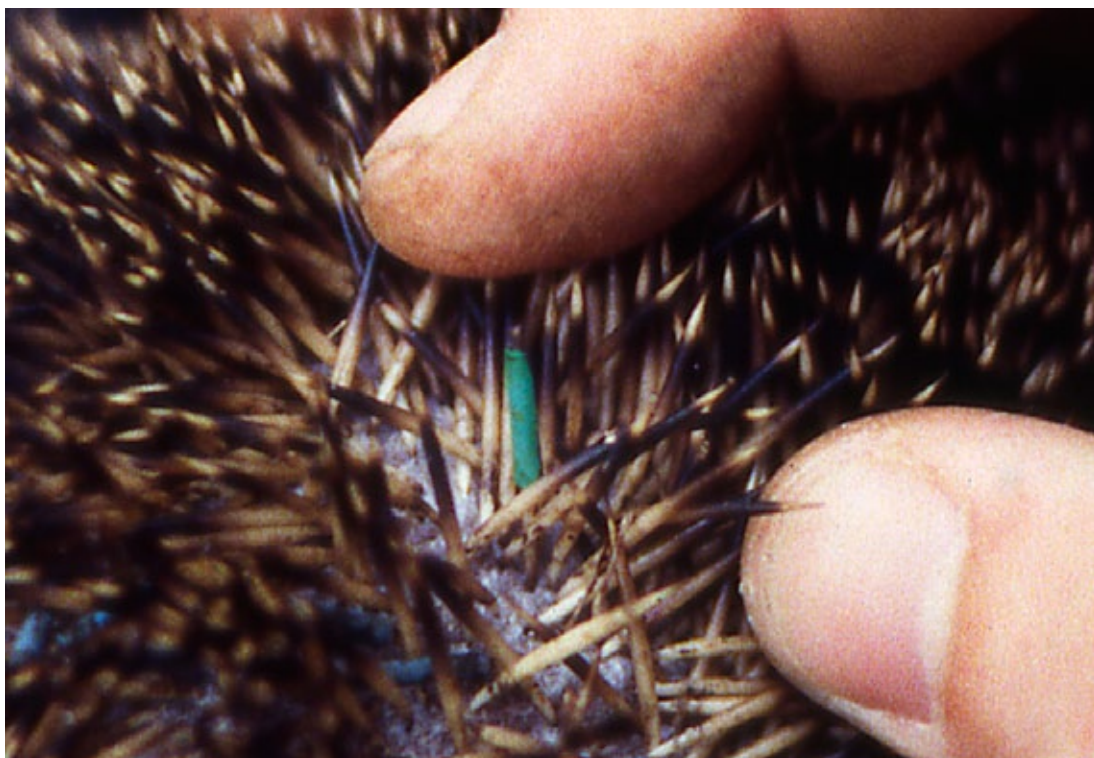
Door bij de ingang een platte bak met fluorescerende inkt te plaatsen kunnen sporen met een speciale lamp in het donker zichtbaar gemaakt worden. Deze methode kan vooral toegepast worden voor het vaststellen van kleinere diersoorten. De methode is vooral kwalitatief; zodra gebruik is vastgesteld, blijven de sporen zichtbaar. Ophoping van sporen dreigt naarmate de dagen / weken verstrijken, tenzij het substraat tussentijds behandeld wordt.

Zicht- en geluidswaarnemingen

Zichtwaarnemingen, zowel van dieren, als van sporen van dieren zoals onder andere uitwerpselen, vraat- en woelssporen, etc. vormen waardevolle anekdotische informatie over het gebruik van voorzieningen en de omgeving, maar zijn indien terloops gedaan minder geschikt voor systematisch onderzoek. Het wordt waardevoller wanneer de omgeving van de voorzieningen vlakdekkend wordt geïventariseerd op zicht (incl. sporen) en geluid (amfibieënkoren, zingende sprinkhanen, vleermuizen etc.) binnen een duidelijk aangegeven straal rond de faunavoorzieningen, waarna de waarnemingen en 'harde nullen' (wel geweest, niets vastgesteld) worden vergeleken met de resultaten van de monitoring van de faunapassages zelf. Voor een nog beter inzicht in de werkelijke effectiviteit van de voorzieningen op bijvoorbeeld populatieniveau is het opstellen en uitvoeren van grootschalige monitoringplannen noodzakelijk (Van der Grift *et al.*, 2009a). Hierbij dient o.a. inzicht verkregen te worden in het aantal individuen per soort dat van een voorziening gebruik maakt en het aantal dat behoort tot de lokale populatie. Tevens dient de situatie vóór de aanleg van de voorziening bekend te zijn (omvang populatie, omvang probleem aan de hand van verkeersslachtoffers etc.) en dient de situatie na de aanleg langdurig gevolgd te worden



Figuur 6.29 Het plaatsen van een Anabat op een vlotje in een duiker (foto: Dimitri Emond/BuWa).



Figuur 6.30 Over de stekels van deze egel zijn krimpkousjes aangebracht. Door kleuren te combineren zijn de egels individueel te herkennen.

waarbij de aantallen verkeersslachtoffers, de ontwikkelingen van de populatie en het gebruik van de voorzieningen nauwkeurig gemeten worden (Van de Grift *et al.*, 2009a).

Batdetectors

Gebruik van faunapassages door vleermuizen wordt met name onderzocht met batdetectors. Deze apparaten die de zeer hoge tonen van de echolocatie van vleermuizen omzetten naar voor de mens hoorbare signalen, kunnen ter plekke door de onderzoeker bediend worden (bijvoorbeeld het type Pettersson D240x dat beschikt over een vertragingfunctie, 'time expansion', om de opgenomen geluiden achteraf nauwkeurig te analyseren met speciale software als BatSound Pro) of worden tijdelijk geïnstalleerd om 'onbemand' opnamen te maken voor latere analyse (bijvoorbeeld Anabat). Vroeg in de schemering kunnen aanvullende zichtwaarnemingen inzicht bieden in het gedrag van de vleermuizen op of in de faunapassages (vlieghoogte, binding met eventueel aanwezige stobbenwanden etc.). Onderzoek naar het gebruik van faunapassages door vleermuizen is relatief nieuw, maar heeft reeds aan het licht gebracht dat diverse typen faunapassages intensief door diverse soorten vleermuizen worden gebruikt, bijvoorbeeld ecoduct De Borkeld over de A1 bij Rijssen (tot 67 keer per nacht door vier soorten vleermuizen; Brandjes *et al.*, 2007a), tunneltje Fort Vechten onder de A12 bij Bunnik (enkele malen per nacht door drie soorten vleermuizen; Van Vliet & Brandjes, 2005a) en vele duikers en andere onderdoorgangen waar watergangen de infrastructuur kruisen in de regio Utrecht (Boonman, 2011).

Vang-merk-terugvangmethode

Deze methode wordt toegepast om de verplaatsingen tussen deelgebieden aan weerszijden van de faunapassage in kaart te brengen en daarmee het gebruik van de faunapassage door bijvoorbeeld muizen te bewijzen of aannemelijk te maken. Op verschillende plekken aan beide zijden van de faunapassage worden dieren gevangen, op naam gebracht, gemarkeerd (in geval van muizen door het wegknippen van een stukje vacht) en weer vrijgelaten. Aan de hand van terugvanggegevens kan het gebruik in kaart worden gebracht. Tevens kunnen met de gegevens schattingen van de lokale populatiegrootte gemaakt worden die het gebruik van de faunapassage door de betreffende doelsoort in perspectief kunnen zetten. Om genoeg informatie te verzamelen zijn wel lange meetperioden nodig.

Naast het gebruik van vallen voor de vang-merk-terugvang-methode kunnen life-traps ook uitsluitend voor het vangen en weer vrijlaten van bijvoorbeeld muizen gebruikt worden om louter inzicht te krijgen in welke soorten muizen op, in en rond de voorziening voorkomen en dus in theorie van de betreffende faunapassage gebruik kunnen maken. Dit kan wenselijk zijn omdat met bovengenoemde methoden van sporenonderzoek geen onderscheid tot op soortniveau binnen de soortgroepen 'spitsmuizen' en 'muizen' mogelijk is (uitzonderingen daargelaten zoals de inktmethode voor waterspitsmuis: de borstelvormige staartkiel laat een herkenbaar en soortspecifiek 'kwastveegje' van inkt op het papier achter).

Reptielenplaten

Het inventariseren van reptielen, amfibieën en muizen op en in faunapassages en in de omgeving kan naast zichtwaarneming, sporen- en vallenonderzoek aanvullend worden geïnventariseerd met behulp van dakpannen, tapijttegels of apart gefabriceerde vierkante of rechthoekige 'reptielenplaten' (enigszins misleidende naam). Dergelijke reptielenplaten



Figuur 6.31 Foto van plaat met pad er onder. Niet alleen reptielen schuilen onder 'reptielenplaten'. Ook de aanwezigheid van padden en diverse insecten kunnen met deze platen worden aangetoond.

worden meestal gemaakt van houten plaatmateriaal of allerlei typen golfplaat en vormen op de bodem uitgelegd kunstmatige verblijfplaatsen die door de zon worden opgewarmd en aantrekkelijke schuil- en zonplekken bieden voor reptielen en amfibieën. Daarnaast maken ook (spits)muizen graag gebruik van de plaatjes om onder te schuilen en zelfs om zich onder voort te planten (en nesten te bouwen). Ook ongewervelden als loopkevers, spinnen en duizendpoten zijn vaak onder de platen te vinden. De plaatjes worden bij aanvang van een project uitgelegd volgens een van tevoren bepaalde 'grid' (raster), verspreid over of onder de faunapassage en (random) in de omgeving (ter referentie). De genummerde platen blijven gedurende langere tijd, bijvoorbeeld één zomerseizoen, liggen en worden in de tussentijd regelmatig gekeerd om te controleren of zich dieren onder de platen schuil houden. Resultaten worden per datum en per genummerde plaat of sectie van platen geregistreerd.

Vangpotten

Vangpotten voor insecten worden in principe niet aanbevolen in verband met de grote aantallen slachtoffers (zonder specifieke maatregelen ook onder soorten als muizen, hagedissen en salamanders). Indien toch met vangpotten gewerkt wordt, dient gebruik gemaakt te worden van vangpotten met een gladde wand en voldoende diepte en een diameter van ongeveer 10 cm. De vangpotten worden strak tot aan de rand ingegraven en de bodem rond de potten wordt goed vlak gemaakt (geeft betere vangsten). De vallen worden voorzien van een fixatievloeistof, zodat de dieren elkaar niet opeten en niet kunnen ontsnappen en zodat de potten minder frequent (bijvoorbeeld eens per week) geleegd hoeven te worden. De vangpotten worden voorzien van een dakje zodat vogels er niks uit kunnen pikken en om te voorkomen dat de potten overstromen bij zware regenval. Het plaatsen van gaas met maasopeningen van 20 mm voorkomt dat amfibieën en muizen in de potten vallen. De vangsten worden verzameld en bewaard in gelabelde potjes per locatie per datum in een oplossing van 70% gedenatureerde alcohol. Determinatie kan achteraf plaats vinden in een laboratorium.

Vangpotten zijn als onderzoeksmethode bij faunapassages nog niet veel toegepast. Een bekend voorbeeld is de monitoring van spinnenfauna op het ecoduct Kikbeek in Maasmechelen (Lambrechts & Janssen, 2009). Tijdens dit onderzoek zijn 8 vangpotten gebruikt waarmee in een periode van 10 maanden 78 spinnensoorten zijn gevangen (1198 exemplaren). Hiervan stonden er 23 op de Vlaamse Rode Lijst. Van *Mermessus trilobatus*, een soort die nog geen 10 jaar eerder voor het eerst in België werd vastgesteld (overigens geen Rode Lijstsoort), werden in totaal 13 exemplaren gevangen.

Malaisevallen

Deze grote fuikachtige insectennetten kunnen worden ingezet om gebruik van ecoducten door insecten als zweefvliegen en nachtvlinders vast te stellen. Dit 'gebruik' kan betrekking hebben op doelgericht passeren van bijvoorbeeld een ecoduct (in dat geval wordt bijvoorbeeld één kant op significant meer of minder gevangen dan de andere kant op), maar kan ook gebaseerd zijn op het simpelweg 'bewonen' van de locatie (het vormt blijkbaar geschikt leefgebied).



Figuur 6.32 Malaiseval (foto: Vermandel.com)



Figuur 6.33 Door dieren van een zender te voorzien kan van minuut tot minuut worden gevolgd hoe zij zich door het landschap verplaatsen. De zender kan ook worden gebruikt om dieren sneller terug te vinden, maar dan is niet bekend welke route ze hebben gevolgd (vergelijk de vang-merk-terugvangmethode).

Telemetrie

Deze methode bestaat uit het zenderen van dieren en wordt toegepast wanneer meer informatie over het gedrag van dieren is gewenst, bijvoorbeeld het totale terreingebruik in relatie tot dat van de betreffende faunapassage. De methode is kostbaar en arbeidsintensief. Doorgaans wordt telemetrie uitsluitend toegepast bij diepgaand onderzoek naar populaties van soorten.

Een mogelijkheid om tegenwoordig individueel gebruik te registreren is het toepassen van zogenaamde 'PTS-tags' (PTS = Passive Transponder System). PTS-tags kunnen worden geïnjecteerd in zowel grote als kleine dieren (waaronder muizen en amfibieën). Door in de buis een scanner te plaatsen worden de geïnjecteerde dieren geregistreerd op het moment dat ze passeren.

Colofon

Wansink, D.E.H., G.J. Brandjes, G.J. Bekker, M.J. Eijkelenboom, B. van den Hengel, M.W. de Haan & H. Scholma, 2013. Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur. Rijkswaterstaat, Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving, Delft / ProRail, Utrecht.

Opdrachtgevers

Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Rijkswaterstaat,
Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving
Postbus 5044
2600 GA Delft
Tel: 088 798 2222
Fax: 088 798 2999
Website: www.mjpo.nl
Projectbegeleider: Hans Bekker



Rijkswaterstaat
Ministerie van Infrastructuur en Milieu

ProRail
Postbus 2038
3500 GA Utrecht
Tel: 088-2317104
Projectbegeleider: Greet Eijkelenboom

ProRail

Opdrachtnemer

Bureau Waardenburg
Postbus 365
4100 AJ Culemborg
Tel: 0345-512710
Fax: 0345-519849
E-mail: info@buwa.nl
Contactpersonen:
Dennis Wansink,
Jeroen Brandjes



Bureau Waardenburg bv
Adviseurs voor ecologie & milieu

Bijdragen derden

De volgende personen hebben de tijd genomen concept- en werkversies van de Leidraad door te nemen. Dit is de kwaliteit van het eindproduct zeer ten goede gekomen.

Hubert van Beusekom, André Bijl-Weisz, Michiel Bikker, Ellen Boontje, Jeroen Brakenhoff, Harrie van den Broek, Eefje Bruinsma, Katja ClausJasja Dekker, Joris Everaert, Lisette van der Giessen, Edgar van der Grift, Roel van der Horst, Luc Janssens, Pieter Joop, Bert Katerborg, Peter Jan Keizer, Erwin Koenderink, Hans Krüse, Anne Martine Kruidering, Dick Kuiper, Victor Loehr, Jeroen ter Meer, Marleen Moelants, Marian Moelker, Pascal Peterman, Henk Pol, Jeannet Rijk-Vermue, Reinetta Roepers, Rob van Schijndel, Piet Sinke, Michel Smits, Paul Spencer, Bert Stegehuis, Brian van Straalen, Richard Struijk, Edward van Veen, Hans van Zandvoort.

Tekeningen

Anne-Jifke Haarsma
BWZ Ingenieurs, Jos van den Hurk
Bureau Waardenburg, Jeroen Brandjes & Jan Dirk Buizer
Peter Twisk
Arcadis, Wilfried Jansen of Lorkeers, deels gebaseerd op tekeningen uit Handreiking maatregelen langs wegen en water, door J.G. Oord (1995)
G-O graphics

Foto's

Arfman, Aco, Lothar Bach, Hans Bekker, Martin Bonte, Bas van den Boogaard, Jeroen Brandjes, Floris Brekelmans, Zomer Bruin, Jan Dirk Buizer, Mark Collier, Combinatie H₂Eco, Das & Boom, Rombout van Eekelen, Dimitri Emond, Edgar van der Grift, Martijn de Haan, Jörg Hempel, Jelger Herder, Frits Hollander, Holland Railconsult, KARCH, Dirk Kruijt, Dick Kuiper, Bernd Landgraf, Wouter Lengkeek, Herman Limpens, Victor Loehr, Eberhard Menz, Roelof Mulder, Ruben Plazier, ProRail, Roelof Schulte, Gerard Smit, Bert Stegehuis, Henk van der Stouw, R.P.J.H. Struijk, Kees Stuip, John Tukker, Mark van der Valk, Geesje Veenbaas, Vermandel.com, Hans de Vries, Maarten van Vuurde, Dennis Wansink, Hans Waardenburg.

Trefwoorden

Faunavoorziening, rijkswegen, spoor, ontsnippering, systems engineering, functionele eisen.

Lay out

Arcadis. Gerdien Saathof-Smit
Bureau Waardenburg: Jan Dirk Buizer

Druk

Alleen digitaal als PDF-document beschikbaar

Bestelinformatie:

Te downloaden van www.mjpo.nl (doorklikken naar Publicaties [link: http://www.mjpo.nl/publicaties/leidraad_faunavoorzieningen_bij_infrastructuur/]).

Rijkswaterstaat, ProRail en degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, hebben de opgenomen gegevens zorgvuldig verzameld naar de laatste stand van wetenschap en techniek. Desondanks kunnen er onjuistheden in deze publicatie voorkomen.

Het Rijk sluit, mede ten behoeve van degenen die aan deze publicatie hebben meegewerkt, iedere aansprakelijkheid uit voor schade die uit het gebruik van de hierin opgenomen gegevens mocht voortvloeien.

Samenvatting

Deze leidraad is bedoeld voor onder andere medewerkers van provincies, Rijkswaterstaat, Prorail, Agentschap Wegen en Verkeer, gemeenten, waterschappen, adviesbureaus en aannemers die betrokken zijn bij de ontsnippering door infrastructuur. Het is een leidraad bij het hele proces van vaststelling van een knelpunt met betrekking tot versnippering van natuurwaarden tot de oplossing daarvan, inclusief aanleg, inspectie, onderhoud en monitoring van het gebruik van de voorziening.

De Leidraad gaat in op algemene zaken en de processen om tot een goede voorziening te komen. Hierin is onder ander achtergrondinformatie over versnippering door wegen en het wettelijk en beleidskader voor ontsnippering opgenomen. Er wordt tevens ingegaan op het toepassen van Systems Engineering.

In de bijlagen staan de eisen die dieren aan faunavoorzieningen stellen en voorbeelden van voorzieningen. De informatie over de eisen sluit aan op de Basisspecificatie Ecopassages van Rijkswaterstaat en het Ontwerpvoorschrift Faunavoorzieningen van Prorail. De voorbeelden dienen als inspiratiebron; elke situatie vraagt maatwerk voor een goede oplossing.

Rijkswaterstaat

Rijkswaterstaat werkt aan de vlotte en veilige doorstroming van het verkeer, aan een veilig, schoon en gebruikersgericht landelijk watersysteem en aan de bescherming van ons land tegen overstromingen. Daarvoor beheert Rijkswaterstaat het nationale rijkswegennetwerk (5.695 km), het rijksvaarwegennetwerk (1.686 km kanalen, rivieren en 6.165 km vaarweg in open water) en het landelijke watersysteem (65.250 km²).

Postadres: Postbus 5044
2600 GA Delft
Bezoekadres: Schoemakerstraat 97
2628 VK Delft
Telefoon: 088 798 2222
Internet: www.rijkswaterstaat.nl

ProRail

ProRail werkt aan de bereikbaarheid van Nederland door te zorgen voor een optimaal spoornetwerk. Daarbij kijken we naar de toekomst en stimuleren we innovaties op spoorgebied om onze dienstverlening te optimaliseren. Hierbij wordt regelmatig kennis van buiten ProRail ingeroepen.

Postadres: Postbus 2038
3500 GA Utrecht
Bezoekadres: Moreelsepark 3
3511 EP Utrecht
Telefoon: 088-2317104
Internet: www.prorail.nl

