



Ontsnipperingsplan Naardermeer

Advies voor faunapassages bij de spoorlijn

E.A. van der Grift en F.G.W.A. Ottburg



ALTERRA
WAGENINGEN **UR**

Ontsnipperingsplan Naardermeer

Advies voor faunapassages bij de spoorlijn

E.A. van der Grift en F.G.W.A. Ottburg

Dit onderzoek is uitgevoerd door Alterra Wageningen UR in opdracht van en gefinancierd door Vereniging Natuurmonumenten (projectnummer 5240698-01)

Alterra Wageningen UR
Wageningen, april 2014

Alterra-rapport 2521
ISSN 1566-7197

Van der Grift, E.A. en F.G.W.A. Ottburg, 2014. *Ontsnipperingsplan Naardermeer; Advies voor faunapassages bij de spoorlijn*. Wageningen, Alterra Wageningen UR (University & Research centre), Alterra-rapport 2521. 56 blz.; 11 fig.; 10 tab.; 49 ref.

In opdracht van de Vereniging Natuurmonumenten is onderzocht wat de beste manier is om de versnipperingseffecten van de spoorlijn Weesp-Hilversum in het Naardermeer op te heffen. Het onderzoek geeft antwoord op de vragen: (1) Waarom is 'ontsnippering' van het Naardermeer nodig? (2) Wat zijn de doelsoorten en doelen voor de ontsnippering van het Naardermeer? (3) Kennen de doelsoorten verschillende prioriteiten en is er op basis hiervan een ranking aan te brengen van de doelsoorten? (4) Welke eisen stellen de doelsoorten aan het ontwerp en de dichtheid van faunapassages? (5) Op welke locaties binnen het Naardermeer is een faunapassage gewenst? (6) Welk ontwerp wordt voor deze faunapassages aanbevolen per locatie? (7) Wat is de verwachte functionaliteit van de faunapassages? Het resultaat van het onderzoek is een concreet ontsnipperingsplan voor de spoorlijn in het Naardermeer, inclusief een pakket van eisen voor de aanbevolen faunapassages.

Trefwoorden: versnippering, ontsnippering, faunapassage, faunatunnel, verbinden, spoorlijn, Naardermeer.

Dit rapport is gratis te downloaden van www.wageningenUR.nl/alterra (ga naar 'Alterra-rapporten' in de grijze balk onderaan). Alterra Wageningen UR verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2014 Alterra (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Dienst Landbouwkundig Onderzoek), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, E info.alterra@wur.nl, www.wageningenUR.nl/alterra. Alterra is onderdeel van Wageningen UR (University & Research centre).

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Alterra aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Alterra-rapport 2521 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: E.A. van der Grift

Inhoud

	Samenvatting	5
1	Inleiding	11
	1.1 Aanleiding	11
	1.2 Onderzoeksvragen	13
	1.3 Werkwijze	13
	1.4 Leeswijzer	13
2	Waarom is 'ontsnippering' nodig?	14
	2.1 Inleiding	14
	2.2 Versnipperingseffecten van railinfrastructuur	14
	2.3 Versnipperingseffecten in het Naardermeer	15
3	Doelsoorten	19
	3.1 Inleiding	19
	3.2 Werkwijze	19
	3.3 Identificatie doelsoorten	21
	3.4 Versnipperingsproblemen per doelsoort	22
	3.5 Prioriteitstelling doelsoorten	22
	3.6 Doelen voor ontsnippering	22
4	Ontwerpeisen doelsoorten	25
	4.1 Inleiding	25
	4.2 Werkwijze	25
	4.3 Geschiktheid faunapassages	25
	4.4 Advies dimensies faunapassages	30
	4.5 Advies inrichting faunapassages	32
	4.6 Advies aanvullende maatregelen	32
	4.7 Advies dichtheden faunapassages	34
5	Advies ontsnippering Naardermeer	39
	5.1 Inleiding	39
	5.2 Werkwijze	39
	5.2.1 Aantal faunapassages	39
	5.2.2 Type faunapassages	44
	5.2.3 Dimensies faunapassages	45
	5.3 Resultaat	45
	Literatuur	53

Samenvatting

Wat is het probleem?

Het Naardermeer is een laagveenmoeras met een hoge biodiversiteit. De natuurwaarde van het gebied is zowel nationaal als internationaal erkend. Het gebied is aangewezen als kerngebied in de *Ecologische Hoofdstructuur* (EHS), het landelijke netwerk van natuurgebieden dat het behoud van de biodiversiteit in ons land veilig moet stellen. Het gebied maakt ook deel uit van de *Groene Ruggengraat* – een geplande robuuste natuurverbinding tussen Biesbosch en Randmeren. Het Naardermeer is aangewezen als Natura 2000-gebied in het kader van de EU Vogel- en Habitatrichtlijn. Hiermee heeft het gebied ook een rol gekregen in de ontwikkeling van een internationaal netwerk van natuurgebieden en de instandhouding van flora en fauna die op Europees niveau bescherming nodig hebben. De spoorlijn Weesp-Hilversum doorsnijdt het Naardermeer van west naar oost. De spoorlijn vormt in meer of mindere mate een barrière tussen het noordelijk en zuidelijk deel van het Naardermeer voor diersoorten die in het gebied leven of hier in de toekomst een plek vinden. Daarnaast is de spoorlijn een potentiële bron van verstoring en bestaat de kans op sterfte door het treinverkeer voor dieren die toch de oversteek wagen.

Eerdere studies

In dit verband is er in 2008-2009 in opdracht van de Vereniging Natuurmonumenten een variantenstudie uitgevoerd voor het opheffen van de 'versnipperende' werking van de spoorlijn. Deze studie resulteerde in een schetsontwerp voor een robuuste faunapassage in het westelijk deel van het Naardermeer. Deze faunapassage had een breedte van circa 70 m, met zowel een droge loopstrook als een waterverbinding met brede oevers. In 2011 is dit schetsontwerp verder uitgewerkt tot een voorontwerp. Hierbij bleek de situatie - wat betreft bodemgesteldheid, grondwaterstand en spoortechniek - complexer dan was voorzien bij het opstellen van het schetsontwerp. In 2012 is het voorontwerp voorgelegd aan ProRail. De aanbeveling van ProRail was om het spoor in ballast uit te voeren in plaats van aanleg via directe spoorstaafbevestiging, zoals voorgesteld in het voorontwerp. Het nadeel van spoor in ballast is dat de constructiehoogte van een kunstwerk groter wordt. Het betekent hier dat er geen vrije hoogte meer boven het wateroppervlak kan worden gerealiseerd, waarmee de natte passage komt te vervallen. De droge loopstrook komt om dezelfde reden geheel onder het maaiveld te liggen. Hierdoor is er voor dieren die de faunapassage op maaiveld naderen geen doorzicht meer. De breedte van de faunapassage zou moeten worden teruggebracht tot 30 m om de hogere kosten van het dieper aanleggen van de faunapassage te compenseren. De vraag rees of dit ontwerp nog geschikt is voor de doelsoorten en of er geen alternatieve aanpak nodig is. Dit vormde de aanleiding voor onderhavig onderzoek. Doel van dit onderzoek is om te verkennen wat de beste manier is om de versnipperingseffecten van de spoorlijn Weesp-Hilversum in het Naardermeer op te heffen.

Waarom is 'ontsnippering' van het Naardermeer nodig?

Spoorlijnen dragen bij aan de versnippering van de natuur in Nederland. De belangrijkste versnipperingseffecten van railinfrastructuur voor fauna zijn: (1) verlies van leefgebied door de ruimte die het spoor inneemt, (2) sterfte van dieren door het treinverkeer, (3) isolatie van leefgebieden door de barrièrewerking van het spoor, en (4) verlies van natuurkwaliteit in gebieden rond de spoorlijn door beïnvloeding van milieucondities (zoals verdroging, verontreiniging) en verstoring (zoals kunstlicht, geluid, trilling, bewegingen van voertuigen, aanwezigheid van mensen op of rond de infrastructuur). De spoorlijn in het Naardermeer veroorzaakt naar verwachting alle aan railinfrastructuur gerelateerde versnipperingseffecten. Deze verwachting is, naast concrete informatie over faunaslachtoffers, vooral gebaseerd op een evaluatie van de kenmerken van de spoorlijn, het treinverkeer en het omliggende landschap. Momenteel is er in de spoorlijn op slechts drie plekken een onderdoorgang - brug of duiker - aanwezig. Bij slechts één van deze onderdoorgangen zijn maatregelen getroffen die het passeren van de spoorlijn door fauna vergemakkelijken. Het Naardermeer heeft - zeker voor Nederlandse begrippen - een behoorlijk omvang, en is op zichzelf dan ook groot genoeg om levensvatbare populaties te huisvesten van zowel weinig als matig mobiele diersoorten. Dat geldt zelfs voor de

afzonderlijke gebieden ten noorden en zuiden van de spoorlijn. Een goede koppeling van deze gebieden zal de overlevingskansen van de populaties van deze soorten echter sterk kunnen vergroten. Modelanalyses hebben uitgewezen dat het natuurgebied op zichzelf niet groot genoeg is voor mobiele diersoorten met een groot leefgebied, zoals de Otter. Om dit probleem op te lossen zijn naast ontsnipperende maatregelen bij de spoorlijn in het Naardermeer zelf, ook goede verbindingen met de omliggende moerasgebieden nodig.

Wat zijn de doelsoorten en zijn deze te prioriteren? Wat zijn de doelen voor de ontsnippering?

Op basis van een aantal soortkenmerken - gevoeligheid voor de versnipperende werking van infrastructuur, huidige verspreiding en areaalgrenzen, gewenste toekomstige verspreiding volgens het nationaal- en regionaal natuurbeleid - zijn er 42 doelsoorten geïdentificeerd voor de ontsnippering van de spoorlijn door het Naardermeer. Het gaat om 31 zoogdiersoorten, 2 reptielsoorten, 8 amfibiesoorten en 1 spinnensoort. Aan negentien doelsoorten is een hoge prioriteit toegekend en aan dertien doelsoorten een lage prioriteit. Aan tien doelsoorten is geen enkele prioriteit gegeven. Onderstaande tabel geeft een overzicht.

Doelsoorten voor ontsnippering van de spoorlijn in het Naardermeer en de toegekende prioriteit per doelsoort.

Diergroep	Hoge prioriteit	Lage prioriteit	Geen prioriteit
Zoogdieren	Bever	Bunzing	Aardmuis
	Boommarter	Dwergspitsmuis	Bosmuis
	Dwergmuis	Egel	Bruine rat
	Gewone dwergvleermuis	Gewone bosspitsmuis	Huismuis
	Laatvlieger	Haas	Konijn
	Meervleermuis	Hermelijn	Mol
	Noordse woelmuis	Huisspitsmuis	Rosse woelmuis
	Otter	Wezel	Veldmuis
	Ree		Vos
	Rosse vleermuis		Woelrat
	Ruige dwergvleermuis		
	Waterspitsmuis		
	Watervleermuis		
Reptielen	Levendbarende hagedis	-	-
	Ringslang		
Amfibieën	Heikikker	Bastaardkikker	-
	Poelkikker	Bruine kikker	
	Rugstreeppad	Gewone pad	
		Kleine watersalamander	
		Meerkikker	
Ongewervelden	Grote gerande oeverspin	-	-

Idealiter zijn de doelen voor ontsnippering direct gerelateerd aan de versnipperingseffecten die door de infrastructuur worden veroorzaakt. In geval van de spoorlijn door het Naardermeer is dat lastig omdat de versnipperingseffecten niet structureel zijn onderzocht. We kiezen er hier daarom voor om doelen te formuleren die gerelateerd zijn aan het gebruik van de toekomstige faunavoorzieningen. We onderscheiden hier vier typen van gebruik, elk met zijn eigen (indicatieve) gebruiksfrequentie: (1) *initieel gebruik*, voor het koloniseren van geschikt leefgebied waar de soort momenteel niet of niet meer voorkomt; (2) *dagelijks gebruik*, voor het bereiken van alle delen van het dagelijkse leefgebied, zoals foerageergebieden, rust- en slaapplekken; (3) *seizoensmatig gebruik*, voor het bereiken van plekken die in een bepaald seizoen belangrijk zijn, zoals voortplantingspoelen of overwinteringsplaatsen; en (4) *jaarlijks gebruik*, voor demografische en genetische uitwisseling tussen bestaande populaties.

Voor zeven doelsoorten - Bever, Otter, Boommarter, Noordse woelmuis, Waterspitsmuis, Levendbarende hagedis, Grote gerande oeverspin - zijn de maatregelen van belang voor het (her)koloniseren van (delen van) het gebied. Voor drie mobiele soorten - Bever, Otter, Boommarter - is vervolgens dagelijks gebruik het doel. Voor de andere vier soorten is - na (her)kolonisatie - jaarlijks gebruik het doel. Voor negen doelsoorten die nu al aan beide zijden van de spoorlijn voorkomen - de zes soorten vleermuizen en de kleine marterachtigen Bunzing, Hermelijn en Wezel - is dagelijks

gebruik het doel. Voor de overige - vaak minder mobiele - doelsoorten die nu al aan beide zijden van de spoorlijn voorkomen - o.a. muizen, spitsmuizen en amfibieën - is jaarlijks gebruik het doel. Dat geldt ook voor het Ree. Het Ree stelt relatief hoge eisen - als het gaat om dimensies - aan een onderdoorgang. Een goed functionerende faunapassage voor deze soort in het Naardermeer is technisch dan ook lastig en kostbaar. Hier kiezen we er daarom voor om jaarlijks uitwisseling tussen de populaties noord en zuid van de spoorlijn te faciliteren, zodat lagere eisen aan de dimensies van de faunapassage kunnen worden gesteld. Voor de groep doelsoorten zonder prioriteit stellen we geen doelen.

Welke eisen stellen de doelsoorten aan het ontwerp en de dichtheid van faunapassages?

Met als uitgangspunt dat we ons hier alleen richten op onderdoorgangen, onderscheiden we vijf typen faunapassages die in het Naardermeer kunnen worden toegepast: (1) brug met doorlopende oevers, (2) ecoduiker, (3) grote faunatunnel, (4) kleine faunatunnel en (5) brug/duiker met faunavoorziening (loopstrook/-richel).

Een **brug met doorlopende oevers** is voor vrijwel alle prioritaire doelsoorten geschikt. Slechts voor vier doelsoorten - Ree, Laatvlieger, Rosse vleermuis en Levendbarende hagedis - is dit type geclassificeerd als matig geschikt. Dit betekent dat de faunapassage slechts onder voorwaarden gebruik door de betreffende soorten faciliteert. De brug met doorlopende oevers kent geen doelsoorten met de classificatie 'ongeschikt' of 'onbekend'. Met dit type passage kunnen dus - onder voorwaarden - alle doelsoorten worden gefaciliteerd. De breedte van doorlopende oevers onder een brug is bij voorkeur 2,5 m. De doorloophoogte is bij voorkeur 1,5 m. Het oppervlak van de tunnelopening is minimaal 18 m². De oevers hebben bij voorkeur de vorm van een flauw talud, waardoor dieren in staat zijn om de watergang gemakkelijk in en uit te gaan. De oevers hebben een hoogte die er voor zorgt dat deze bij hoog water niet geheel inunderen. De doorlopende oevers bestaan bij voorkeur uit gebiedseigen materiaal. Als het mogelijk is wordt voldoende licht- en vochtinval gecreëerd voor het ontwikkelen van doorlopende oevervegetaties onder de brug. Als vegetatie-ontwikkeling onder de brug niet of slechts beperkt mogelijk is, is het creëren van extra dekking van belang. Dit kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van een stobbenwal of takkenrichel. Deze dekking biedende structuren lopen bij voorkeur door op beide toelopen van de onderdoorgang. De water- en oevervegetaties langs de waterloop aan weerszijden van de brug moeten zo veel mogelijk behouden c.q. ontwikkeld worden. Deze vegetaties zijn van belang voor het geleiden van de dieren naar de onderdoorgang. Bij voorkeur worden plaatselijk struweel- en ruigtevegetaties op de droge oever ontwikkeld.

Een **ecoduiker** is voor 21 doelsoorten geschikt. Voor vier doelsoorten - Boommarter, Egel, Meervleermuis en Watervleermuis - is dit type geclassificeerd als matig geschikt. De ecoduiker is voor zes doelsoorten - Gewone dwergvleermuis, Ruige dwergvleermuis, Haas, Laatvlieger, Rosse vleermuis en Ree - als ongeschikt beoordeeld. De ecoduiker kent één doelsoort - Levendbarende hagedis - met de classificatie 'onbekend'. De breedte van loopstroken/-richels in een ecoduiker is bij voorkeur 0,7 m. De doorloophoogte is bij voorkeur 1,5 m. De looprichels in de ecoduiker hebben bij voorkeur een opstaande rand en een grondlaag van circa 10 cm dikte. De aansluiting van de loopstroken op de oevers gebeurt bij voorkeur op hetzelfde hoogteniveau en in een hoek van maximaal 45°. De loopstroken zijn goed bereikbaar vanaf zowel de droge delen van de oevers als vanuit het water (uitstapplaats).

Een **grote faunatunnel** is voor 21 doelsoorten geschikt. Voor zes doelsoorten - Gewone dwergvleermuis, Ruige dwergvleermuis, Laatvlieger, Rosse vleermuis, Levendbarende hagedis, Ringslang - is dit type geclassificeerd als matig geschikt. De grote faunatunnel is voor drie doelsoorten - Grote gerande oeverspin, Meervleermuis, Watervleermuis - als ongeschikt beoordeeld. Deze soorten maken naar verwachting alleen gebruik van faunapassages waarin een watergang aanwezig is. De grote faunatunnel kent twee doelsoorten - Noordse woelmuis, Waterspitsmuis - met de classificatie 'onbekend'. Een grote faunatunnel is bij voorkeur 15 m breed en 4 m hoog. Een breedte van 7 m en een hoogte van 3 m moet als minimum worden gezien. De lengte van de tunnel is bij voorkeur zo kort mogelijk. De aanbeveling is om een minimale doorzichthoogte van 1 m aan te houden. De openheidindex is bij voorkeur >1,5. De bodem van de tunnel bestaat uit een minimaal 50 cm dikke grondlaag. Het advies is om extra dekking aan te brengen voor de kleinere soorten, bijvoorbeeld met

(kleine) stobben, een takkenrichel of een rand met keien. Deze dekking biedende structuren worden bij voorkeur aan weerszijden van de tunnel over enkele tientallen meters voortgezet op de toelopen. Rond de tunnelingangen worden bij voorkeur maatregelen getroffen die de plek aantrekkelijk maken voor de doelsoorten, bijvoorbeeld door de aanleg van een poel, vochtige greppel of struweelvegetatie.

Een **kleine faunatunnel** is voor negentien doelsoorten geschikt. Voor drie doelsoorten - Haas, Levendbarende hagedis, Ringslang - is dit type geclassificeerd als matig geschikt. De kleine faunatunnel is voor acht doelsoorten - Gewone dwergvleermuis, Grote gerande oeverspin, Laatvlieger, Meervleermuis, Ree, Rosse vleermuis, Ruige dwergvleermuis, Watervleermuis - als ongeschikt beoordeeld. De kleine faunatunnel kent twee doelsoorten - Noordse woelmuis, Waterspitsmuis - met de classificatie 'onbekend'. Een kleine faunatunnel is bij voorkeur rechthoekig, 1,5 m breed en 1,5 m hoog. De lengte van de onderdoorgang is bij voorkeur zo beperkt mogelijk. De bodem van de tunnel bestaat uit een minimaal 5 cm, maar bij voorkeur 10 cm dikke grondlaag. De bij de grote faunatunnel gegeven adviezen voor het creëren van dekking en aantrekkelijke toelopen gelden ook hier.

Een **brug/duiker met faunavoorziening** is voor 21 doelsoorten geschikt. Voor acht doelsoorten - Boommarter, Gewone dwergvleermuis, Laatvlieger, Meervleermuis, Egel, Rosse vleermuis, Ruige dwergvleermuis, Watervleermuis - is dit type geclassificeerd als matig geschikt. De brug/duiker met faunavoorziening is voor twee doelsoorten - Haas, Ree - als ongeschikt beoordeeld en kent één doelsoort - Levendbarende hagedis - met de classificatie 'onbekend'. De breedte van loopstroken/-richels in een brug/duiker met faunavoorziening is bij voorkeur 0,7 m. De doorloophoogte is bij voorkeur 1,5 m.

Met enkele aanvullende maatregelen kan naar verwachting het gebruik van de faunapassages door de doelsoorten worden vergroot:

- Het advies is om **faunakerende rasters** aan te brengen langs de spoorlijn om aanrijdingen met middelgrote tot grote, grondgebonden zoogdieren te voorkomen en de dieren te geleiden naar de faunapassages.
- Het advies is om **faunakerende schermen** of geleidingswanden aan te brengen langs de spoorlijn om dodelijke slachtoffers onder de kleine, grondgebonden zoogdieren (muizen, spitsmuizen, Wezel), amfibieën en reptielen te voorkomen en de dieren te geleiden naar de faunapassages.
- Het advies is om ter hoogte van een brug met doorlopende oevers aan weerszijden van de spoorlijn **geluidschermen** aan te brengen die de verstoring van dieren die de passage willen gebruiken door passerende treinen voorkomen en het verlies van habitatkwaliteit rond de faunapassage beperken.

Wat is het aanbevolen ontsnipperingsplan voor de spoorlijn in het Naardermeer?

Binnen het Naardermeer zijn 21 faunapassages nodig om aan de eisen van de doelsoorten - met uitzondering van de Gewone dwergvleermuis, Ruige dwergvleermuis, Laatvlieger en Rosse vleermuis - te voldoen. Het gaat in alle gevallen om een gecombineerde faunapassage, dus een faunapassage die is gepland voor minimaal twee doelsoorten. Per doelsoort varieert het benodigd aantal faunapassages van 1 tot 19. De 21 faunapassages zijn van de volgende typen: drie bruggen met doorlopende oevers, twee ecoduikers, twee grote faunatunnels, twaalf kleine faunatunnels en de aanleg van faunavoorzieningen bij twee bestaande kunstwerken.

- Voor de bruggen met doorlopende oevers is het advies: (1) breedte onderdoorgang: 12 m; (2) breedte van doorlopende oevers: 2,5 m; (3) doorloophoogte: 1,5 m.
- Voor de ecoduikers is het advies: (1) breedte van loopstroken/-richels: 0,7 m; (2) doorloophoogte: 1,5 m.
- Voor de grote faunatunnels is het advies: (1) breedte: 7,5 m; (2) hoogte: min. 3 m; (3) lengte: max. 15 m; (4) openheidindex = 1,5; (5) doorzichthoogte: min. 1 m.
- Voor de kleine faunatunnels is het advies: (1) ingeval van een rechthoekige duiker: breedte: 1,5 m, hoogte: 1,5 m, lengte: max. 40 m; (2) ingeval van een ronde duiker: diameter: 1,5 m, lengte: max. 40 m.
- Voor de bruggen/duikers met faunavoorziening is het advies: (1) breedte van loopstroken/-richels: 0,7 m; (2) doorloophoogte: min. 0,6 m.

Wat is de verwachte functionaliteit van de faunapassages?

Als de faunapassages conform bovenstaande adviezen - zowel voor aantal, dimensies als situering - worden aangelegd, verwachten we dat voor iedere doelsoort het gestelde doel voor ontsnippering kan worden bereikt. Omdat sommige doelsoorten ook gebruik kunnen maken van faunapassages die niet primair voor hen zijn gepland, is er lokaal zelfs sprake van een hogere functionaliteit dan de doelen vereisen. Gemiddeld kan iedere doelsoort circa vijf faunatunnels (minimum: 0; maximum: 20) gebruiken die niet primair voor de betreffende doelsoort gepland zijn. Gemiddeld wordt iedere faunapassage door circa zeven doelsoorten (minimum: 1; maximum: 14) gebruikt die niet primair de aanleiding vormden voor planning van de betreffende faunapassage. Gemiddeld faciliteert een faunapassage circa vijftien doelsoorten. Dit gaat om circa acht doelsoorten waarvoor de faunapassage primair is gepland en circa zeven soorten die er medegebruik van kunnen maken.

1 Inleiding

1.1 Aanleiding

Het Naardermeer is een laagveenmoeras met een hoge biodiversiteit. De natuurwaarde van het gebied is zowel nationaal als internationaal erkend. Het gebied is aangewezen als kerngebied in de *Ecologische Hoofdstructuur* (EHS), het landelijke netwerk van natuurgebieden die het behoud van de biodiversiteit in ons land moet veilig stellen (Ministerie van LNV, 1990; 2000). Het gebied maakt ook deel uit van de *Groene Ruggengraat* – een geplande robuuste natuurverbinding tussen Biesbosch en Randmeren. De plannen voor de Groene Ruggengraat zijn er op gericht om de landbouw te versterken, het waterbeheer te verbeteren, de recreatie te stimuleren en de isolatie van de hier gelegen natuurgebieden op te heffen om de uitwisseling van planten en dieren tussen de verschillende natuurgebieden te bevorderen (Rijksadviseur voor het Landschap, 2009). Het Naardermeer is aangewezen als Natura 2000-gebied in het kader van de EU Vogel- en Habitatrichtlijn (zie Staatscourant d.d. 4 juni 2013). Hiermee heeft het gebied ook een rol gekregen in de ontwikkeling van een internationaal netwerk van natuurgebieden en de instandhouding van flora en fauna die op Europees niveau bescherming nodig hebben. Het Naardermeer is in eigendom van de Vereniging Natuurmonumenten.

De spoorlijn Weesp-Hilversum doorsnijdt het Naardermeer van west naar oost (Figuur 1.1). Deze spoorlijn - gelegen op een 1-2 m hoog baanlichaam - is tweesporig en wordt intensief gebruikt. De spoorlijn is opgenomen in het *Programma Hoogfrequent Spoorvervoer* (PHS; zie ook Ministerie van Infrastructuur en Milieu, 2011) dat door ProRail wordt uitgevoerd. Dit betekent dat de intensiteit van het gebruik in de nabije toekomst zal toenemen tot circa één trein per twee minuten. De spoorlijn vormt in meer of mindere mate een barrière tussen het noordelijk en zuidelijk deel van het Naardermeer voor diersoorten die in het gebied leven of hier in de toekomst een plek vinden. Daarnaast is de spoorlijn een potentiële bron van verstoring en bestaat de kans op sterfte door het treinverkeer voor dieren die toch de oversteek wagen.



Figuur 1.1 De spoorlijn Weesp-Hilversum in het Naardermeer.

In dit verband is er in 2008-2009 in opdracht van de Vereniging Natuurmonumenten een variantenstudie uitgevoerd voor het opheffen van de 'versnipperende' werking van de spoorlijn (Movares, 2009). Deze studie resulteerde in een schetsontwerp voor een robuuste faunapassage in het westelijk deel van het Naardermeer. Figuur 1.2 geeft een impressie van dit schetsontwerp. De breedte van deze faunapassage is circa 70 m. In de passage is ruimte voor zowel een droge loopstrook (circa 40 m breed, doorloophoogte 2,5 m) als een waterverbinding met oevers (circa 30 m breed, vrije hoogte boven het wateroppervlak 1 m). De droge loopstrook in de passage ligt half-verdiept; circa 1,5 m van de doorloophoogte ligt beneden het maaiveld. Vereniging Natuurmonumenten schatte in dat deze faunapassage functioneel kan zijn voor alle diersoorten die de spoorlijn als barrière ervaren.



Figuur 1.2 Het in 2009 ontwikkelde schetsontwerp voor een robuuste faunapassage onder de spoorlijn in het westelijk deel van het Naardermeer.

In 2011 is het schetsontwerp verder uitgewerkt tot een voorontwerp (Movares, 2012a; 2012b). Hierbij bleek de situatie - wat betreft bodemgesteldheid, grondwaterstand en spoortechniek - complexer dan was voorzien bij het opstellen van het schetsontwerp. De kosten van realisatie van een faunapassage volgens de principes van het schetsontwerp zouden dan ook (fors) hoger uitvallen. Om deze reden is de breedte van de faunapassage in het voorontwerp teruggebracht tot een breedte van 45 meter; 30 m voor een droge loopstrook en 15 m voor de waterverbinding met oevers. In 2012 is dit voorontwerp voorgelegd aan ProRail (Schot, 2013a). ProRail stelt dat ingegoten spoorstaven (zoals voorgesteld in het schetsontwerp) of directe spoorstaafbevestiging (zoals voorgesteld in het voorontwerp) op deze locatie geen optie zijn, door de bodemgesteldheid en ligging van het spoor, te weten in een bocht en in verkanting. De aanbeveling van ProRail is om het spoor in ballast uit te voeren. Het nadeel hiervan is dat de constructiehoogte van een kunstwerk met spoor in ballast groter is. Het betekent hier dat er geen vrije hoogte meer boven het wateroppervlak kan worden gerealiseerd, waarmee de natte passage komt te vervallen. De droge loopstrook (hoogte 2,5 m) komt om dezelfde reden geheel onder het maaiveld te liggen. Hierdoor is er voor dieren die de faunapassage op maaiveld naderen geen doorzicht meer. De breedte van de faunapassage zou moeten worden teruggebracht tot 30 m om de hogere kosten van het dieper aanleggen van de faunapassage te compenseren.

De vraag rees of dit ontwerp nog geschikt is voor de doelsoorten. Bij Vereniging Natuurmonumenten groeide de behoefte om dit vraagstuk voor te leggen aan diverse deskundigen. In dit verband is op 18 maart 2013 een bijeenkomst gehouden met experts van de Vereniging Natuurmonumenten, provincie Noord-Holland, ProRail en Alterra. Tijdens deze bijeenkomst is geconcludeerd dat het ontwerp - wat betreft dimensies en hoogteligging - niet voldoet aan de minimale eisen van de doelsoort Ree (Schot, 2013b). Voor vele van de andere doelsoorten is juist sprake van over-dimensionering: een kleinere faunapassage zou ook voldoen. Tijdens de bijeenkomst is geconcludeerd dat er voor de meeste doelsoorten meer ecologische winst te halen is als - in plaats van één grote faunapassage - meerdere kleine tunnels verspreid over het Naardermeer worden aangelegd. Het combineren van een droge en natte passage is voor een aantal - sterk aan water gebonden doelsoorten - van belang en kan wellicht elders in het Naardermeer wel gerealiseerd worden. Deze conclusies vormden de aanleiding voor het onderhavige onderzoek.

1.2 Onderzoeksvragen

In dit onderzoek wordt verkend wat de beste manier is om de versnipperingseffecten van de spoorlijn Weesp-Hilversum in het Naardermeer op te heffen. Het onderzoek resulteert in een concreet advies, waarin aanbevelingen worden gedaan voor het aantal, de locaties en de vorm van de benodigde faunapassages.

Het onderzoek richt zich op de volgende concrete vragen:

- Waarom is 'ontsnippering' van het Naardermeer nodig?
- Wat zijn de doelsoorten en doelen voor de ontsnippering van het Naardermeer?
- Kennen de doelsoorten verschillende prioriteiten en is er op basis hiervan een ranking aan te brengen van de doelsoorten?
- Welke eisen stellen de doelsoorten aan het ontwerp en de dichtheid van faunapassages?
- Op welke locaties binnen het Naardermeer is een faunapassage gewenst? Welk ontwerp wordt voor deze faunapassages aanbevolen per locatie?
- Wat is de verwachte functionaliteit van de faunapassages?

1.3 Werkwijze

Het onderzoek is te typeren als een deskstudie. Op basis van literatuur en gegevensbestanden is een beeld ontwikkeld van de mate waarin de spoorlijn in het Naardermeer versnipperend werkt. Op basis hiervan zijn doelsoorten aangewezen, i.e. soorten waarvoor verwacht wordt dat de spoorlijn een barrière vormt of een belangrijke bron van onnatuurlijke sterfte is. Voor iedere doelsoort is een doel gesteld voor de frequentie van gebruik van de ontsnipperende maatregelen. Op basis van deze doelstellingen en met als uitgangspunt dat de hoogteligging van de spoorlijn niet kan worden aangepast, zijn ontwerpeisen voor de ontsnipperende maatregelen uitgewerkt en is bepaald hoeveel maatregelen er nodig zijn. Dit resulteert in een concreet ontsnipperingsplan voor de spoorlijn in het Naardermeer.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 beschrijven we de versnipperingseffecten van railinfrastructuur en de noodzaak voor ontsnipperende maatregelen bij de spoorlijn in het Naardermeer. In hoofdstuk 3 identificeren en prioriteren we de doelsoorten voor ontsnippering. Ook selecteren we per doelsoort specifieke doelen die samenhangen met het gebruik van de faunapassages. In hoofdstuk 4 geven we de ontwerpeisen voor de faunapassages en een advies voor het benodigde aantal faunapassages. In hoofdstuk 5 werken we dit uit in een concreet ontsnipperingsplan voor de spoorlijn in het Naardermeer.

2 Waarom is 'ontsnippering' nodig?

2.1 Inleiding

De aanleg en het gebruik van railinfrastructuur kan leiden tot 'versnippering' - of fragmentatie - van natuurgebieden. Het resultaat is dat de leefgebieden voor planten en dieren kleiner worden ('snippers') en meer van elkaar geïsoleerd raken. Omdat soorten - zowel op het niveau van het individu, de familie of de populatie - eisen stellen aan de kwaliteit en (minimale) omvang van hun leefgebied, kan deze versnippering tot gevolg hebben dat soorten het moeilijk krijgen of zelfs uit een gebied verdwijnen. Om dit te voorkomen kunnen maatregelen genomen worden die zijn gericht op 'ontsnippering', dus maatregelen die de versnipperingseffecten wegnemen of mitigeren.

In dit hoofdstuk richten we ons op de vraag waarom 'ontsnippering' van het Naardermeer nodig is. We schetsen hiervoor eerst de (potentiële) problemen - de *versnipperingseffecten* - die spoorlijnen veroorzaken. Dit doen we op basis van bestaand onderzoek. Vervolgens gaan we na - op basis van beschikbare gegevensbestanden en kenmerken van de spoorlijn, het treinverkeer en het landschap - welke van deze versnipperingseffecten optreden of verwacht kunnen worden in het Naardermeer.

2.2 Versnipperingseffecten van railinfrastructuur

Spoorlijnen dragen bij aan de versnippering van de natuur in Nederland. Van der Grift en Kuijsters (1998) geven een overzicht van de versnipperingseffecten van railinfrastructuur voor fauna. De belangrijkste effecten zijn: (1) verlies van leefgebied door de ruimte die het spoor inneemt, (2) sterfte van dieren door het treinverkeer, (3) isolatie van leefgebieden door de barrièrewerking van het spoor, en (4) verlies van natuurkwaliteit in gebieden rond de spoorlijn door beïnvloeding van milieucondities en verstoring.

Het ruimtebeslag van een spoorlijn betekent per definitie dat er bij doorsnijding van een natuurgebied oppervlak (potentieel) leefgebied voor fauna verloren gaat. Dit heeft vooral gevolgen voor het voortbestaan van bestaande populaties - of de kansen voor vestiging van nieuwe populaties - als het totale oppervlak aan geschikt leefgebied hierdoor niet meer voldoet aan de minimale eisen die soorten stellen. In Nederland is dit vaak het geval, omdat natuurgebieden relatief klein zijn. Een gering oppervlakteverlies leidt dan immers al tot het niet halen van het minimumoppervlak voor soorten die (relatief) veel ruimte nodig hebben (Van der Grift en Kuijsters, 1998).

Sterfte van dieren door het treinverkeer is wellicht het meest zichtbare versnipperingseffect van railinfrastructuur. Een groot aantal diersoorten - zowel vliegende als niet-vliegende - is hiervoor gevoelig (zie overzichten in Bergers, 1997; Van der Grift, 1999). De precieze omvang van dit probleem in Nederland is niet bekend, omdat sterfte van dieren door treinverkeer niet wordt gemonitord. Een verkennend onderzoek in vier proefgebieden wees uit dat het gemiddeld aantal faunaslachtoffers dat op spoorlijnen wordt gevonden vergelijkbaar is met die op snelwegen, respectievelijk 4,8 en 4,0 slachtoffers per kilometer per jaar (Brandjes *et al.*, 2001a). Het werkelijke aantal is naar verwachting een factor tien hoger, omdat er tijdens monitoring altijd slachtoffers worden gemist. Deze verkenning maakte ook duidelijk dat de risico's op aanrijdingen groter zijn in halfopen landschappen en op plekken waar meer variatie in begroeiing is (Brandjes *et al.*, 2001a).

Spoorlijnen vormen voor veel soorten een niet of moeilijk te nemen barrière. Dit leidt ertoe dat de dieren in hun bewegingen door het landschap worden belemmerd en (delen van) leefgebieden geïsoleerd raken. De barrièrewerking is het gevolg van de fysieke kenmerken van het spoor en/of het treinverkeer (Van der Grift en Kuijsters, 1998). Voor sommige soorten is een spoorlijn niet te passeren, bijvoorbeeld omdat rasters, geluidschermen, ballast of spoorstaven een onneembare

hindernis vormen. Andere soorten passen hun habitatgebruik aan en gaan de spoorzone vermijden, hoewel ze misschien fysiek wel in staat zijn om over te steken. In Nederland is de barrièrewerking van spoorlijnen niet onderzocht. Onderzoek in het buitenland heeft aangetoond dat spoorlijnen in meer of mindere mate de bewegingen beperken van zoogdieren, amfibieën en zowel niet-vliegende als vliegende ongewervelden (zie overzichten in Bergers (1997) en Van der Grift (1999); Bhattacharya *et al.*, 2003; Ito *et al.*, 2005). Dit versnipperingseffect lijkt in toenemende mate op te treden, omdat spoorlijnen steeds vaker worden verbreed, intensiever worden gebruikt en/of van geluidschermen of rasters worden voorzien. Deze barrièrewerking van railinfrastructuur belemmert de uitwisseling van dieren tussen populaties. Dit vergroot de kans dat soorten (lokaal) uitsterven en verkleint de kans dat een leeggeraakt gebied door (her)kolonisatie weer wordt bevolkt.

Spoorlijnen - of het gebruik er van - kunnen ook op een andere manier leiden tot oppervlakteverlies. Als de kwaliteit van de leefgebieden rond een spoorlijn afneemt, biedt deze ruimte aan minder individuen van een soort. Minder individuen betekent kwetsbaardere populaties en een grotere kans dat de soort lokaal verdwijnt (Bergers, 1997). De natuurkwaliteit kan op verschillende manieren afnemen. Ten eerste kan de aanleg of het gebruik van een spoorlijn leiden tot aantasting van biotopen door beïnvloeding van de milieucondities. Bijvoorbeeld als de aanleg van het baanlichaam (lokaal) voor verdroging zorgt. Of als de spoorlijn een bron van verontreinigingen is (zoals herbiciden, zware metalen), die direct of indirect de overleving van dieren aantasten. De natuurkwaliteit kan ook afnemen door verstoring, bijvoorbeeld als gevolg van kunstlicht, geluid, trilling, bewegingen van voertuigen en de aanwezigheid van mensen op of rond de infrastructuur (Van der Grift en Kuijsters, 1998). Vooralsnog zijn alleen de effecten van de versturende werking van treinverkeer op weidevogels onderzocht (Tulp *et al.*, 2002). Voor sommige soorten - Grutto en Veldleeuwerik - is vastgesteld dat de dichtheid van het aantal broedparen lager is bij geluidimmissies vanaf respectievelijk 45 en 42 dB(A). Ook voor alle weidevogels (elf soorten) samen is er in deze studie een negatief verband gevonden tussen de geluidsimmissie en de dichtheid aan broedparen. Vergelijkbare effecten op andere diergroepen - o.a. verstoringsgevoelige zoogdieren en amfibieën die gebruik maken van een paarroep - lijken plausibel, maar onderzoek hiernaar ontbreekt.

2.3 Versnipperingseffecten in het Naardermeer

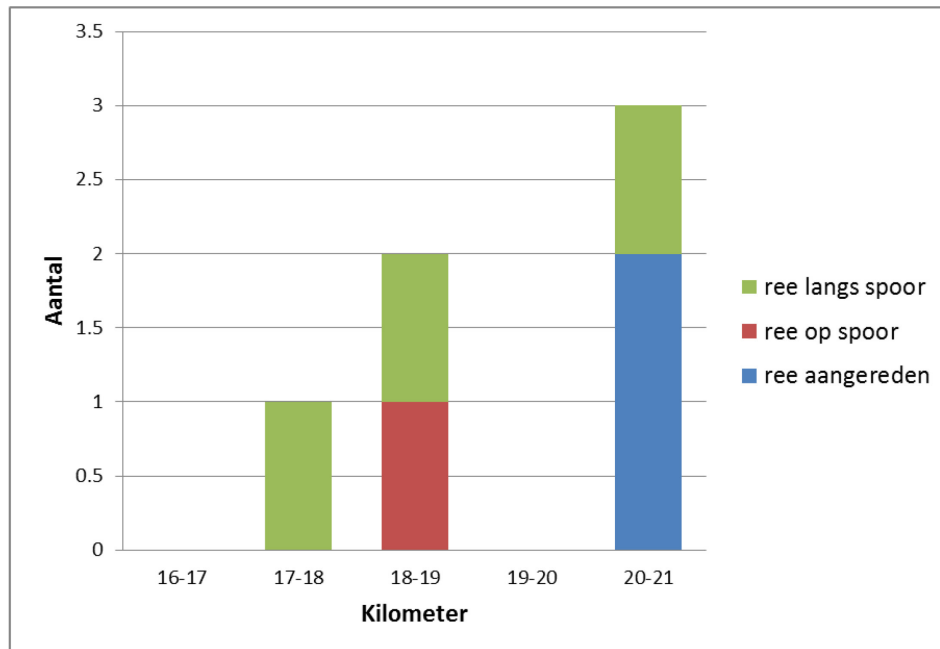
De spoorlijn door het Naardermeer - in gebruik sinds 1874 - veroorzaakt naar verwachting alle aan railinfrastructuur gerelateerde versnipperingseffecten. Deze verwachting is, naast concrete informatie over faunaslachtoffers, vooral gebaseerd op een evaluatie van de kenmerken van de spoorlijn, het treinverkeer en het omliggende landschap.

Vooralsnog is er geen gericht onderzoek naar de versnipperingseffecten van deze spoorlijn uitgevoerd. Precieze gegevens over de aard en omvang van de versnipperingseffecten ontbreken dan ook. Een uitzondering vormen de gegevens van aanrijdingen met Reeën. Aanrijdingen en bijna-aanrijdingen met Reeën worden door treinbestuurders gemeld en door ProRail geregistreerd. Tabel 1 geeft een overzicht van de meldingen in de periode 2010-2012. In deze periode zijn er twee Reeën aangereden en zijn er vier meldingen gedaan van Reeën op of direct naast de spoorbaan. Gemiddeld zijn er in deze periode binnen het Naardermeer 0,67 slachtoffers onder Reeën per jaar gevallen. De locaties waar de dieren zijn aangereden, of waar Reeën op of direct naast de spoorbaan zijn gesignaleerd, lijken niet random verspreid over het gebied (Figuur 2.1). Alle geregistreerde slachtoffers (n=2) zijn gevallen in het - relatief drogere - oostelijk deel van het natuurgebied (km 20-21). Daarnaast zijn meldingen van bijna-aanrijdingen gedaan op de overgang van de Keverdijkse polder ('bufferzone') naar het centrale moerasgebied van het Naardermeer (km 17-18) en in het westelijk deel van het moerasgebied (km 18-19). De aantallen zijn echter te laag om duidelijke 'hot spots' aan te wijzen.

Tabel 1

Storingsmeldingen als gevolg van reewild op de spoorlijn door het Naardermeer in de periode 2010-2012 (Geocode 087; km 16.5-21.0; bron: ProRail).

Jaar	Type melding		
	Ree aangereden	Ree op spoorbaan	Ree langs spoorbaan
2010	0	1	0
2011	0	0	1
2012	2	0	2



Figuur 2.1 Ruimtelijke verdeling van de storingsmeldingen door reewild op de spoorlijn door het Naardermeer in de periode 2010-2012 (bron: ProRail).

Het optreden van versnipperingseffecten en de mate waarin, houdt nauw verband met de kenmerken van een spoorlijn en het treinverkeer (zie ook Bergers, 1997). Er is een positieve correlatie tussen het verlies aan oppervlak leefgebied en het aantal en de hoogteligging van de sporen. Naar verwachting is er een positieve correlatie tussen de sterftekans van grondgebonden dieren en het aantal sporen, de hoogteligging van de sporen, de intensiteit van het treinverkeer en de snelheid van de treinen. Een negatieve correlatie is te verwachten tussen de sterftekans van grondgebonden dieren en de aanwezigheid van geluidschermen en rasters die het passeren van dieren verhinderen. De barrièrewerking van een spoorlijn is naar verwachting positief gecorreleerd met het aantal sporen, de hoogteligging van de sporen, de intensiteit van het treinverkeer, de snelheid van de treinen, de geluidsemissies en de aanwezigheid van geluidschermen en rasters die het passeren van dieren verhinderen. Daarnaast lijkt ook de mate waarin het biotoop in de spoorbermen verschilt van dat in de omgeving een factor die de barrièrewerking bepaalt. Een verslechtering van de milieucondities is naar verwachting gerelateerd aan de aard van het baanlichaam, elektrificatie van de sporen, de intensiteit van het treinverkeer en de aard en frequentie van het baan- en bermbeheer. Het baanlichaam kan de milieucondities vooral aantasten als deze wat betreft samenstelling sterk afwijkt van de omliggende gronden. Zo kan een zandig baanlichaam in klei- of veengebieden een verdrogende werking hebben (Morel *et al.*, 1999). Het gebruik van een spoorlijn leidt tot emissies van (zware) metalen als gevolg van wrijving tussen wielen en spoorstaven, en pantografen en bovenleiding. Het beheer van de spoorbaan en -berm kan ook tot verontreinigingen leiden als gebruik wordt gemaakt van chemische middelen, zoals herbiciden. De verstoring van een spoorlijn is naar verwachting positief gecorreleerd met de hoogteligging van de sporen, de intensiteit van het treinverkeer, de snelheid van de treinen, de geluidsemissies en de intensiteit van het baan- en bermbeheer. Een negatieve correlatie is te verwachten tussen verstoring en de aanwezigheid van geluidschermen.

Het optreden van sommige versnipperingseffecten en de mate waarin, houdt ook nauw verband met de kenmerken van het omliggende landschap. De kans op sterfte door het treinverkeer is gerelateerd aan de nabijheid van de voor fauna geschikte leefgebieden, de kwaliteit van deze leefgebieden en de situering van specifieke landschapselementen die de bewegingen van dieren door het landschap beïnvloeden, zoals houtwallen of watergangen. Als de leefgebieden van een diersoort direct grenzen aan een spoorlijn, neemt de kans op betreding van de spoorbaan door de dieren toe en daarmee de kans op sterfte door aanrijding. Dit is naar verwachting in verhoogde mate het geval als er aan beide kanten van een spoorlijn geschikt leefgebied aanwezig is. Leefgebieden met een hoge kwaliteit kennen hogere populatiedichtheden dan gebieden met een lage kwaliteit. Hogere dichtheden - dus meer dieren per oppervlakte-eenheid - betekenen een grotere kans op sterfte door het treinverkeer. Sommige diersoorten laten zich tijdens hun bewegingen door het landschap leiden door (lijnvormige) landschapselementen of hebben specifieke landschapselementen nodig voor bijvoorbeeld de voortplanting of overwintering. Als deze doorsneden zijn of de weg er naar toe afgesneden is door een spoorlijn, neemt de kans op sterfte door het treinverkeer toe. Ook verstoringseffecten zijn gerelateerd aan kenmerken van het landschap. In open landschappen reiken de verstoringseffecten - bijvoorbeeld als gevolg van kunstlicht of geluid - meestal verder dan in (half)gesloten landschappen. Datzelfde geldt voor de effecten van verontreinigingen, omdat in open landschappen de verontreinigende stoffen, afkomstig van het treinverkeer of het baan- en bermbeheer, minder snel in de vegetatie worden afgevangen.

De spoorlijn door het Naardermeer kan wat betreft versnipperingseffecten als risicotraject worden gezien. De spoorlijn is hier immers tweesporig en geëlektrificeerd, ligt enigszins verhoogd, wordt intensief en met relatief hoge snelheden (>80 km/uur) gebruikt en vormt een gebiedsvreemd biotoop - een droog, zandig baanlichaam te midden van een nat laagveengebied. De natuurlijke leefgebieden reiken aan weerszijden tot aan de spoorlijn en zijn van hoge kwaliteit. Het landschap rond de spoorlijn heeft voor het grootste deel (~65%) een open karakter. Verstoringseffecten reiken daarom naar verwachting relatief ver. Momenteel is er op slechts drie plekken (spoor-km 16.550, 18.325 en 20.663) een waterverbinding aanwezig tussen het noordelijk en zuidelijk deel van het Naardermeer (Figuur 2.2). Voor weinig mobiele soorten (bijvoorbeeld Waterspitsmuis), die zich bij voorkeur via of langs het water door het landschap bewegen, liggen deze waterverbindingen snel buiten bereik. Voor matig mobiele soorten (bijvoorbeeld Ringslang) of mobiele soorten (bijvoorbeeld Otter) zijn deze waterverbindingen naar verwachting wel bereikbaar, maar de vraag is of deze dieren 'de omweg willen maken', en niet gewoon elders de spoorlijn oversteken, met het risico op aanrijding. Bovendien zijn momenteel bij slechts één van deze waterverbindingen maatregelen getroffen die het passeren van de spoorlijn door fauna vergemakkelijken (Figuur 2.2). De spoorlijn door het Naardermeer doorsnijdt op meerdere plaatsen kenmerkende (lijnvormige) landschapselementen, zoals kades, overgangen tussen moerasbos en gras- of rietland en (oude) watergangen. Een belangrijk gegeven is dat sommige kenmerkende diersoorten nu nog niet in het natuurgebied voorkomen, of slechts aan één kant van de spoorlijn. De spoorlijn hindert of vertraagd mogelijk de (her)kolonisatie van het gebied door deze soorten. Dit beïnvloedt niet alleen de biodiversiteit van het gebied, maar naar verwachting ook het functioneren van het ecosysteem.



Figuur 2.2 Momenteel is er op drie plaatsen een waterverbinding tussen het noordelijk en zuidelijk deel van het Naardermeer: (A) duiker bij km 16.550, met aan één zijde een houten looprichel (B) die diersoorten helpt om de spoorlijn veilig te passeren, (C) spoorbrug bij km 18.325, (D) spoorbrug bij km 20.663 (Karnemelksloot).

Op populatieniveau zijn de gevolgen van de versnipperingseffecten verschillend per soort. Het Naardermeer heeft - zeker voor Nederlandse begrippen - een behoorlijke omvang, en is op zichzelf dan ook groot genoeg om levensvatbare populaties te huisvesten van zowel weinig als matig mobiele diersoorten (Van der Grift *et al.*, 2006). Dat geldt zelfs voor de afzonderlijke gebieden ten noorden en zuiden van de spoorlijn. Een goede koppeling van deze gebieden zal de overlevingskansen van de populaties van deze soorten echter sterk kunnen vergroten. Modelanalyses hebben uitgewezen dat het natuurgebied op zichzelf niet groot genoeg is voor mobiele diersoorten met een groot leefgebied, zoals de Otter (Van der Grift *et al.*, 2006). Om dit probleem op te lossen zijn naast ontsnipperende maatregelen bij de spoorlijn in het Naardermeer zelf, ook goede verbindingen met de omliggende moerasgebieden nodig (zie ook Van der Grift *et al.*, 2003).

3 Doelsoorten

3.1 Inleiding

Niet alle diersoorten zijn even gevoelig voor versnippering. Voor sommige diersoorten zijn spoorlijnen een onneembare barrière of belangrijke bron van sterfte, terwijl andere soorten er weinig hinder van lijken te ondervinden. In dit hoofdstuk richten we ons allereerst op de vraag wat de doelsoorten en doelen zijn voor de ontsnipperende maatregelen bij de spoorlijn in het Naardermeer. Een duidelijk beeld van de doelsoorten en doelen voor de ontsnippering is nodig om maatwerk te kunnen leveren voor het ontwerp, het aantal en de situering van de ontsnipperende maatregelen. In onze analyse beperken we ons tot de versnipperingseffecten *sterfte van dieren door het treinverkeer* en *isolatie van leefgebieden door de barrièrewerking van het spoor*. Dit zijn immers de versnipperingseffecten waarvoor de aanleg van faunapassages, inclusief faunakerende rasters, een oplossing kan bieden. De versnipperingseffecten *verlies van leefgebied* en *verlies van natuurkwaliteit in gebieden rond de spoorlijn door beïnvloeding van milieucondities en verstoring* blijven hier buiten beschouwing. In dit hoofdstuk verkennen we ook of aan de doelsoorten een verschillende prioriteit kan worden toegekend. Dit is van belang omdat bij conflicterende eisen ten aanzien van bijvoorbeeld het ontwerp of de situering van de ontsnipperende maatregelen, de voorkeur kan worden gegeven aan de eisen van de doelsoorten met de hoogste prioriteit.

3.2 Werkwijze

Identificatie doelsoorten

De spoorlijn in het Naardermeer is als knelpunt opgenomen in het *Meerjarenprogramma Ontsnippering* (MJPO; Ministerie van V&W *et al.*, 2004). Het vormt, samen met rijksweg A1, het MJPO-knelpunt *NH-2 Weesp-Naarden*. In het MJPO is, per knelpunt, een lijst met doelsoorten opgesteld. Deze lijsten bleken echter niet altijd volledig of consistent. In 2009 zijn de lijsten met doelsoorten daarom geactualiseerd (Van der Grift *et al.*, 2009). Bij de identificatie van de doelsoorten voor ontsnipperende maatregelen in het Naardermeer baseren we ons hier op deze geactualiseerde lijst met doelsoorten. Omdat ook deze actualisatie inmiddels vier jaar oud is, passen we de lijst waar nodig aan. Ook vergelijken we de lijst met de soortenlijst die door de Vereniging Natuurmonumenten is gebruikt bij het uitwerken van het schetsontwerp en voorontwerp voor een faunapassage in het Naardermeer. Vogels en vissen blijven in dit onderzoek buiten beschouwing. Hoewel vogels wel problemen kunnen ondervinden als gevolg van versnippering door spoorlijnen – onder andere sterfte door aanrijdingen, verminderd broedsucces door verstoring – vormen de hier onderzochte oplossingen (faunatunnels) hiervoor geen oplossing. Voor vissen worden door de Vereniging Natuurmonumenten geen grote problemen verondersteld als gevolg van de spoorlijn.

Identificatie versnipperingsproblemen per doelsoort

Niet iedere doelsoort ervaart dezelfde versnipperingsproblemen. Van der Grift *et al.* (2009) hebben op basis van de literatuur en beschikbare databestanden voor alle versnipperingsgevoelige soorten verkend welke specifieke versnipperingsproblemen zijn gedocumenteerd. Deze verkenning beperkte zich tot de versnipperingsproblemen die met de maatregelen van het MJPO – faunapassages in combinatie met faunakerende rasters – kunnen worden weggenomen. We gebruiken hier de resultaten van die verkenning om indicatief aan te geven of een doelsoort vooral last heeft van sterfte door het treinverkeer, de barrièrewerking van de spoorlijn of beide versnipperingseffecten. Op basis van Bergers (1997) schatten we vervolgens of het versnipperingsprobleem voor de betreffende doelsoort groot of klein is. Dit is een expertinschatting.

Prioriteitstelling doelsoorten

In de verkenning of aan de doelsoorten een verschillende prioriteit kan worden toegekend, maken we opnieuw gebruik van de in 2009 uitgevoerde studie (Van der Grift *et al.*, 2009). In dit onderzoek zijn twee ambitieniveaus voor ontsnippering onderscheiden: (1) *geen netto verlies*, ofwel volledige mitigatie van de versnipperingseffecten, en (2) *beperkt netto verlies*, ofwel beperkte mitigatie van de versnipperingseffecten. Het ambitieniveau *geen netto verlies* betekent dat de negatieve effecten die de infrastructuur veroorzaakt voor 100% moeten worden weggenomen door de ontsnipperende maatregelen. Het ambitieniveau *beperkt netto verlies* betekent dat de negatieve effecten die de infrastructuur veroorzaakt voor een deel worden weggenomen door de ontsnipperende maatregelen en dat het resterende deel aan effecten wordt geaccepteerd.

Van der Grift *et al.* (2009) hebben vervolgens een koppeling gemaakt tussen deze ambitieniveaus en de versnipperingsgevoelige diersoorten. Een soort is aan het ambitieniveau *geen netto verlies* toegekend als één of meerdere van de volgende beslisregels op de soort van toepassing zijn:

- De soort heeft de status *Verdwenen*, *Ernstig bedreigd*, *Bedreigd* of *Kwetsbaar* op de Rode Lijst en is een beschermde inheemse diersoort in de Flora- en Faunawet.
- De soort is doelsoort van het natuurbeleid (Bal *et al.*, 2001).
- De soort is opgenomen in bijlage 2 [aanwijzing beschermde gebieden nodig] of bijlage 4 [strikt beschermde soorten] van de EU Habitatrichtlijn.
- De soort is opgenomen in bijlage 2 [strikt beschermde soorten] van de Conventie van Bern.
- De soort is opgenomen in bijlage 2 [strikt beschermde (trekkende) soorten] van de Conventie van Bonn.
- De soort vormt een potentieel risico voor de verkeersveiligheid en/of aanrijdingen met de soort leiden in veel gevallen tot economische schade.

Een soort is aan het ambitieniveau *beperkt netto verlies* toegekend als één of meerdere van de volgende beslisregels op de soort van toepassing zijn:

- De soort heeft de status *Gevoelig* op de Rode Lijst.
- De soort heeft de status *Thans niet bedreigd* of *Onvoldoende gegevens* op de Rode Lijst en is opgenomen in bijlage 5 [soorten waarvoor maatregelen getroffen kunnen worden om te zorgen dat de exploitatie van deze soorten niet ten koste gaat van hun behoud] van de EU Habitatrichtlijn en/of is opgenomen in bijlage 3 [niet strikt beschermde soorten] van de Conventie van Bern.

De doelsoorten met het ambitieniveau *geen netto verlies* krijgen een hogere prioriteit in de verdere uitwerking van de ontsnipperende maatregelen ten opzichte van de doelsoorten met het ambitieniveau *beperkt netto verlies*. Dit betekent dat aan de eisen van deze doelsoorten voorrang wordt gegeven als deze conflicteren met die van doelsoorten met een lage prioriteit. De doelsoorten die aan geen van de selectiecriteria voor zowel het ambitieniveau *geen netto verlies* als het ambitieniveau *beperkt netto verlies* voldoen, vormen een derde groep van soorten. Deze doelsoorten krijgen geen prioriteit. Dit betekent dat bij de verdere uitwerking van de ontsnipperende maatregelen geen rekening wordt gehouden met eventuele specifieke eisen van deze soorten.

Identificatie doelen voor ontsnippering

Het stellen van duidelijke en meetbare doelen is belangrijk, omdat anders geen conclusies over de effectiviteit van ontsnipperende maatregelen - dat wil zeggen de mate waarin vooraf gestelde doelen zijn behaald - kunnen worden getrokken (Van der Grift *et al.*, 2009). Idealiter zijn de doelen voor ontsnippering daarom direct gerelateerd aan de versnipperingseffecten die door de infrastructuur worden veroorzaakt (Van der Grift *et al.*, 2013). Bijvoorbeeld: 'De ontsnipperende maatregelen reduceren faunasterfte door aanrijdingen met 95%'. In geval van de spoorlijn door het Naardermeer is dat lastig omdat de versnipperingseffecten niet structureel zijn onderzocht. Er zijn dus geen referentiewaarden voor bijvoorbeeld sterfte of de barrièrewerking waar de situatie na mitigatie mee kan worden vergeleken. We kiezen er hier daarom voor om doelen te formuleren die gerelateerd zijn aan het gebruik van de toekomstige faunavoorzieningen.

We onderscheiden hier vier typen van gebruik, elk met zijn eigen (indicatieve) gebruiksfrequentie: (1) *initieel gebruik*, voor het koloniseren van geschikt leefgebied waar de soort momenteel niet of niet meer voorkomt; (2) *dagelijks gebruik*, voor het bereiken van alle delen van het dagelijkse leefgebied,

zoals foerageergebieden, rust- en slaappleatsen; (3) *seizoensmatig gebruik*, voor het bereiken van plekken die in een bepaald seizoen belangrijk zijn, zoals voortplantingspoelen of overwinteringsplaatsen; en (4) *jaarlijks gebruik*, voor demografische en genetische uitwisseling tussen bestaande populaties. Per doelsoort voor ontsnippering van de spoorlijn door het Naardermeer bepalen we hier welke van deze vormen van gebruik het streven is. Hierbij baseren we ons op de huidige verspreiding en oppervlaktebehoefte van de soort. We doen dat alleen voor de doelsoorten waaraan een - hoge of lage - prioriteit is toegekend. Voor de groep doelsoorten zonder prioriteit stellen we geen doelen. Hoewel deze soorten in potentie hinder ondervinden van de infrastructuur en naar verwachting ook gebruik zullen gaan maken van de ontsnipperende maatregelen, achten wij concrete doelstellingen voor deze groep niet nodig.

3.3 Identificatie doelsoorten

Van der Grift *et al.* (2009) hebben in een eerste stap 88 diersoorten geselecteerd die als 'doelsoorten voor ontsnippering' kunnen worden aangeduid op basis van hun gevoeligheid voor de versnipperende werking van infrastructuur. Deze lijst met 88 soorten kan gezien worden als een 'groslijst' - per knelpuntlocatie zal slechts een deel van deze soorten relevant zijn om als doelsoort te worden aangewezen (zie ook kader *Groslijst doelsoorten*). In een tweede stap is daarom een koppeling gemaakt tussen de groslijst en de specifieke knelpuntlocaties van het MJPO. Hierbij is rekening gehouden met zowel de huidige verspreiding en areaalgrenzen van soorten als de gewenste toekomstige verspreiding van soorten volgens het nationaal- en regionaal natuurbeleid. Daarnaast is ook het type infrastructuur - rijksweg, spoorweg, rijkswaterweg, provinciale weg - dat het betreffende MJPO-knelpunt veroorzaakt betrokken bij de selectie van de doelsoorten voor het knelpunt. Als een soort het type infrastructuur in principe niet als probleem ervaart, is de soort niet als doelsoort aangewezen voor het betreffende knelpunt. Als een knelpunt meerdere typen infrastructuur omvat, is het meest kritische type infrastructuur bepalend geweest voor het selecteren van een soort als doelsoort voor het betreffende MJPO-knelpunt.

Groslijst doelsoorten

Van der Grift *et al.* (2009) hebben in hun analyse van potentiële doelsoorten voor ontsnippering de volgende soortgroepen betrokken:

- Alle zoogdieren, m.u.v. zeezoogdieren, vleermuizen die dwaal- of regelmatige gast zijn, uit Nederland verdwenen soorten en exoten.
- Alle reptielen, m.u.v. uit Nederland verdwenen soorten en exoten.
- Alle amfibieën, m.u.v. uit Nederland verdwenen soorten en exoten.
- Vliegende ongewervelden: alleen de in Nederland voorkomende immobiele, inheemse dagvlindersoorten.
- Grondgebonden ongewervelden: alleen soorten die doelsoort van het natuurbeleid zijn (Bal *et al.*, 2001).

Alle soorten die bescherming genieten op basis van de EU Habitatrichtlijn - de zogenoemde Natura 2000-soorten - zijn in de analyses betrokken voor zover deze soorten vallen binnen de hierboven genoemde categorieën.

Uit de groslijst van 88 soorten zijn er door Van der Grift *et al.* (2009) 38 als doelsoort geselecteerd voor de spoorlijn binnen MJPO-knelpunt *NH-2*. Om deze lijst te actualiseren stellen we hier vier correcties voor:

- Het **Edelhert** kan van de lijst af; hoewel er enige jaren geleden nog ambities waren om het Edelhert ook in (delen van) de *Natte As* toe te laten, lijkt deze doelstelling in het nationaal en provinciaal natuurbeleid nu te zijn verlaten.
- De **Bever** kan worden toegevoegd; deze soort heeft zijn areaal inmiddels uitgebreid en kan op (korte) termijn in het gebied worden verwacht.

- De **Boommarter** kan worden toegevoegd; deze soort heeft zijn areaal inmiddels uitgebreid en wordt regelmatig aangetroffen in het Naardermeer (Van den Akker en Harder, 2010; G. Lemmen, Vereniging Natuurmonumenten, ongepubliceerde gegevens).
- De vleermuissoorten **Rosse vleermuis**, **Ruige dwergvleermuis** en **Watervleermuis** kunnen worden toegevoegd; deze soorten zijn incidenteel in het Naardermeer waargenomen (Boosten *et al.*, 2006; zie ook Van der Kooij, 2012a; 2012b).

Dit resulteert in een lijst met 42 doelsoorten (Tabel 2). Het gaat om 31 zoogdiersoorten, 2 reptielsoorten, 8 amfibiesoorten en 1 spinnensoort.

Vereniging Natuurmonumenten heeft dertien soorten als doelsoort aangewezen voor de ontsnippering van de spoorlijn in het Naardermeer. Deze soorten zijn alle opgenomen in de hier gepresenteerde lijst (zie Tabel 2).

Er is door Van der Grift *et al.* (2009) onderscheid gemaakt tussen doelsoorten voor de korte termijn (<5 jaar) en doelsoorten voor de lange termijn (>5 jaar). De eerste groep bestaat uit doelsoorten die (mede) zijn geselecteerd op basis van hun huidige verspreiding, oftewel, soorten die nu al in de nabijheid van het knelpunt voorkomen. De doelsoorten voor de lange termijn zijn soorten die nog niet rond het knelpunt zijn waargenomen, maar die op basis van nationaal of regionaal beleid wel op termijn kunnen worden verwacht via natuurlijke kolonisatie en/of (lokale) herintroductie. Voor de spoorlijn in het Naardermeer zijn 39 doelsoorten aan te wijzen voor de korte termijn en 3 doelsoorten voor de lange termijn (Tabel 2). De kolonisatie van nieuwe leefgebieden door zowel Bever als Otter verloopt momenteel echter snel. Wellicht blijkt de classificatie 'lange termijn' voor deze soorten dan ook te pessimistisch.

3.4 Versnipperingsproblemen per doelsoort

Tabel 2 geeft een overzicht van de versnipperingsproblemen die de doelsoorten voor ontsnippering van de spoorlijn in het Naardermeer kunnen ervaren. Voor acht doelsoorten is sterfte door het treinverkeer naar verwachting een probleem. Voor zeven van deze soorten is dit probleem gekarakteriseerd als 'groot'. Dit gaat om enkele soorten amfibieën en reptielen. Voor zeven doelsoorten is de barrièrewerking van de spoorlijn naar verwachting een probleem. Voor vijf van deze soorten is dit probleem gekarakteriseerd als 'groot'. Dit gaat om enkele soorten amfibieën en kleine zoogdieren. Voor 27 doelsoorten treden naar verwachting beide versnipperingseffecten op.

3.5 Prioriteitstelling doelsoorten

In de doelsoortenlijst voor ontsnippering van de spoorlijn door het Naardermeer kennen negentien doelsoorten een hoge prioriteit, dertien doelsoorten een lage prioriteit en wordt aan tien doelsoorten geen enkele prioriteit gegeven (Tabel 2). Van de dertien door de Vereniging Natuurmonumenten aangewezen doelsoorten vallen er negen binnen de groep met een hoge prioriteit en vier binnen de groep met een lage prioriteit.

3.6 Doelen voor ontsnippering

Tabel 2 geeft per doelsoort de doelen voor ontsnippering in termen van gebruik van de ontsnipperende maatregelen. Voor zeven doelsoorten zijn de maatregelen van belang voor het (her)koloniseren van (delen van) het gebied. Voor drie van deze soorten is dagelijks gebruik vervolgens het doel. Voor de andere vier soorten is - na (her)kolonisatie - jaarlijks gebruik het doel. Voor negen en zeventien doelsoorten die nu al aan beide zijden van de spoorlijn voorkomen is dagelijks respectievelijk jaarlijks gebruik het doel.

De motivatie voor deze doelen is de volgende:

- Aan alle doelsoorten die momenteel nog niet voorkomen in het gebied of slechts voorkomen in een deel van het gebied - het gebied ten noorden dan wel ten zuiden van de spoorlijn - is het doel *initieel gebruik* toegekend. De ontsnipperende maatregelen moeten voor deze soorten de kolonisatie van de lege habitatplekken faciliteren.
- Aan alle mobiele doelsoorten - met uitzondering van het Ree - is het doel *dagelijks gebruik* toegekend. Deze soorten hebben een groot leefgebied en leggen dagelijks relatief grote afstanden af. De ontsnipperende maatregelen moeten voor deze soorten de dagelijkse bewegingen door het landschap faciliteren.
- Aan het Ree is het doel *jaarlijks gebruik* toegekend. Het Ree is een zeer algemeen voorkomende soort in Nederland. De classificering als doelsoort met een hoge prioriteit is dan ook niet omdat de soort bedreigd of kwetsbaar is, maar omdat dit hoefdier een potentieel risico vormt voor de verkeersveiligheid en/of aanrijdingen met de soort tot economische schade kunnen leiden (zie paragraaf 3.2). Dit probleem is in principe te voorkomen door het plaatsen van faunarasters. Omdat een dergelijke maatregel het leefgebied voor deze soort feitelijk in twee delen splitst, is de aanleg van minimaal één faunapassage aan te bevelen. Dit is gedaan uit oogpunt van het faciliteren van (genetische) uitwisseling tussen de populaties noord en zuid van de spoorlijn en om te voorkomen dat de dieren blijven proberen om het raster te passeren en alsnog op de spoorlijn terecht komen. Hoewel dagelijks gebruik idealiter het doel zou moeten zijn, kiezen we daar niet voor. Het Ree stelt relatief hoge eisen - wat betreft dimensies - aan een onderdoorgang. Een goed functionerende faunapassage voor deze soort in het Naardermeer is technisch dan ook lastig en kostbaar. Hier kiezen we er daarom voor om jaarlijks uitwisseling tussen de populaties noord en zuid van de spoorlijn te faciliteren, dat naar verwachting voldoende is om deze populaties duurzaam te laten voortbestaan.
- Aan alle weinig en matig mobiele doelsoorten is het doel *jaarlijks gebruik* toegekend. Deze soorten vinden aan beide zijden van de spoorlijn een voldoende groot leefgebied voor het ontwikkelen van een levensvatbare populatie. Dagelijkse uitwisseling tussen de gebieden noord- en zuid van de spoorlijn is daarom niet noodzakelijk. De ontsnipperende maatregelen moeten voor deze soorten de uitwisseling van individuen en genen tussen de populaties noord en zuid van de spoorlijn faciliteren.
- Hoewel meerdere doelsoorten duidelijke seizoensgebonden bewegingen door het landschap maken - o.a. amfibieën en reptielen naar voortplantingsplaatsen en overwinteringshabitat - is het doel *seizoengebonden gebruik* aan geen van de doelsoorten toegekend. De verwachting is dat bij eventuele seizoengebonden bewegingen de spoorlijn niet gepasseerd hoeft te worden omdat de gebieden aan weerszijden van het spoor alle typen leefgebied bevatten. Specifieke informatie over (migratie)bewegingen tussen de gebieden noord en zuid van de spoorlijn zijn momenteel niet bekend. Als deze seizoengebonden bewegingen over het spoor toch blijken plaats te vinden, kunnen de doelen worden aangepast.

Tabel 2

Doelsoorten voor ontsnippering bij de spoorlijn in het Naardermeer. De soorten zijn gerangschikt naar prioriteit. Er is ook aangegeven of de doelsoort beschermd is op basis van de EU Habitatrichtlijn (II = aanwijzing beschermde gebieden nodig; IV = strikt beschermde soorten; V = soorten waarvoor maatregelen getroffen kunnen worden om te zorgen dat de exploitatie van deze soorten niet ten koste gaat van hun behoud), of de doelsoort ook door Vereniging Natuurmonumenten (NM) als doelsoort is aangewezen, op welke termijn gebruik van de ontsnipperende maatregelen door de betreffende doelsoort wordt verwacht (K = korte termijn; L = lange termijn), welke versnipperingseffecten de doelsoort naar verwachting ervaart (S = sterfte door het treinverkeer; B = barrièrewerking; vetgedrukt = versnipperingseffect is naar verwachting een groot probleem), welk ambitieniveau voor ontsnippering wordt aanbevolen (A = geen netto verlies; B = beperkt netto verlies; 0 = geen ambitie) en wat de doelen zijn in termen van gebruik van de ontsnipperende maatregelen (I = initieel gebruik; D = dagelijks gebruik; S = seizoengebonden gebruik; J = jaarlijks gebruik).

Doelsoort	Natura2000	Doelsoort NM	Termijn	Effecten	Ambitie	Doelen gebruik
Hoge prioriteit						
Bever	II, IV	X	L	S/B	A	I/D
Boommarter	V	X*	K	S/B	A	I/D
Dwergmuis	-	-	K	S/B	A	J
Gewone dwergvleermuis	IV	-	K	B	A	D
Grote gerande oeverspin	-	-	L	B	A	I/J
Heikikker	IV	X	K	S/B	A	J
Laatvlieger	IV	-	K	B	A	D
Levendbarende hagedis	-	-	K	S/B	A	I/J
Meervleermuis	II, IV	-	K	B	A	D
Noordse woelmuis	II, IV	X	K	S/B	A	I/J
Otter	II, IV	X	L	S/B	A	I/D
Poelkikker	IV	X	K	S/B	A	J
Ree	-	X	K	S	A	J
Ringslang	-	X	K	S/B	A	J
Rosse vleermuis	IV	-	K	B	A	D
Rugstreeppad	IV	-	K	S/B	A	J
Ruige dwergvleermuis	IV	-	K	B	A	D
Waterspitsmuis	-	X	K	S/B	A	I/J
Watervleermuis	IV	-	K	B	A	D
Lage prioriteit						
Bastaardkikker	V	-	K	S/B	B	J
Bruine kikker	V	-	K	S/B	B	J
Bunzing	V	X*	K	S	B	D
Dwergspitsmuis	-	-	K	S/B	B	J
Egel	-	-	K	S/B	B	J
Gewone bosspitsmuis	-	-	K	S/B	B	J
Gewone pad	-	-	K	S/B	B	J
Haas	-	X	K	S	B	J
Hermelijn	-	X*	K	S	B	D
Huisspitsmuis	-	-	K	S/B	B	J
Kleine watersalamander	-	-	K	S/B	B	J
Meerkikker	V	-	K	S/B	B	J
Wezel	-	X*	K	S	B	D
Geen prioriteit						
Aardmuis	-	-	K	S/B	0	-
Bosmuis	-	-	K	S/B	0	-
Bruine rat	-	-	K	S	0	-
Huismuis	-	-	K	S/B	0	-
Konijn	-	-	K	S/B	0	-
Mol	-	-	K	S/B	0	-
Rosse woelmuis	-	-	K	S/B	0	-
Veldmuis	-	-	K	S/B	0	-
Vos	-	-	K	S	0	-
Woelrat	-	-	K	S	0	-

* Interpretatie van de door Vereniging Natuurmonumenten geselecteerde doelsoort 'marterachtigen'.

4 Ontwerpeisen doelsoorten

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk richten we ons op de vraag welke eisen de doelsoorten stellen aan het ontwerp van een effectieve faunapassage. De aandacht gaat primair uit naar het type, de dimensies en de inrichting van de passage: Welke typen faunapassages zijn voor de doelsoorten functioneel en welke niet? Wat is de minimale maatvoering voor deze faunapassages? Welke inrichtingsmaatregelen zijn aan te bevelen om de kans op acceptatie en gebruik van de faunapassage door de doelsoorten te vergroten? Daarnaast verkennen we ook welke aanvullende maatregelen nodig zijn om de faunapassages goed te laten functioneren. Tenslotte inventariseren we, per doelsoort, in welke dichtheid de faunapassages bij voorkeur worden aangelegd: Hoeveel faunapassages zijn er voor een doelsoort minimaal nodig per kilometer spoorlijn? We beperken ons in deze verkenning tot de doelsoorten waaraan - een hoge of lage - prioriteit is toegekend (zie hoofdstuk 3).

4.2 Werkwijze

Advies ontwerpeisen faunapassages

Bij de verkenning van geschikte typen faunapassages voor de doelsoorten is gebruik gemaakt van de *Leidraad faunavoorzieningen bij infrastructuur* (Wansink *et al.*, 2013). We beperken ons daarbij tot onderdoorgangen (zie paragraaf 1.3). Waar nodig - bijvoorbeeld door nieuwe of afwijkende inzichten - is van de beoordelingen in de leidraad afgeweken. Als dit het geval is, is dit toegelicht. Voor het bepalen van de gewenste dimensies en inrichting van de verschillende typen faunapassages is gebruik gemaakt van de wetenschappelijke literatuur en handboeken voor ontsnipperende maatregelen bij infrastructuur. Datzelfde geldt voor de aanvullende maatregelen die nodig worden geacht om de faunapassages goed te laten functioneren.

Advies dichtheid faunapassages

Bij de verkenning van het gewenste aantal faunapassages per (spoor)weglengte is gebruik gemaakt van de wetenschappelijke literatuur en handboeken voor ontsnipperende maatregelen bij infrastructuur.

4.3 Geschiktheid faunapassages

We richten ons hier op vijf typen faunapassages: (1) brug met doorlopende oevers, (2) ecoduiker, (3) grote faunatunnel, (4) kleine faunatunnel en (5) brug/duiker met faunavoorziening. Bij een 'brug met doorlopende oevers' passeert de spoorlijn via een brug zowel de watergang als de oevers (Figuur 4.1A). De oevers zijn bij voorkeur natuurvriendelijk ingericht waarbij de oeervervegetatie onder het kunstwerk doorloopt. Als hiervoor de ruimte ontbreekt of onvoldoende lichtinval is, kunnen de oevers bestaan uit droge loopstroken met een stobbenwal of takkenrichel, al dan niet achter een beschoeiing (Figuur 4.1B). Een 'ecoduiker' is een geprefabriceerde duiker met aan één of beide zijden een geïntegreerde loopstrook voor fauna (Figuur 4.1C en 4.1D). Een 'grote faunatunnel' is een onderdoorgang met afmetingen >2x2 m (Figuur 4.1E). Een 'kleine faunatunnel' is een buisvormige (maximaal 2 m) of rechthoekige (maximaal 2x2 m), droge duiker (figuren 4.1F en 4.1G). Een 'brug/duiker met faunavoorziening' is een bestaande brug of duiker waarin aan één of beide zijden een loopstrook voor fauna is aangebracht (Figuur 4.1H).



Figuur 4.1 Voorbeelden van de vijf typen faunapassages: brug met doorlopende oevers (A en B); ecoduiiker (C en D); grote faunatunnel (E); kleine faunatunnel (F en G); brug/duiker met faunavoorziening (H).

Tabel 3 geeft per doelsoort aan of deze typen faunapassages geschikt zijn of niet. Voor elf soorten wijken we hier enigszins af van de beoordeling in de *Leidraad faunavoorzieningen bij infrastructuur* (Wansink *et al.*, 2013):

- De **Bever** passeert bruggen en duikers vaak zwemmend (zie ook Van der Grift *et al.*, 2010). Ook het type 'brug/duiker met faunavoorziening' beoordelen we voor deze soort daarom als geschikt. De soort maakt ook gebruik van droge duikers. Naar verwachting zal de soort dan ook gebruik kunnen maken van grote faunatunnels.
- De **Boommarter** wordt de laatste jaren steeds vaker in moerasgebieden aangetroffen, inclusief het Naardermeer. Hoewel momenteel gegevens ontbreken, schatten we in dat deze soort goed gebruik kan maken van het type 'brug met doorlopende oevers'.
- De **Gewone dwergvleermuis** maakt gebruik van duikers, maar wordt alleen in de grotere duikers aangetroffen (Boonman, 2011). Een ecoduiker voldoet niet aan de minimale dimensies die deze soort vereist. Dit type faunapassage beoordelen we daarom voor deze soort als ongeschikt (zie ook paragraaf 4.4). De gewenste dimensies worden ook niet bij iedere grote faunatunnel bereikt en daarom beoordelen we dit type voor deze soort als matig geschikt. Er moet immers aan minimale voorwaarden worden voldaan wat betreft de dimensies om door deze soort gebruikt te kunnen worden.
- De **Ruige dwergvleermuis** is door Boonman (2011) slechts incidenteel voor de ingang van duikers waargenomen. We gaan er hier vanuit dat de soort vergelijkbare eisen stelt aan het ontwerp van een faunapassage als de Gewone dwergvleermuis.
- De **Laatvlieger** wordt wel onder bruggen en in duikers aangetroffen, maar dit is slechts incidenteel en dan alleen in zeer ruime onderdoorgangen (Boonman, 2011). Een ecoduiker is voor deze soort te klein (zie ook paragraaf 4.4). Dit type faunapassage beoordelen we daarom voor deze soort als ongeschikt. De gewenste dimensies worden ook niet bij iedere brug of grotere onderdoorgang bereikt en daarom beoordelen we de typen 'brug met doorlopende oevers', 'grote faunatunnel' en 'brug/duiker met faunavoorziening' voor deze soort als matig geschikt. Er moet immers aan minimale voorwaarden wat betreft de dimensies worden voldaan om door deze soort gebruikt te kunnen worden.
- De **Rosse vleermuis** is door Boonman (2011) regelmatig voor de ingang van duikers waargenomen. De soort is echter nooit in de duikers geregistreerd. We gaan er hier vanuit dat de soort vergelijkbare eisen stelt aan het ontwerp van een faunapassage als de Laatvlieger.
- De **Meervleermuis** en **Watervleermuis** zijn tijdens hun bewegingen door het landschap sterk gebonden aan water. Een grote faunatunnel is voor deze soorten daarom als ongeschikt beoordeeld, hoewel wellicht wel voldaan wordt aan de eisen die de soorten stellen aan de dimensies van de onderdoorgang.
- Het is niet bekend of de **Levendbarende hagedis** gebruik maakt van loopstroken/-richels (Wansink *et al.*, 2013). We maken hier geen verschil tussen geïntegreerde loopstroken/-richels in een ecoduiker of later aangebrachte loopstroken/-richels bij een bestaande duiker of brug.
- De **Noordse woelmuis** en **Waterspitsmuis** maken naar verwachting vooral gebruik van onderdoorgangen waarin een watergang aanwezig is. Gebruik van loopstroken/-richels door deze soorten is vooralsnog niet vastgesteld, maar is wel waarschijnlijk. In dit verband oordelen we hier dat er geen verschil is tussen loopstroken/-richels in het type ecoduiker en het type brug/duiker met faunavoorziening.
- De **Ringslang** gebruikt faunatunnels en andere onderdoorgangen, maar hierover is nog weinig bekend (Struijk, 2011). Wij schatten hier in dat de Ringslang goed in staat is om een spoorlijn zwemmend te passeren ingeval van een brug of natte duiker.

Tabel 3

De mate van geschiktheid van de geselecteerde typen faunapassages voor de doelsoorten met prioriteit. Legenda: ●● = geschikt; ● = matig geschikt, afhankelijk van ontwerp/inrichting; - = niet geschikt; ? = geschiktheid voor soort onbekend; (..) = afwijkend t.o.v. de beoordeling in de 'Leidraad faunavoorzieningen bij infrastructuur' (Wansink et al., 2013).

Doelsoort	Brug met doorlopende oever	Ecoduiker	Grote faunatunnel	Kleine faunatunnel	Brug/duiker met faunavoorziening
Hoge prioriteit					
Bever	●●	●●	(●●)	●●	(●●)
Boommarter	(●●)	●	●●	●●	●
Dwergmuis	●●	●●	●●	●●	●●
Gewone dwergvleermuis	●●	(-)	(●)	-	●
Grote gerande oeverspin	●●	●●	-	-	●●
Heikikker	●●	●●	●●	●●	●●
Laatvlieger	(●)	(-)	(●)	-	●
Levendbarende hagedis	●	?	●	●	(?)
Meervleermuis	●●	●	(-)	-	●
Noordse woelmuis	●●	●●	?	?	(●●)
Otter	●●	●●	●●	●●	●●
Poelkikker	●●	●●	●●	●●	●●
Ree	●	-	●●	-	-
Ringslang	(●●)	(●●)	●	●	(●●)
Rosse vleermuis	(●)	(-)	(●)	-	●
Rugstreeppad	●●	●●	●●	●●	●●
Ruige dwergvleermuis	●●	(-)	(●)	-	●
Waterspitsmuis	●●	●●	?	?	(●●)
Watervleermuis	●●	●	(-)	-	●
Lage prioriteit					
Bastaardkikker	●●	●●	●●	●●	●●
Bruine kikker	●●	●●	●●	●●	●●
Bunzing	●●	●●	●●	●●	●●
Dwergspitsmuis	●●	●●	●●	●●	●●
Egel	●●	●	●●	●●	●
Gewone bosspitsmuis	●●	●●	●●	●●	●●
Gewone pad	●●	●●	●●	●●	●●
Haas	●●	-	●●	●	-
Hermelijn	●●	●●	●●	●●	●●
Huisspitsmuis	●●	●●	●●	●●	●●
Kleine watersalamander	●●	●●	●●	●●	●●
Meerkikker	●●	●●	●●	●●	●●
Wezel	●●	●●	●●	●●	●●
Aantal soorten 'geschikt'	28	21	21	19	21
Aantal soorten 'matig geschikt'	4	4	6	3	8
Aantal soorten 'ongeschikt'	0	6	3	8	2
Aantal soorten 'onbekend'	0	1	2	2	1

De **brug met doorlopende oevers** is voor vrijwel alle doelsoorten geschikt. Slechts voor vier doelsoorten - Ree, Laatvlieger, Rosse vleermuis en Levendbarende hagedis - is dit type geclassificeerd als matig geschikt. Dit betekent dat de faunapassage slechts onder voorwaarden gebruik door de betreffende soorten faciliteert. Gebruik door Ree van een brug met doorlopende oevers is alleen te verwachten als de breedte, hoogte en openheid van de brug aan de eisen van deze soort voldoen (zie paragraaf 4.4). Gebruik door de Laatvlieger en Rosse vleermuis is alleen te verwachten als het oppervlak van de opening van de onderdoorgang aan de eisen van deze soorten voldoet (zie paragraaf 4.4). Gebruik door de Levendbarende hagedis is alleen te verwachten als er in de onderdoorgang dekking biedende structuren aanwezig zijn (zie paragraaf 4.5). De brug met doorlopende oevers kent geen doelsoorten met de classificatie 'ongeschikt' of 'onbekend'. Met dit type passage kunnen dus - onder voorwaarden - alle doelsoorten worden gefaciliteerd.

De **ecoduiker** is voor 21 doelsoorten geschikt. Voor vier doelsoorten - Boommarter, Egel, Meervleermuis en Watervleermuis - is dit type geclassificeerd als matig geschikt. Voor Boommarter en Egel kan een ecoduiker naar verwachting alleen goed functioneren als de loopstrook relatief breed is (zie paragraaf 4.4). Ecoduikers bieden een passage aan de Meervleermuis en Watervleermuis als de opening van de onderdoorgang aan de minimale eisen van deze soorten voldoet (zie paragraaf 4.4). De ecoduiker is voor zes doelsoorten - Gewone dwergvleermuis, Ruige dwergvleermuis, Haas, Laatvlieger, Rosse vleermuis en Ree - als ongeschikt beoordeeld. Voor de vleermuizen en Ree zijn de dimensies van een ecoduiker onvoldoende. Het gebruik van relatief smalle loopstroken langs een watergang door Haas is tot op heden niet waargenomen. De ecoduiker kent één doelsoort - Levendbarende hagedis - met de classificatie 'onbekend'. Gebruik van loopstroken in duikers door deze soort is vooralsnog niet geregistreerd.

De **grote faunatunnel** is voor 21 doelsoorten geschikt. Voor zes doelsoorten - Gewone dwergvleermuis, Ruige dwergvleermuis, Laatvlieger, Rosse vleermuis, Levendbarende hagedis, Ringslang - is dit type geclassificeerd als matig geschikt. Gebruik door genoemde vleermuizen is alleen te verwachten als de dimensies van de faunatunnel aan de minimale eisen van deze soorten voldoen (zie paragraaf 4.4). Gebruik door de Levendbarende hagedis en Ringslang is alleen te verwachten als er in de onderdoorgang dekking biedende structuren aanwezig zijn (zie paragraaf 4.5). De grote faunatunnel is voor drie doelsoorten - Grote gerande oeverspin, Meervleermuis, Watervleermuis - als ongeschikt beoordeeld. Al deze soorten maken naar verwachting alleen gebruik van faunapassages waarin een watergang aanwezig is. De grote faunatunnel kent twee doelsoorten - Noordse woelmuis, Waterspitsmuis - met de classificatie 'onbekend'. Gebruik van droge faunatunnels door deze soorten is vooralsnog niet geregistreerd. De verwachting is dat deze soorten de voorkeur geven aan onderdoorgangen met een watergang, maar daarnaast ook droge onderdoorgangen kunnen benutten.

De **kleine faunatunnel** is voor 19 doelsoorten geschikt. Voor drie doelsoorten - Levendbarende hagedis, Haas, Ringslang - is dit type geclassificeerd als matig geschikt. Gebruik door de Levendbarende hagedis en Ringslang is alleen te verwachten als er in de onderdoorgang dekking biedende structuren aanwezig zijn (zie paragraaf 4.5). Gebruik door Haas is alleen te verwachten als de dimensies van de kleine faunatunnel aan de minimale eisen van deze soort voldoen (zie paragraaf 4.4). De kleine faunatunnel is voor acht doelsoorten - Gewone dwergvleermuis, Grote gerande oeverspin, Laatvlieger, Meervleermuis, Ree, Rosse vleermuis, Ruige dwergvleermuis, Watervleermuis - als ongeschikt beoordeeld. Voor de vleermuizen en Ree zijn de dimensies van een kleine faunatunnel onvoldoende. De Grote gerande oeverspin maakt naar verwachting alleen gebruik van faunapassages waarin een watergang aanwezig is. Het gebruik van relatief smalle loopstroken langs een watergang door Haas is tot op heden niet waargenomen. De kleine faunatunnel kent twee doelsoorten - Noordse woelmuis, Waterspitsmuis - met de classificatie 'onbekend'. Gebruik van droge faunatunnels door deze soorten is vooralsnog niet geregistreerd. De verwachting is dat deze soorten de voorkeur geven aan onderdoorgangen met een watergang, maar daarnaast ook droge onderdoorgangen kunnen benutten.

De **brug/duiker met faunavoorziening** is voor 21 doelsoorten geschikt. Voor acht doelsoorten - Boommarter, Gewone dwergvleermuis, Laatvlieger, Meervleermuis, Egel, Rosse vleermuis, Ruige dwergvleermuis, Watervleermuis - is dit type geclassificeerd als matig geschikt. Voor Boommarter en Egel kan een brug/duiker met faunavoorziening naar verwachting alleen goed functioneren als de loopstrook relatief breed is (zie paragraaf 4.4). Gebruik door de vleermuizen is alleen te verwachten als het oppervlak van de opening van de onderdoorgang aan de eisen van deze soorten voldoet (zie paragraaf 4.4). De brug/duiker met faunavoorziening is voor twee doelsoorten - Haas, Ree - als ongeschikt beoordeeld. Haas en Ree maken geen gebruik van relatief smalle loopstroken langs een watergang. De brug/duiker met faunavoorziening kent één doelsoort - Levendbarende hagedis - met de classificatie 'onbekend'. Gebruik van loopstroken in bruggen/duikers door deze soort is vooralsnog niet geregistreerd.

4.4 Advies dimensies faunapassages

In deze paragraaf richten we ons op de vraag welke dimensies de verschillende typen faunapassages - of specifieke elementen er van - moeten hebben om een effectieve verbinding te creëren voor de doelsoorten. Niet alle dimensies zijn een factor van betekenis voor alle doelsoorten. We groeperen daarom de doelsoorten op basis van relevantie van de diverse dimensies van de faunapassages. Waar mogelijk presenteren we naast een voorkeursvariant ook een minimumvariant.

Ree

Deze doelsoort stelt eisen aan: (1) de breedte van de onderdoorgang, (2) de hoogte van de onderdoorgang, (3) de lengte van de onderdoorgang, (4) de doorzichthoogte ingeval de onderdoorgang verdiept ligt, en (5) de openheid van de onderdoorgang (breedte x hoogte / lengte). Een onderdoorgang voor Ree is bij voorkeur 15 m breed en 4 m hoog (Iuell *et al.*, 2003). Een breedte van 7 m (zie ook Ministerio de Medio Ambiente, 2006) en een hoogte van 3 m moet als minimum worden gezien. Een tunnel met deze breedte en hoogte faciliteert naar verwachting echter slechts incidenteel gebruik en is daarom niet aan te raden als het doel is dat de soort frequent passeert. De maximale lengte van een onderdoorgang voor Ree is niet bekend. In het algemeen geldt dat de onderdoorgang bij voorkeur zo kort mogelijk is. Voor hoefdieren is er bij voorkeur doorzicht, d.w.z. Reeën die op maaiveld de onderdoorgang naderen, hebben zicht op het maaiveld aan de andere kant. De literatuur verschaft geen concrete richtlijnen voor de doorzichthoogte, dat wil zeggen de vrije ruimte tussen het maaiveld en de onderkant van het brugdek. Gezien de grootte van deze doelsoort is de aanbeveling om een minimale doorzichthoogte van 1 m aan te houden.

De openheidindex is bij voorkeur $>1,5$ (Iuell *et al.*, 2003). Deze index geeft een indicatie van de minimale verhoudingen tussen de drie dimensies - breedte, hoogte en lengte - van de faunapassage. Deze index moet altijd in combinatie met de minimale hoogte/breedte en maximale lengte van een faunapassage worden gebruikt. Anders gezegd: als aan de minimale openheidindex wordt voldaan maar de breedte of hoogte is beneden de minimale waarde of de lengte is boven de maximale waarde, dan zal de faunapassage naar verwachting niet werken. De richtlijn voor de relatieve openheid van een faunapassage moet met enige voorzichtigheid worden gebruikt. Dit is vooral een 'ervaringscijfer' dat nog nadere wetenschappelijke onderbouwing nodig heeft. Kijken we bijvoorbeeld naar de onderdoorgangen in Nederland waar regelmatig gebruik door Ree met zekerheid is vastgesteld, dan is dat op slechts één locatie (A28 Zeist-West), waar de openheidindex 5,0 is - ver boven de drempelwaarde van 1,5. Ook elders in Europa treedt het gebruik van faunatunnels door Ree vooral op wanneer de onderdoorgang ruim gedimensioneerd is (zie ook Van der Grift, 2004; Van der Grift, 2009).

Kleine en middelgrote, grondgebonden zoogdieren

Deze doelsoorten stellen eisen aan: (1) de breedte van de doorlopende oevers, (2) de breedte van de loopstroken/-richels, (3) de breedte van een droge onderdoorgang, (4) de hoogte van de onderdoorgang, (5) de lengte van de onderdoorgang, en (6) de openheid van de onderdoorgang. De richtlijnen voor de breedte van doorlopende oevers verschillen per soort: 0,3 m (Dwergmuis), 0,4 m (Bunzing, Hermelijn), 0,5 m (Egel, Otter, Wezel), 2,5 m (Noordse woelmuis, Waterspitsmuis) en 10 m (Bever) (Wansink *et al.*, 2013). Omdat we verwachten dat de Bever vooral zwemmend passeert, lijkt deze maatvoering minder kritisch. Als we de eisen van de meest kritische doelsoorten hanteren, met uitzondering van de Bever, is hier het advies om een minimale breedte van 2,5 m aan te houden. De richtlijnen voor de breedte van loopstroken/-richels verschillen eveneens per soort: 0,3 m (muizen), 0,4 m (Bunzing, Hermelijn) en 0,5-0,7 m (o.a. Egel, Wezel) (Wansink *et al.*, 2013). Bredere loopstroken hebben de voorkeur, omdat deze door sommige soorten vaker worden gebruikt (Brandjes *et al.*, 2001b). We adviseren hier dan ook om minimaal een breedte van 0,5 m, maar bij voorkeur 0,7 m aan te houden. Als kleine faunatunnel hebben rechthoekige duikers de voorkeur. De rechte wanden vormen een betere geleiding en het loopoppervlak is relatief groter. Als meerdere soorten de tunnel moeten gebruiken is het advies om de duiker minimaal 1,5 m breed te maken ingeval van een rechthoekige duiker of een diameter van 1,5 m te geven ingeval van een buisvormige duiker (Iuell *et al.*, 2003). Als minimale breedte/diameter adviseren we hier 0,5 m (muizen, spitsmuizen, marterachtigen, Egel, Otter) en 0,8 m (Bever, Haas). De doorloophoogte in de onderdoorgang is bij voorkeur 1,5 m, gebaseerd op de eisen van de Otter - de meest kritische soort in dit verband.

(Wansink *et al.*, 2013). Een doorloophoogte van 0,6 m wordt voor grondgebonden zoogdieren gezien als het minimum. Ook voor deze doelsoorten geldt dat de lengte van de onderdoorgang bij voorkeur zo beperkt mogelijk is. Brandjes *et al.* (2002) stelden voor faunatunnels vast dat de lengte negatief gecorreleerd is met het gebruik door onder meer kleine marterachtigen (Wezel, Hermelijn). Zij constateerden dat faunatunnels korter dan 40 m lang vaker werden gebruikt door deze soorten dan passages met een grotere lengte. In hoeverre dit effect ook optreedt bij bruggen of duikers is niet bekend.

Amfibieën

Deze doelsoorten stellen eisen aan: (1) de breedte van doorlopende oevers, (2) de breedte van loopstroken/-richels, (3) de breedte van een droge onderdoorgang, (4) de hoogte van de onderdoorgang, en (5) de lengte van de onderdoorgang. Voor amfibieën lijken relatief smalle doorlopende oevers (0,4 m), smalle loopstroken/-richels (0,3 m) en smalle faunatunnels (0,4 m) met een lage doorloophoogte (0,5 m) al functioneel (Wansink *et al.*, 2013). Deze maatvoeringen gelden echter alleen voor relatief korte onderdoorgangen (<10 m). Voor onderdoorgangen van 10-20 m zijn een breedte en doorloophoogte van minimaal 1 m respectievelijk 0,75 m het advies. Voor onderdoorgangen van 20-30 m zijn een breedte en doorloophoogte van minimaal 1,5 m respectievelijk 1 m het advies. Ook voor deze groep doelsoorten geldt dat de lengte van de onderdoorgang bij voorkeur zo beperkt mogelijk is. Brandjes *et al.* (2002) stelden ook voor amfibieën vast dat de lengte van faunatunnels negatief gecorreleerd is met het gebruik. Zij constateerden dat tunnels korter dan 40 m lang vaker werden gebruikt door amfibieën dan faunapassages met een grotere lengte. In hoeverre dit effect ook optreedt bij bruggen of duikers is niet bekend.

Reptielen en ongewervelden

Deze doelsoorten stellen naar verwachting eisen aan: (1) de breedte van de doorlopende oevers, (2) de breedte van de loopstroken/-richels, (3) de breedte van een droge onderdoorgang, (4) de hoogte van de onderdoorgang, en (5) de lengte van de onderdoorgang. Specifieke richtlijnen voor deze soorten ontbreken voorsnog. We nemen hier daarom aan dat deze soorten vergelijkbare eisen stellen als amfibieën. Een uitzondering vormt de richtlijn voor de breedte van doorlopende oevers voor de Ringslang: 5 m (Wansink *et al.*, 2013). Omdat we verwachten dat de Ringslang vooral zwemmend passeert, lijkt deze maatvoering echter minder kritisch dan de richtlijnen voor bijvoorbeeld de grondgebonden zoogdieren.

Vleermuizen

Deze doelsoorten stellen eisen aan: (1) de breedte van de onderdoorgang, (2) de hoogte van de onderdoorgang, en (3) het oppervlak van de opening van de onderdoorgang (breedte x hoogte). De belangrijkste factor die het gebruik van bruggen en duikers door vleermuizen bepaalt, is het oppervlak van de opening van de onderdoorgang (Boonman, 2011). Hoe groter dit oppervlak, hoe vaker de vleermuizen passeren. Dit effect treedt vooral op bij onderdoorgangen met een beperkte omvang. Bij grotere onderdoorgangen is sprake van verzadiging in het gebruik. Boonman (2011) stelde vast dat de hoogte van de onderdoorgang de belangrijkste component is die het gebruik door vleermuizen kan verklaren. Naar verwachting is er ook een minimum breedte, maar de breedte van de meeste onderdoorgangen ligt naar verwachting buiten het bereik waarin ze het gebruik door vleermuizen beperken. De lengte van onderdoorgangen is geen belangrijke factor: ook lange onderdoorgangen worden frequent door vleermuizen gebruikt.

De vleermuissoorten die als doelsoort zijn aangewezen stellen ieder eigen eisen aan de dimensies van bruggen/duikers. De **Laatvlieger** wordt wel onder bruggen en in duikers aangetroffen, maar dit is slechts incidenteel en dan alleen in zeer ruime onderdoorgangen (oppervlakte opening onderdoorgang: >120 m²; Boonman, 2011). Minimale dimensies voor onderdoorgangen zijn voor deze soort niet bepaald. Dat geldt ook voor de **Rosse vleermuis**, die bruggen en duikers eerder lijkt te mijden dan te gebruiken. De **Gewone dwergvleermuis** maakt regelmatig gebruik van bruggen/duikers. De soort wordt echter alleen in de grotere onderdoorgangen aangetroffen (Boonman, 2011). De minimale hoogte van de onderdoorgang - de afstand tussen de waterspiegel en het plafond van de brug/duiker - is 1,5 m. De minimaal vereiste oppervlakte van de opening van de onderdoorgang, waarbij de kans op gebruik 95% is, is voor deze soort 47 m². Voor de **Ruige dwergvleermuis** zijn geen minimale dimensies voor onderdoorgangen bepaald. We nemen hier aan

dat de soort vergelijkbare eisen stelt als de Gewone dwergvleermuis. De **Meervleermuis** maakt regelmatig gebruik van bruggen/duikers (Boonman, 2011). De minimale hoogte van de onderdoorgang is 1 m. De minimaal vereiste oppervlakte van de tunnelopening waarbij de kans op gebruik 95% is, is voor deze soort 18 m². De **Watervleermuis** maakt ook regelmatig gebruik van bruggen/duikers (Boonman, 2011). De minimale hoogte van de onderdoorgang is 0,9 m. De minimaal vereiste oppervlakte van de tunnelopening waarbij de kans op gebruik 95% is, is voor deze soort 7,4 m².

4.5 Advies inrichting faunapassages

In deze paragraaf geven we een aantal aanbevelingen voor de inrichting van de verschillende typen faunapassages die het gebruik door de doelsoorten naar verwachting bevorderen. Voor ontwerpdetails en aandachtspunten voor de inrichting verwijzen we naar Wansink *et al.* (2013).

Brug met doorlopende oevers

De oevers hebben bij voorkeur de vorm van een flauw talud, waardoor dieren in staat zijn om de watergang gemakkelijk in en uit te gaan. De oevers hebben een hoogte die er voor zorgt dat deze bij hoog water niet geheel inunderen. De doorlopende oevers bestaan bij voorkeur uit gebiedseigen materiaal. Indien mogelijk wordt voldoende licht- en vochtinval gecreëerd voor het ontwikkelen van doorlopende oevervegetaties onder de brug. Wanneer vegetatie-ontwikkeling onder de brug niet of slechts beperkt mogelijk is, is het creëren van extra dekking van belang. Dit kan bijvoorbeeld door het aanbrengen van een stobbenwal of takkenrichel. Deze dekking biedende structuren lopen bij voorkeur door op beide toelopen van de onderdoorgang. De water- en oevervegetaties langs de waterloop aan weerszijden van de brug moeten zo veel mogelijk behouden c.q. ontwikkeld worden. Deze vegetaties zijn van belang voor het geleiden van de dieren naar de onderdoorgang. Bij voorkeur worden plaatselijk struweel- en ruigtevegetaties op de droge oever ontwikkeld.

Ecoduiker

De looprichels in de ecoduiker hebben bij voorkeur een opstaande rand en een grondlaag van circa 10 cm dikte. De aansluiting van de loopstroken op de oevers gebeurt bij voorkeur op hetzelfde hoogteniveau en in een hoek van maximaal 45°. De loopstroken zijn goed bereikbaar vanaf zowel de droge delen van de oevers als vanuit het water (uitstapplaats).

Grote faunatunnel

De bodem van de grote faunatunnel moet bestaan uit een grondlaag. Deze is minimaal 50 cm dik. Het advies is om extra dekking aan te brengen voor de kleinere soorten, bijvoorbeeld met (kleine) stobben, een takkenrichel of een rand met keien. Deze dekking biedende structuren worden bij voorkeur aan weerszijden van de tunnel over enkele tientallen meters voortgezet op de toelopen. Rond de tunnelingangen worden bij voorkeur maatregelen getroffen die de plek aantrekkelijk maken voor de doelsoorten, bijvoorbeeld door de aanleg van een poel, vochtige greppel of struweelvegetatie.

Kleine faunatunnel

De aanbevelingen zijn identiek aan die voor de grote faunatunnel. De grondlaag in de tunnel is minimaal 5 cm dik, maar bij voorkeur 10 cm.

Brug/duiker met faunavoorziening

De aanbevelingen zijn identiek aan die voor de ecoduiker.

4.6 Advies aanvullende maatregelen

Met enkele aanvullende maatregelen kan naar verwachting het gebruik van de faunapassages door de doelsoorten worden vergroot. Het gaat om maatregelen die voorkomen dat dieren op de spoorlijn terecht komen of samenhangen met het geleiden van de dieren richting de faunapassages. Voor ontwerpdetails en aandachtspunten verwijzen we naar Wansink *et al.* (2013).

Faunarasters

Het advies is om faunakerende rasters aan te brengen langs de spoorlijn om aanrijdingen met middelgrote tot grote, grondgebonden zoogdieren te voorkomen en de dieren te geleiden naar de faunapassages. De verschillende soorten stellen in dit verband verschillende eisen aan de hoogte, vorm en maaswijdte van het raster (Tabel 4; Figuur 4.2).

Tabel 4

Richtlijnen faunakerend raster voor middelgrote en grote zoogdieren die als doelsoort zijn geselecteerd voor ontsnippering van de spoorlijn door het Naardermeer.

Doelsoorten	Hoogte raster (m)	Maaswijdte (mm)	Bijzonderheden
Ree	1,8	150x200	Geen
Boommarter	2,5	25x50	Minimaal 0,4 m ingegraven met 0,4 m ombuiging naar de wildzijde Minimaal 1 m glad oppervlak aan de bovenkant van het raster Minimaal 0,5 m ombuiging aan de bovenkant van het raster naar de wildzijde, bestaande uit glad oppervlak en vervolgens circa 5 cm naar beneden
Bever, Otter, Bunzing, Hermelijn, Egel, Haas	1,0	25x50	Minimaal 0,4 m ingegraven met 0,4 m ombuiging naar de wildzijde

Het advies is om aan weerszijden van het spoor een Boommarter-werend raster aan te leggen op de plekken waar moerasbos wordt doorsneden: km 17.6-18.4, km 19.0-19.3 en km 19.7-20.5. Dit raster is ook functioneel voor het weren van de overige middelgrote en grote zoogdieren. Op alle overige plekken adviseren we een combinatieraster, bestaande uit een Otter-werend en Ree-werend raster: km 16.5-17.6, km 18.4-19.0, km 19.3-19.7 en km 20.5-20.7.

Faunaschermen/geleidingswanden

Het advies is om faunakerende schermen of geleidingswanden aan te brengen langs de spoorlijn om aanrijdingen met kleine, grondgebonden zoogdieren (muizen, spitsmuizen, Wezel), amfibieën en reptielen te voorkomen en de dieren te geleiden naar de faunapassages. De schermen/geleidingswanden zijn bij voorkeur 0,6 m hoog. De minimale hoogte is 0,4 m. De schermen/geleidingswanden zijn bij voorkeur 0,2 m (minimaal 0,1 m) ingegraven. Het (ondergronds) bevestigen van een horizontaal loopvlak aan de verticale wand verkleint de kans dat dieren onder het raster door kunnen (Struijk, 2011). De schermen/geleidingswanden moeten van glad materiaal gemaakt zijn en vrijgehouden worden van begroeiing. Aan de bovenzijde buigt het scherm bij voorkeur circa 10 cm terug en vervolgens circa 5 cm naar beneden.

Het advies is om de faunakerende schermen/geleidingswanden over de gehele lengte van de spoorlijn in het Naardermeer (km 16.5-20.7) aan te leggen, in combinatie met het Boommarter-werende raster of het combinatieraster.

Geluidschermen

Het advies is om ter hoogte van een brug met doorlopende oevers aan weerszijden van de spoorlijn geluidschermen aan te brengen die de verstoring van passerende dieren door passerende treinen voorkomen en het verlies van habitatkwaliteit rond de faunapassage beperken. Als vuistregel voor de lengte van het geluidscherm stellen we de volgende rekenregel voor: 25 m + breedte linkeroever + breedte watergang + breedte rechteroever + 25 m. Het doel is om rond de faunapassage meer rust te creëren en op die manier het gebruik van de onderdoorgang te bevorderen. De geluidschermen hebben echter meer voordelen. Ze kunnen dienen als faunascherm voor grondgebonden dieren en dwingen vleermuizen die de watergang volgen - en er voor kiezen om niet via de onderdoorgang te passeren - om de spoorlijn hoger te passeren, dat de kans op aanrijdingen verkleint.



Figuur 4.2 Voorbeeld van een faunascherm (A), laag raster (B), laag raster met faunascherm (C) en hoog combinatieraster met faunascherm (D).

4.7 Advies dichtheden faunapassages

Liggen faunapassages te ver uiteen, dan kunnen ze onbereikbaar zijn voor soorten met een beperkte mobiliteit. Dit geldt vooral voor grondgebonden soorten. In de wetenschappelijke literatuur zijn voorsnog echter weinig richtlijnen te vinden voor het bepalen van de gewenste dichtheid aan faunapassages. Het meeste onderzoek is gericht op het vaststellen van de beste ontwerprichtlijnen en niet op het achterhalen van richtlijnen voor het (minimum) aantal passages dat een soort per kilometer (spoor)weg nodig heeft. De richtlijnen die in de diverse handboeken gegeven zijn, meestal uitgedrukt in de maximale afstand tussen twee faunapassages, zijn daarom te karakteriseren als 'vuistregels' of een 'expert-schatting', die meestal nog weinig onderbouwd zijn.

Wat zeggen de handboeken?

In het navolgende bespreken we de richtlijnen die in de belangrijkste handboeken voor ontsnippering - uit Nederland en Europa - van de laatste twintig jaar zijn opgenomen. We doen dit in chronologische volgorde. Tabel 5 vat de bevindingen samen.

In de **Handreiking maatregelen voor de fauna langs weg en water** (Oord, 1995) zijn alleen voor amfibieën en de Das concrete richtlijnen opgenomen voor de afstand tussen twee faunapassages. Voor amfibieën wordt een afstand van maximaal 70 of 100 m geadviseerd, afhankelijk van de hoek waaronder de dieren op de geleidingschermen stuiten. Dit advies gaat over de migratiebewegingen van amfibieën tijdens de voortplantingstrek. Tijdens deze seizoenmigratie wijken amfibieën niet graag van hun trekrichting af en laten ze zich slechts over een beperkte afstand door een geleidingscherm bijsturen. Bij een trefhoek van 60 tot 90 graden trekken de dieren hoogstens 70 m zijwaarts, bij een trefhoek van minder dan 60 graden - dus bij sterk V-vormig geplaatste schermen - is dat 100 m. Daarnaast geeft het handboek het advies om tunnels voor amfibieën bij voorkeur in het zwaartepunt van de trekroute te positioneren en zo dicht mogelijk bij het voortplantingswater.

Het **Naslagwerk fauna- en floravoorzieningen** (Joop en Davidse, 1995) is een handboek dat zich specifiek richt op ecologische voorzieningen bij railinfrastructuur. Het geeft echter geen richtlijnen voor de (maximale) afstand tussen twee faunapassages. Het handboek geeft wel per type maatregel aan op welke plekken in het landschap de betreffende voorziening het best kan worden gesitueerd - bijvoorbeeld op een wildwissel, in een waterloop of aansluitend op lijnvormige beplantingstroken.

Het handboek **Ontsnippering railinfrastructuur - Methodiek voor mitigatie** (Morel et al., 1999) geeft richtlijnen (zie Tabel 5) voor de maximale afstand tussen twee faunapassages die zijn gerelateerd aan het minimum oppervlak dat een kernpopulatie van de soort nodig heeft, die zijn ontleend aan Bergers (1997). Zij maken daarbij onderscheid tussen twee typen bewegingen: dispersie en migratie. Dispersie heeft betrekking op bewegingen tussen kernpopulaties. Migratie heeft betrekking op bewegingen binnen de kernpopulatie. Dit gaat om zowel dagelijks bewegingen binnen de home range als bewegingen die seizoensgebonden worden gemaakt. De gegeven richtlijnen zijn gebaseerd op een expertoordeel.

Het **Handboek voor Robuuste Verbindingen** (Alterra, 2001) verschaft richtlijnen voor de onderlinge afstand van faunapassages. Deze richtlijnen zijn opgesteld voor de zogenoemde 'robuuste verbindingen' die populaties in verschillende natuorkernen met elkaar moeten verbinden en hebben daarom betrekking op alleen dispersiebewegingen. Als beslisregel is gebruikt: de maximale afstand tussen twee faunapassages moet niet groter zijn dan een vierde van de gemiddelde dispersiecapaciteit van de soort. In het handboek is dit voor een beperkt aantal (beleidsrelevante) soorten uitgewerkt.

Het Tsjechische handboek voor ontsnippering - **On the permeability of roads for wildlife: A handbook** (Hlaváč en Anděl, 2002) - geeft concrete richtlijnen voor de maximale afstand tussen twee faunapassages voor drie diergroepen: (1) grote hoefdieren (Edelhert, Eland) en grote carnivoren (Wolf, Beer, Lynx), (2) kleine hoefdieren (Ree en Wild zwijn) en (3) kleine carnivoren (Vos, Das, Otter) (zie ook Hlaváč, 2005). De maximale afstand tussen twee faunapassages kan volgens dit handboek variëren tussen gebieden, afhankelijk van het belang van het gebied voor grote zoogdieren: in permanente leefgebieden zijn kortere afstanden geadviseerd dan in gebieden die onregelmatig of slechts incidenteel door grote zoogdieren worden bewoond. Hoewel niet expliciet vermeld, lijken de geadviseerde afstanden vooral betrekking te hebben op het faciliteren van dispersiebewegingen van dieren tussen populaties. Voor de soorten die relevant zijn voor onderhavige studie - Ree en Otter - zijn de in onderstaande tabel opgenomen maximale afstanden tussen twee faunapassages aanbevolen.

Belang gebied voor grote zoogdieren	Beschrijving	Ree	Otter
Van het hoogste belang	Gebieden die permanent bewoond zijn door grote hoefdieren/carnivoren en bovenregionale corridors	1,5-2,5 km	1 km
Van groot belang	Gebieden die onregelmatig bewoond zijn door grote hoefdieren/carnivoren en regionale corridors	2-4 km	1 km
Van belang	Gebieden die incidenteel bewoond zijn door grote hoefdieren/carnivoren en lokale corridors	3-5 km	1 km
Van weinig belang	Gebieden zonder grote hoefdieren/carnivoren, maar die wel permanent bewoond zijn door kleine hoefdieren	5 km	1 km
Van geen belang	Gebieden zonder (grote en kleine) hoefdieren en grote carnivoren	geen	1-3 km

Het Europese handboek voor ontsnippering - **Wildlife and traffic: A European handbook for identifying conflicts and designing solutions** (Iuell et al., 2003) - stelt dat het bepalen van de gewenste dichtheid aan faunapassages een belangrijk aspect is in de planvorming van ontsnipperende maatregelen. Dit handboek benadrukt dat dit aspect nog weinig is onderzocht en er meer onderzoek nodig is om goede richtlijnen op te stellen. Voor ongewervelde diersoorten wordt het advies gegeven om de afstand tussen twee faunapassages niet groter dan 200-300 m te maken. Voor gewervelde diersoorten verwijst het handboek - ter illustratie - naar de richtlijnen in het hierboven besproken Tsjechische handboek.

De **Leidraad faunavoorzieningen bij wegen** (Kruidering *et al.*, 2005) is het eerste handboek dat een (voor Nederland) nagenoeg complete set richtlijnen voor de maximale afstand tussen faunapassages bevat. Een onderbouwing voor de gepresenteerde richtlijnen is niet gegeven en deze normen moeten dan ook als expertschatting worden gezien. Hoewel niet expliciet vermeld, lijken de geadviseerde afstanden vooral betrekking te hebben op het faciliteren van bewegingen van dieren binnen hun leefgebied en voor het faciliteren van seizoensgebonden migraties.

Het Spaanse handboek voor ontsnippering - **Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales** (Ministerio de Medio Ambiente, 2006) - geeft concrete richtlijnen voor de maximale afstand tussen twee faunapassages voor twee diergroepen: (1) grote zoogdieren (hoefdieren en grote carnivoren), en (2) kleine tot middelgrote zoogdieren. Voor de eerste groep - waartoe ook het Ree behoort - is het advies om één faunapassage per kilometer aan te leggen in bos- en natuurgebieden en één faunapassage per drie kilometer in de overige gebieden. Voor de tweede groep is het advies om één faunapassage per 500 meter aan te leggen in bos- en natuurgebieden en één faunapassage per kilometer in de overige gebieden.

Het Franse handboek **Facilities and measures for small fauna** (SETRA, 2007) geeft de aanbeveling om in niet-beschermde leefgebieden minimaal iedere 300 m een faunapassage voor kleine en middelgrote fauna aan te leggen. Binnen beschermde leefgebieden (Nationale parken, Natura 2000, etc.) wordt dezelfde afstand geadviseerd, behalve wanneer er amfibieën voorkomen. In dat geval wordt een afstand van maximaal 30 m aanbevolen. Het handboek geeft aan dat dit slechts indicatieve normen zijn en dat ieder ontsnipperingsplan om maatwerk vraagt.

Het Kroatische handboek **Road permeability for animals: Proposal of guidelines for constructors** (Huber *et al.*, 2008) presenteert geen normen per soort, maar twee algemene principes die kunnen worden gevolgd: (1) de afstand tussen twee faunapassages is niet groter dan de gemiddelde afstand die een individu aflegt tijdens dagelijkse bewegingen binnen de home range, en (2) binnen de home range van een individu moeten minimaal twee faunapassages worden geplaatst.

Het Poolse handboek **Animals and roads: Methods of mitigating the negative impact of roads on wildlife** (Jędrzejewski *et al.*, 2009) geeft eveneens het advies om binnen de home range van een individueel dier minstens twee faunapassages te plaatsen. Dit handboek presenteert vervolgens ook een lijst met normen voor de belangrijkste diersoorten/-groepen. Voor het Ree is het advies: één faunapassage per kilometer in bos- en natuurgebied, één faunapassage per twee tot drie kilometer in een mozaïek-landschap van bos en grasland en één faunapassage per drie kilometer in agrarisch gebied. Voor terrestrische kleine/middelgrote zoogdieren is het advies: één faunapassage per 500 m in bos- en natuurgebied, één faunapassage per 500 m in mozaïek-landschap van bos en grasland en één faunapassage per kilometer in agrarisch en (sub)urbaan gebied. Voor semi-aquatische middelgrote zoogdieren (Otter, Bever, Bunzing) is het advies: één faunapassage per kilometer in natte natuurgebieden en bij iedere kruising met een watergang. Voor amfibieën is het advies: één faunapassage per 50 m op plekken waar sprake is van (massale) seizoenmigratie, één faunapassage per 100-500 m in natte natuurgebieden en bij iedere kruising met een watergang.

Het Deense handboek voor ontsnippering **Fauna- og menneskepassager: En vejledning** (Lund Ujvári *et al.*, 2011) geeft slechts richtlijnen voor de Das en amfibieën. Voor amfibieën is het advies: één faunapassage per 50 m op plekken waar sprake is van (massale) seizoenmigratie en één faunapassage per 100 m in natte natuurgebieden.

De **Leidraad faunavoorzieningen bij infrastructuur** (Wansink *et al.*, 2013) betreft een actualisatie van de leidraad uit 2005. In dit nieuwe handboek zijn, opmerkelijk genoeg, geen richtlijnen meer te vinden voor de dichtheid van faunapassages.

Tabel 5

In de handboeken gegeven richtlijnen voor de maximale afstand (in km) tussen twee faunapassages voor de doelsoorten voor ontsnippering van de spoorlijn door het Naardermeer. Er is onderscheid gemaakt tussen faunapassages die dispersie-bewegingen (D) moeten faciliteren en faunapassages die dagelijkse of seizoensgebonden migratie-bewegingen moeten faciliteren (M). De richtlijnen in handboek H3 zijn gerelateerd aan de minimumoppervlakte voor een kernpopulatie (Opp), in klassen: 1 = <10 ha; 2 = 10-99 ha; 3 = >99 ha (bron: Bergers 1997, aangevuld met - tussen (..) geplaatste - eigen schattingen). Het gaat om de volgende handboeken:

- H1 = Handreiking maatregelen voor de fauna langs weg en water
- H2 = Naslagwerk fauna- en floravoorzieningen
- H3 = Ontsnippering railinfrastructuur - Methodiek voor mitigatie
- H4 = Handboek voor Robuuste Verbindingen
- H5 = On the permeability of roads for wildlife: A handbook
- H6 = Wildlife and traffic: A European handbook for identifying conflicts and designing solutions
- H7 = Leidraad faunavoorzieningen bij wegen
- H8 = Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales
- H9 = Facilities and measures for small fauna
- H10 = Road permeability for animals: Proposal of guidelines for constructors
- H11 = Animals and roads: Methods of mitigating the negative impact of roads on wildlife
- H12 = Fauna- og menneskepassager: En vejledning
- H13 = Leidraad faunavoorzieningen bij infrastructuur

Doelsoort	H1		H2		H3		H4		H5		H6		H7		H8		H9		H10		H11		H12		H13	
	D	M	D	M	Opp	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	
Hoge prioriteit																										
Bever	-	-	-	-	(3)	10	5	5	-	-	-	-	-	1	-	0,5	-	0,3	-	-	-	1	-	-	-	-
Boommarter	-	-	-	-	3	10	5	7,5	-	-	-	-	-	1	-	0,5	-	0,3	-	-	-	0,5	-	-	-	-
Dwergmuis	-	-	-	-	(1)	0,2	0,1	0,5	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,3	-	-	-	0,5	-	-	-	-
Gewone dwergvleermuis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grote gerande oeverspin	-	-	-	-	(1)	0,2	0,1	0,25	-	-	-	<0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heikikker	-	<0,1	-	-	2	1	0,5	0,5	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,03	-	-	-	<0,5	-	0,1	-	-
Laatvlieger	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Doelsoort	H1		H2		H3		H4		H5		H6		H7		H8		H9		H10		H11		H12		H13		
	D	M	D	M	Opp	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M	D	M
Levendbarende hagedis	-	-	-	-	1	0,2	0,1	0,5	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Meervleermuis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Noordse woelmuis	-	-	-	-	2	1	0,5	1,25	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,3	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-
Otter	-	-	-	-	3	10	5	12,5	-	1	-	-	-	1	-	0,5	-	0,3	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Poelkikker	-	<0,1	-	-	1	0,2	0,1	0,5	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,03	-	-	-	<0,5	-	0,1	-	-	-
Ree	-	-	-	-	(3)	10	5	6,25	-	5	-	-	-	1	-	1	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Ringslang	-	-	-	-	3	10	5	2,5	-	-	-	-	-	0,1-1	-	-	-	0,3	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rosse vleermuis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rugstreeppad	-	<0,1	-	-	2	1	0,5	0,5	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,03	-	-	-	<0,5	-	0,1	-	-	-
Ruige dwergvleermuis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Waterspitsmuis	-	-	-	-	1	0,2	0,1	0,5	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,3	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-
Watervleermuis	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,1-1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lage prioriteit																											
Bastaardkikker	-	<0,1	-	-	1	0,2	0,1	0,5	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,03	-	-	-	<0,5	-	0,1	-	-	-
Bruine kikker	-	<0,1	-	-	1	0,2	0,1	0,5	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,03	-	-	-	<0,5	-	0,1	-	-	-
Bunzing	-	-	-	-	(3)	10	5	-	-	-	-	-	-	0,1-1	-	0,5	-	0,3	-	-	-	1	-	-	-	-	-
Dwergspitsmuis	-	-	-	-	(1)	0,2	0,1	0,5	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,3	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-
Egel	-	-	-	-	3	10	5	2,5	-	-	-	-	-	0,1	-	0,5	-	0,3	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-
Gewone bosspitsmuis	-	-	-	-	(1)	0,2	0,1	0,5	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,3	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-
Gewone pad	-	<0,1	-	-	(1)	0,2	0,1	0,5	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,03	-	-	-	<0,5	-	-	-	-	-
Haas	-	-	-	-	3	10	5	-	-	-	-	-	-	0,1-1	-	0,5	-	0,3	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-
Hermelijn	-	-	-	-	(3)	10	5	-	-	-	-	-	-	0,1-1	-	0,5	-	0,3	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-
Huisspitsmuis	-	-	-	-	(1)	0,2	0,1	0,5	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,3	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-
Kleine watersalamander	-	<0,1	-	-	1	0,2	0,1	-	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,03	-	-	-	<0,5	-	0,1	-	-	-
Meerkikker	-	<0,1	-	-	1	0,2	0,1	0,5	-	-	-	-	-	0,1	-	-	-	0,03	-	-	-	<0,5	-	0,1	-	-	-
Wezel	-	-	-	-	(2)	1	0,5	-	-	-	-	-	-	0,1-1	-	0,5	-	0,3	-	-	-	0,5	-	-	-	-	-

5 Advies ontsnippering Naardermeer

5.1 Inleiding

In dit hoofdstuk richten we ons op de vraag hoeveel faunapassages binnen het Naardermeer gewenst zijn en welke vorm en dimensies deze faunapassages bij voorkeur hebben. De geselecteerde doelsoorten en doelen voor ontsnippering zijn hierbij leidend. Maar ook de lokale situatie - wat betreft landschap en spoortechniek - wordt in het advies betrokken.

5.2 Werkwijze

5.2.1 Aantal faunapassages

Om het aantal benodigde faunapassages te bepalen voor de spoorlijn in het Naardermeer zijn acht stappen doorlopen:

Stap 1

Het per doelsoort koppelen van de doelen voor gebruik aan de typen van beweging.

Per doelsoort is bepaald welk type beweging moet worden gefaciliteerd op basis van de doelen voor gebruik die per soort gesteld zijn. We onderscheiden twee typen bewegingen: (1) migratiebewegingen (M); hiertoe behoren dagelijkse bewegingen binnen de home range en seizoensgebonden bewegingen; (2) dispersiebewegingen (D) - hiertoe behoren bewegingen die leiden tot de (her)kolonisatie van gebieden en tot uitwisseling tussen populaties. Hierdoor kunnen we een directe koppeling maken tussen de doelen voor het gebruik (zie paragraaf 3.6 en Tabel 2) en de in hoofdstuk 4 verkende maximale afstanden tussen twee faunapassages (zie Tabel 5): initieel of jaarlijks gebruik valt onder M; dagelijks of seizoensgebonden gebruik valt onder D. Als voor een soort zowel M- als D-bewegingen de doelstelling zijn, is de meest kritische waarde - te weten die voor M-bewegingen - genomen.

Stap 2

Het per doelsoort bepalen van de maximale afstand tussen twee faunapassages.

Aan de hand van Tabel 5 in hoofdstuk 4 is per soort bepaald wat de maximale afstand tussen twee faunapassages in het Naardermeer moet zijn. Hierbij zijn twee beslisregels gehanteerd:

1. Voor doelsoorten met een hoge prioriteit nemen we de minimale afstand die voor de betreffende soort in de Nederlandse/Europese handboeken is voorgesteld.
2. Voor doelsoorten met een lage prioriteit nemen we de maximale afstand die voor de betreffende soort in de Nederlandse/Europese handboeken is voorgesteld.

Voor zes doelsoorten - de vleermuizen - wijken we af van deze beslisregels.

De **Laatvlieger** en **Rosse vleermuis** laten we bij de verdere uitwerking van het ontsnipperingsplan voor het Naardermeer buiten beschouwing. De eisen die deze soorten aan onderdoorgangen stellen zijn niet te realiseren binnen de voor deze studie gestelde randvoorwaarde dat de hoogteligging van de spoorlijn niet wordt aangepast. Daarbij komt dat het versnipperend effect van de spoorlijn voor deze soorten naar verwachting niet groot is. De vlieghoogte van deze soorten ligt doorgaans een eind boven de vegetatie. De soorten hebben naar verwachting daarom maar beperkt last van (spoor)wegen en zullen eerder bovenlangs passeren dan via een onderdoorgang (zie ook Veenbaas *et al.*, 2004; Boonman, 2011). De aanbeveling is om eerst onderzoek te doen naar de effecten van de spoorlijn op het habitatgebruik en de vliegroutes van deze soorten binnen het Naardermeer en, als significante versnipperingseffecten worden geconstateerd, een ontsnipperingsplan op basis van *hop-overs* - i.e. het met hulp van opgaande beplanting dieren over de spoorlijn geleiden - uit te werken.

De **Gewone dwergvleermuis** en **Ruige dwergvleermuis** laten we bij de verdere uitwerking van het ontsnipperingsplan voor het Naardermeer ook buiten beschouwing. Hoewel de eisen die deze soorten aan onderdoorgangen stellen wel te realiseren zijn zonder de hoogteligging van de spoorlijn aan te passen, vraagt een (optimaal) ontwerp voor deze soorten een forse investering. Een onderdoorgang voor deze soorten heeft bij voorkeur een breedte van circa 30 m, uitgaande van de richtlijnen dat de onderdoorgang minimaal 1,5 m hoog is en een opening van 47 m² heeft. De mate waarin deze soorten last hebben van de spoorlijn is echter onbekend. De soorten hebben een lagere vlieghoogte dan de Laatvlieger of Rosse vleermuis en volgen beplantingstructuren, maar jagen ook in (half)open gebieden. Daarbij komt dat een hop-over ook voor deze soorten naar verwachting een geschikt middel is om de barrièrewerking van de spoorlijn te mitigeren (zie ook Veenbaas *et al.*, 2004). Ook voor deze soorten is daarom de aanbeveling om eerst in beeld te brengen of en in welke mate de spoorlijn de bewegingen van deze soorten beïnvloedt en vervolgens oplossingen te zoeken in het vegetatiebeheer die de dieren veilig over de spoorlijn kunnen geleiden.

Voor de **Meervleermuis** en **Watervleermuis** nemen we niet de minimale maar de maximale afstand die in de handboeken is geadviseerd. Deze soorten hebben een lage vlieghoogte, volgen dichte structuren en jagen laag over het water. De soorten maken frequent gebruik van onderdoorgangen. Omdat de mate waarin de dieren last hebben van de spoorlijn ook voor deze soorten onbekend is, kiezen we hier voor de maximale afstand. Als na onderzoek blijkt dat dit onvoldoende is, kunnen ook voor deze soort aanvullende maatregelen in de vorm van hop-overs uitkomst bieden (zie ook Veenbaas *et al.*, 2004).

Stap 3

Het per doelsoort bepalen van de spoortraject(en) waar aan weerszijden geschikt leefgebied voor de soort aanwezig is.

Op basis van de ecologie van de doelsoorten is per doelsoort bepaald op welke plek de spoorlijn geschikt habitat doorsnijdt. Hiervoor zijn eerst zones met min of meer vergelijkbare ecosysteemttypen onderscheiden, op basis van de vegetatiekaart die door Natuurmonumenten is vervaardigd (Vegetatiekartering 2003-2005). Er zijn zes zones onderscheiden (zie ook Figuur 5.1), van west naar oost:

- zone 1: rietmoeras, ruigtevegetaties, grasland en klein open water (km 16.55-17.50)
- zone 2: rietmoeras en moerasbos (km 17.50-18.40)
- zone 3: rietmoeras en groot open water (km 18.00-20.00)
- zone 4: rietmoeras en moerasbos (km 20.00-20.25)
- zone 5: moerasbos, ruigtevegetaties, grasland en klein open water (km 20.25-20.50)
- zone 6: grasland en klein open water (20.50-20.65)

Als er meerdere plekken met voor een soort geschikt habitat doorsneden zijn, zijn deze als aparte trajecten onderscheiden. Tabel 6 geeft per doelsoort de zones die als geschikt habitat zijn aangemerkt.

Stap 4

Het per doelsoort bepalen van het benodigd aantal faunapassages binnen ieder spoortraject door geschikt leefgebied.

Van ieder spoortraject door geschikt leefgebied is de lengte (L) bepaald. Met de geselecteerde norm ($A_{\max}$) voor de maximale afstand tussen twee faunapassages (stap 2) is vastgesteld hoeveel faunapassages nodig zijn, volgens: $L/A_{\max}$. We ronden hierbij alle getallen naar beneden af op het dichtstbijzijnde gehele getal. Dit resulteert er in dat een uitkomst van bijvoorbeeld 5,9 betekent dat er vijf faunapassages worden geadviseerd.

Stap 5

Het per doelsoort bepalen of ontsnipperende maatregelen gewenst zijn bij eventuele bestaande kunstwerken die buiten de spoortrajecten door geschikt leefgebied vallen.

In de huidige situatie zijn op drie plaatsen al kunstwerken aanwezig. Het gaat om een duiker en twee spoorbruggen op plekken waar de spoorlijn een watergang kruist. Hoewel deze watergangen misschien niet direct omgeven zijn door geschikt leefgebied voor een doelsoort, kunnen de watergangen zelf wel voor de soort van belang zijn. In deze stap verkennen we voor welke

doelsoorten dit het geval is. Het gaat dan alleen om soorten die mobiel zijn en ook buiten hun voorkeursbiotoop kunnen worden aangetroffen.



Figuur 5.1 Kenmerkende begroeiingstypen in het Naardermeer. Rietmoeras, natte ruigten en klein open water in de westelijke bufferzone (A), watergang en grazige kade op de westgrens van het centrale moerasgebied (B), moerasbos (C), rietmoeras en groot open water (D en E) en grasland in de oostelijke bufferzone (F).

Tabel 6

Per doelsoort de zones in het Naardermeer met voor de soort geschikt geacht habitat. Zie de hoofdttekst voor de begrenzingen van de zes onderscheiden zones.

Doelsoort	Zone						Toelichting
	1	2	3	4	5	6	
Hoge prioriteit							
Bever		X	X				De Bever wordt vooral verwacht in de zones met bos en dieper water (>50 cm). Dit is vooral aanwezig in zone 2 en 3. In zone 4 en 5 is ook moerasbos aanwezig, maar is er nauwelijks (diep) open water.
Boommarter		X		X	X		De Boommarter wordt vooral verwacht in de zones met opgaande begroeiing (moerasbos).
Dwergmuis	X				X	X	De Dwergmuis is een soort van grasland, rietland, ruigten en struweel. Groot open water en moerasbos zijn niet geschikt.
Grote gerande oeverspin			X				De Grote gerande oeverspin wordt vooral in de kern van het moerasgebied verwacht.
Heikikker	X	X		X	X	X	De Heikikker komt vooral voor in de bufferzones rond de moeraskern. Moerasbos is ook geschikt voor de soort.
Levendbarende hagedis					X	X	De Levendbarende hagedis maakt gebruik van een verscheidenheid aan biotopen, met een voorkeur voor dichtbegroeide, vochtige plaatsen. Moeras, rietland en moerasbos zijn ongeschikt.
Meervleermuis			X				De Meervleermuis is sterk gebonden aan open water. De soort jaagt vrijwel uitsluitend boven water, zoals (brede) watergangen, plassen en meren.
Noordse woelmuis	X	X	X	X			De Noordse woelmuis is een soort van rietland, moeras(bos) en vochtige graslanden. Omdat de soort concurrentie ondervindt van andere woelmuissoorten in drogere biotopen, verwachten we de Noordse woelmuis hier vooral in de nattere terreindelen.
Otter	X	X	X	X	X	X	De Otter kan in alle biotopen van het Naardermeer worden verwacht.
Poelkikker				X	X	X	De Poelkikker is een soort van kleine, meestal voedselarme, wateren op de zandgronden, maar komt ook voor in (drink)poelen en sloten in laagveengebieden.
Ree	X	X		X	X	X	De Ree maakt gebruik van een verscheidenheid aan biotopen. Alleen de zone met veel groot open water is voor de soort niet geschikt.
Ringslang	X	X	X	X	X	X	De Ringslang kan in alle biotopen van het Naardermeer worden verwacht.
Rugstreeppad	X				X	X	De Rugstreeppad komt vooral voor in dynamische, vaak zandige, gebieden. Het Naardermeer biedt de soort naar verwachting weinig geschikt habitat. Lokaal zijn geschikte plekken te verwachten in de periferie van het gebied.
Waterspitsmuis	X	X	X	X			De Waterspitsmuis is sterk gebonden aan water met goed ontwikkelde watervegetaties en ruig begroeide oevers. Ook rietland en ruigtevegetaties zijn geschikt voor de soort, mits open water niet ver weg is. De soort verwachten we niet in het oostelijk deel van het gebied omdat hier minder open water aanwezig is.
Watervleermuis			X				De Watervleermuis is sterk gebonden aan open water. De soort jaagt vrijwel uitsluitend boven water, zoals (brede) watergangen, plassen en meren.
Lage prioriteit							
Bastaardkikker	X	X	X	X	X	X	De Bastaardkikker kan in alle biotopen van het Naardermeer worden verwacht.
Bruine kikker	X	X		X	X	X	De Bruine kikker kan nagenoeg overal in het Naardermeer worden verwacht, maar het centrale moeras met de grote wateren is minder geschikt.
Bunzing	X	X	X	X	X	X	De Bunzing kan in alle biotopen van het Naardermeer worden verwacht.
Dwergspitsmuis	X	X		X	X	X	De Dwergspitsmuis komt voor in een grote verscheidenheid aan biotopen, mits niet te nat en met voldoende ondergroei. De soort verwachten we vooral in de (drogere) randen van het gebied en, in beperkte mate, in het moerasbos.
Egel					X	X	De Egel komt voor in een grote verscheidenheid aan biotopen, mits niet te drassig en met voldoende ondergroei. De soort verwachten we daarom alleen in het (drogere) oostelijk deel van het gebied.
Gewone bosspitsmuis	X	X		X	X	X	De Gewone bosspitsmuis komt voor in een grote verscheidenheid aan biotopen, mits niet te nat en met voldoende ondergroei. De soort verwachten we vooral in de (drogere) randen van het gebied en, in beperkte mate, in het moerasbos.
Gewone pad	X	X		X	X	X	De Gewone pad kan nagenoeg overal in het Naardermeer worden verwacht, maar het centrale moeras met de grote wateren is minder geschikt.

Doelsoort	Zone						Toelichting
	1	2	3	4	5	6	
Haas	X				X	X	De Haas is een soort van (kleinschalig) akker- en grasland. In het Naardermeer is de soort dan ook vooral te verwachten in de periferie van het gebied.
Hermelijn	X				X	X	De Hermelijn komt voor in een grote verscheidenheid aan biotopen, zoals bossen, graslanden, ruigten en akkerland. Grote moerascomplexen en nat moerasbos zijn minder geschikt voor de soort.
Huisspitsmuis					X	X	De Huisspitsmuis komt voor in cultuurlandschappen, zoals akkers, graslanden, bermen en houtwallen. Moeras en moerasbos zijn niet geschikt. De soort verwachten we daarom vooral in de (voormalige) cultuurgraslanden in het oostelijk deel van het gebied.
Kleine watersalamander	X	X			X	X	De Kleine watersalamander komt in zowel open als beboste landschappen voor. De voortplantingswateren zijn vooral kleine, ondiepe, zonnig gelegen wateren met veel waterplanten. Grote plassen/meren zijn voor de soort ongeschikt.
Meerkikker	X	X	X	X	X	X	De Meerkikker kan in alle biotopen van het Naardermeer worden verwacht.
Wezel	X				X	X	De Wezel komt voor in een grote verscheidenheid aan biotopen, zoals bossen, graslanden, ruigten en akkerland. Grote moerascomplexen en nat moerasbos zijn minder geschikt voor de soort.

Stap 6

Het per doelsoort bepalen van het benodigd aantal faunapassages binnen het Naardermeer.

In deze stap sommeren we het aantal faunapassages dat binnen de spoortrajecten door geschikt leefgebied nodig zijn (stap 4) en het aantal bestaande kunstwerken buiten deze trajecten waar een aanpassing nodig is (stap 5).

Stap 7

Het per doelsoort situeren van het benodigd aantal faunapassages binnen het Naardermeer.

In deze stap bepalen we per doelsoort de concrete plekken waar de faunapassages gewenst zijn. Hierbij zijn drie criteria gebruikt: (1) de geselecteerde norm ($A_{\max}$) voor de maximale afstand tussen twee faunapassages, (2) de structuur van het landschap en de ligging van bijzondere landschapselementen en (3) de kenmerken van de spoorlijn (hoogteligging, boogligging, verkanting).

Ad 1.

De norm $A_{\max}$ is niet als voorschrift maar als richtlijn gebruikt. Soms is de afstand tussen twee faunapassages dus iets groter of iets kleiner dan de norm, bijvoorbeeld als hierdoor beter kan worden aangesloten op de structuur van het landschap.

Ad 2.

Bewegingen van fauna worden voor een belangrijk deel gestuurd door de structuur en samenstelling van het landschap. Zo sturen in het Naardermeer de watergangen, plassen, houtwallen, kades en overgangen van nat naar droog of van open naar gesloten gebied naar verwachting de bewegingen van veel doelsoorten. Wanneer een dergelijke sturende werking van landschapsstructuren voor een soort bekend is, is dit meegewogen in het bepalen van de beste plekken voor de faunapassages.

Ad 3.

Het derde criterium is alleen gebruikt bij doelsoorten die relatief hoge eisen stellen aan de dimensies van een faunapassage. Dit gaat om de soorten Ree, Meervleermuis en Watervleermuis. Om de kans te vergroten dat voor deze soorten aan de ecologische eisen voor een functionele faunapassage kan worden voldaan, is het van belang dat de constructiehoogte van het kunstwerk zo minimaal mogelijk is. Dit kan onder meer worden bereikt door technieken te gebruiken waarbij geen ballastbed nodig is, zoals directe spoorstaafverbinding of de aanleg van het spoor op een (dunne) ballastmat. Deze technieken zijn echter alleen toepasbaar wanneer het spoor niet in een boog c.q. verkanting ligt. Binnen het Naardermeer wordt aan deze voorwaarde voldaan tussen km 17,90 en km 20,25. Om het doorzicht, de te realiseren doorloophoogte en/of het oppervlak van de opening van de onderdoorgang te maximaliseren, is binnen dit deel van het spoortraject gezocht naar plekken waar het spoor relatief hoog ligt.

Stap 8

Het bepalen van het benodigd aantal faunapassages binnen het Naardermeer voor alle doelsoorten samen.

De in stap 7 per doelsoort bepaalde plekken voor een faunapassage zijn schematisch gekarteerd. Hierdoor is duidelijk geworden op welke plekken sprake is van overlap tussen de doelsoorten, c.q., op welke plekken een faunapassage voor meerdere soorten kan worden gecombineerd. Door 'optelling' van de voorstellen voor ontsnippering per doelsoort is een 'blauwdruk' voor ontsnippering voor alle doelsoorten samen verkregen.

5.2.2 Type faunapassages

Om te bepalen welk type faunapassage nodig is per plek, zijn de volgende beslisregels gehanteerd:

Beslisregel 1

Bij bestaande kunstwerken die op de korte termijn niet worden vervangen, kiezen we voor het type 'brug/duiker met faunavoorziening'.

Er zijn momenteel geen plannen om de kunstwerken te vervangen ter hoogte van km 16,55 en km 18,33. Daarom wordt er hier voor gekozen om de bestaande kunstwerken aan te passen. Het kunstwerk over de Karnemelksloot (km 20,65) wordt binnenkort vervangen, in samenhang met de aanleg van een fietstunnel (Voormeerpassage). Voor deze locatie wordt hier daarom wel de vrijheid genomen om een advies over het type faunapassage te geven.

Beslisregel 2

De faunapassages voor het Ree zijn alle van het type 'grote faunatunnel'.

Met dit type faunapassage is eenvoudiger te voldoen aan de eisen die deze soort stelt aan hoogte en openheid van de faunapassage dan bij het type 'brug met doorlopende oevers'. Het hoge grondwaterniveau en de relatief geringe hoogteligging van het spoor maakt dat bij het laatstgenoemde type de vrije ruimte tussen de doorlopende oever en het dak van het kunstwerk te beperkt is.

Beslisregel 3

De faunapassages voor de Meervleermuis en Watervleermuis zijn alle van het type 'brug met doorlopende oevers'.

Deze soorten zijn gebonden aan water, volgen (oever)structuren en vragen om een (relatief) grote onderdoorgang. Een brug met doorlopende oevers is voor deze soorten daarom het meest geschikt.

Beslisregel 4

De faunapassages voor de Ringslang en Noordse woelmuis bevatten altijd een waterverbinding.

Deze soorten passeren naar verwachting veel gemakkelijker en frequenter als de faunapassage een waterverbinding bevat. Voor een brug met doorlopende oevers wordt alleen gekozen als de Ringslang en/of Noordse woelmuis de faunapassage 'deelt' met de Meervleermuis en/of Watervleermuis. Is dit niet het geval dan wordt gekozen voor een ecoduiker. Uitzondering hierop vormen eventueel voor deze soorten aangewezen faunapassages bij bestaande kunstwerken die op de korte termijn niet worden vervangen. Op deze plekken wordt gekozen voor het type 'brug/duikers met faunavoorziening'.

Beslisregel 5

Alle overige faunapassages zijn van het type 'kleine faunatunnel'.

Met de beslisregels 2-4 is aan de eisen voldaan van de soorten die grotere onderdoorgangen nodig hebben, dus een brug met doorlopende oevers, ecoduiker of grote faunatunnel. Hoewel ruim gedimensioneerde onderdoorgangen ook voor de overige soorten voordelen bieden, kiezen we hier voor het type kleine faunatunnel. Dit type is als geschikt beoordeeld voor deze soorten en vraagt om de laagste aanlegkosten.

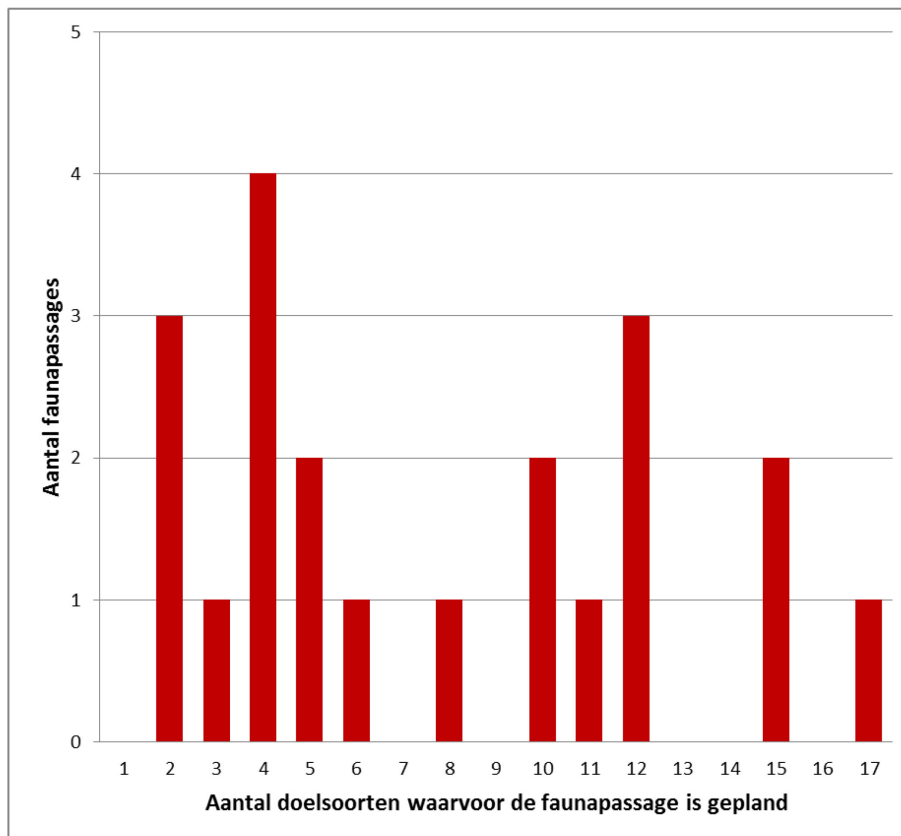
5.2.3 Dimensies faunapassages

Voor ieder type faunapassage stellen we een pakket van eisen op voor de dimensionering van het kunstwerk. Hiervoor maken we gebruik van de in paragraaf 4.4 per diergroep beschreven ontwerpeisen. De dimensies zijn in principe gebaseerd op de voorkeursdimensies van de meest kritische soort. In sommige gevallen wijken we hier van af en gebruiken we de minimale dimensies. In dat geval lichten we onze keuze toe.

5.3 Resultaat

Aantal benodigde faunapassages

Binnen het studiegebied (km 16,50-20,70) zijn 21 faunapassages nodig om aan de eisen van de doelsoorten - met uitzondering van de Gewone dwergvleermuis, Ruige dwergvleermuis, Laatvlieger en Rosse vleermuis (zie paragraaf 5.2) - te voldoen. Het gaat in alle gevallen om een gecombineerde faunapassage, dus een faunapassage die is gepland voor minimaal twee doelsoorten (Figuur 5.2). Per doelsoort varieert het benodigd aantal faunapassages van 1 tot 19 (zie Tabel 7). Figuur 5.3 geeft een schematisch overzicht van de ruimtelijke verdeling van de faunapassages over het Naardermeer, per doelsoort en voor alle doelsoorten samen.



Figuur 5.2 Frequentieverdeling van het aantal faunapassages over het aantal doelsoorten waarvoor de faunapassage gepland is.

Tabel 7

Het aantal faunapassages dat per doelsoort binnen het Naardermeer nodig is voor het 'ontsnippen' van de spoorlijn Weesp-Hilversum.

Legenda doelen gebruik

- I = initieel gebruik - (her)kolonisatie
- D = dagelijks gebruik - dagelijkse bewegingen binnen de home range
- S = seizoensgebonden gebruik - seizoensgebonden bewegingen binnen de home range
- J = jaarlijks gebruik - bewegingen tussen bestaande populaties

Legenda type beweging

- M = dagelijkse of seizoensgebonden migratiebewegingen
- D = dispersie-bewegingen

Legenda afstand

- Min = in de handboeken gegeven minimale norm voor de maximale afstand (in km) tussen twee faunapassages
- Max = in de handboeken gegeven maximale norm voor de maximale afstand (in km) tussen twee faunapassages
- Advies = de hier geadviseerde norm voor de maximale afstand (in km) tussen twee faunapassages in het Naardermeer

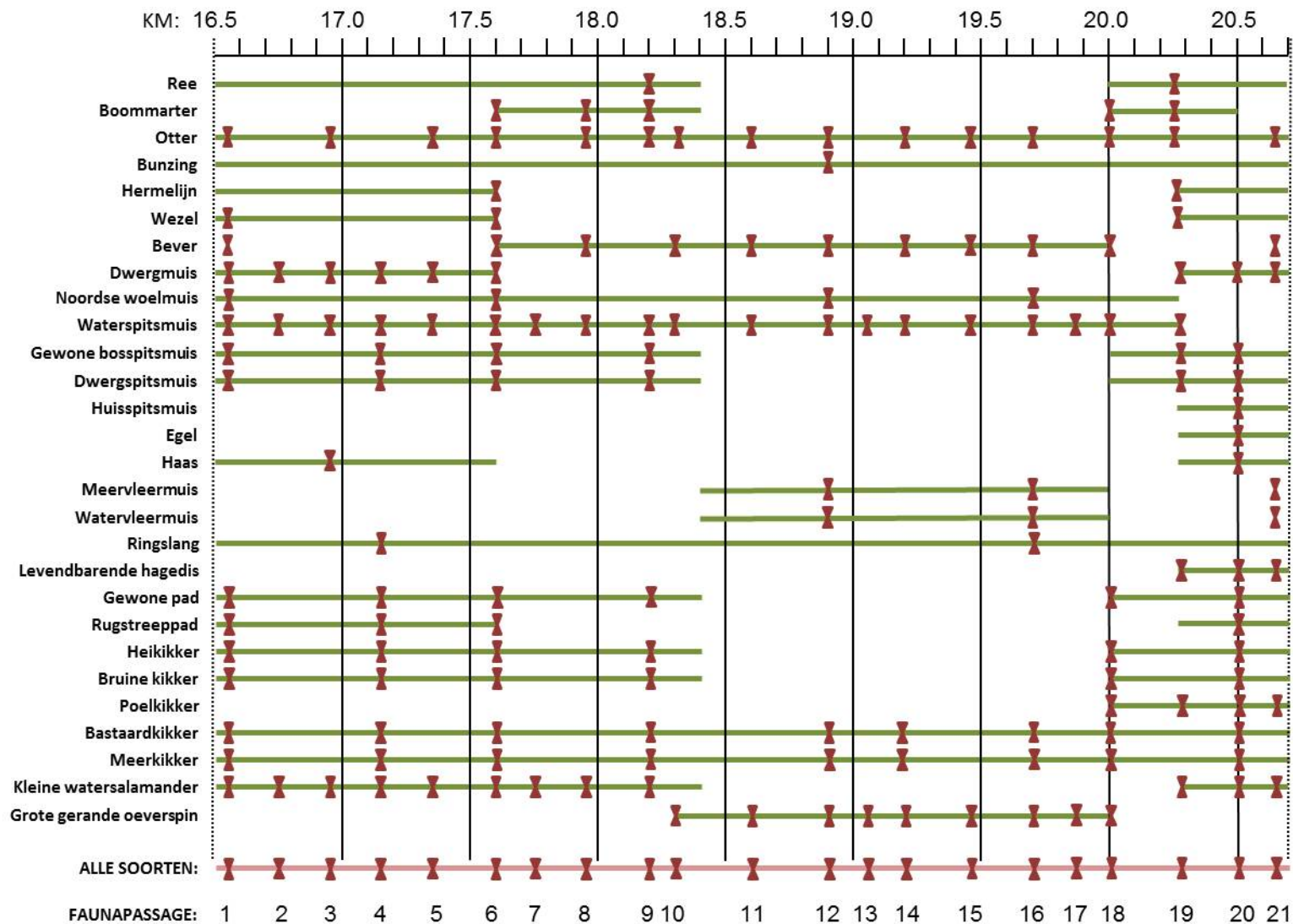
Legenda traject

- Van = punt - in spoorkilometrerings - vanaf waar geschikt habitat voor de doelsoort aanwezig is
- Tot = punt - in spoorkilometrerings - tot waar geschikt habitat voor de doelsoort aanwezig is
- L = lengte (in km) van het traject waar geschikt habitat voor de doelsoort aanwezig is
- Aantal = het aantal faunapassages dat voor de soort nodig is op het betreffende traject

Legenda bestaande kunstwerken buiten traject(en)

- K1 = duiker km 16,55 (watergang net ten oosten van de Keverdijk)
- K2 = spoorbrug km 18,33 (watergang in het centrale deel van het Naardermeer)
- K3 = spoorbrug km 20,65 (Karnemelksloot)

Doelsoort	Doelen gebruik	Type beweging	Afstand			Traject 1				Traject 2				Bestaande kunstwerken buiten traject(en)				Totaal aantal benodigde faunapassages
			Min	Max	Advies	Van	Tot	L	Aantal	Van	Tot	L	Aantal	K1	K2	K3	Aantal	
Hoge prioriteit																		
Bever	I/D	M	0,3	5	0,3	17,60	20,00	2,40	9	-	-	-	-	Ja	-	Ja	2	11
Boommarter	I/D	M	0,3	5	0,3	17,60	18,40	0,80	3	20,00	20,50	0,50	2	-	-	-	-	5
Dwergmuis	J	D	0,2	0,5	0,2	16,50	17,60	1,10	6	20,25	20,70	0,45	3	-	-	-	-	9
Gewone dwergvleermuis	D	M	0,1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Grote gerande oeverspin	I/J	D	0,2	0,3	0,2	18,30	20,00	1,70	9	-	-	-	-	-	-	-	-	9
Heikikker	J	D	0,5	1	0,5	16,50	18,40	1,90	4	20,00	20,70	0,70	2	-	-	-	-	6
Laatvlieger	D	M	0,1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Levendbarende hagedis	I/J	D	0,2	0,5	0,2	20,25	20,70	0,45	3	-	-	-	-	-	-	-	-	3
Meervleermuis	D	M	0,1	1	1	18,40	20,00	1,70	2	-	-	-	-	Ja	Ja	Ja	3	5
Noordse woelmuis	I/J	D	1	1,25	1	16,50	20,25	3,75	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Otter	I/D	M	0,3	5	0,3	16,50	20,70	4,20	15	-	-	-	-	-	-	-	-	15
Poelkikker	J	D	0,2	0,5	0,2	20,00	20,70	0,70	4	-	-	-	-	-	-	-	-	4
Ree	J	D	5	10	5	16,50	18,40	1,90	1	20,00	20,70	0,70	1	-	-	-	-	2
Ringslang	J	D	2,5	10	2,5	16,50	20,70	4,20	2	-	-	-	-	-	-	-	-	2
Rugstreeppad	J	D	0,5	1	0,5	16,50	17,60	1,10	3	20,25	20,70	0,45	1	-	-	-	-	4
Waterspitsmuis	I/J	D	0,2	0,5	0,2	16,50	20,25	3,75	19	-	-	-	-	-	-	-	-	19
Lage prioriteit																		
Bastaardkikker	J	D	0,2	0,5	0,5	16,50	20,70	4,20	9	-	-	-	-	-	-	-	-	9
Bruine kikker	J	D	0,2	0,5	0,5	16,50	18,40	1,90	4	20,00	20,70	0,70	2	-	-	-	-	6
Bunzing	D	M	0,1	5	5	16,50	20,70	4,20	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Dwergspitsmuis	J	D	0,2	0,5	0,5	16,50	18,40	1,90	4	20,00	20,70	0,70	2	-	-	-	-	6
Egel	J	D	2,5	10	10	20,25	20,70	0,45	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Gewone bosspitsmuis	J	D	0,2	0,5	0,5	16,50	18,40	1,90	4	20,00	20,70	0,70	2	-	-	-	-	6
Gewone pad	J	D	0,2	0,5	0,5	16,50	18,40	1,90	4	20,00	20,70	0,70	2	-	-	-	-	6
Haas	J	D	10	10	10	16,50	17,60	1,10	1	20,25	20,70	0,45	1	-	-	-	-	2
Hermelijn	D	M	0,1	5	5	16,50	17,60	1,10	1	20,25	20,70	0,45	1	-	-	-	-	2
Huisspitsmuis	J	D	0,2	0,5	0,5	20,25	20,70	0,45	1	-	-	-	-	-	-	-	-	1
Kleine watersalamander	J	D	0,2	0,2	0,2	16,50	18,40	1,90	9	20,25	20,70	0,45	3	-	-	-	-	12
Meerkikker	J	D	0,2	0,5	0,5	16,50	20,70	4,20	9	-	-	-	-	-	-	-	-	9
Wezel	D	M	0,1	1	1	16,50	17,60	1,10	2	20,25	20,70	0,45	1	-	-	-	-	3



Figuur 5.3 Schematische kartering van de benodigde faunapassages per doelsoort (met prioriteit) en voor alle doelsoorten samen.

Type faunapassages

Op basis van de beslisregels is het advies: 3 bruggen met doorlopende oevers, 2 ecoduikers, 2 grote faunatunnels, 12 kleine faunatunnels en de aanleg van faunavoorzieningen bij 2 bestaande kunstwerken (Tabel 8). Figuur 5.4 geeft de precieze ligging van de verschillende typen faunapassages in de spoorlijn door het Naardermeer.

ProRail maakt momenteel plannen voor de aanleg van een fietstunnel net ten westen van de Karnemelksloot (Movares, 2013). Deze tunnel wordt de *Voormeerpassage* genoemd (zie Figuur 5.4). In de tunnel wordt een grondstrook van circa twee meter breed gereserveerd voor gebruik door fauna. Hoewel deze locatie met de hier gevolgde methodiek niet is aangewezen voor de aanleg van een faunapassage, is het aanpassen van de fietstunnel voor medegebruik door fauna wel nuttig. De verwachting is dat vooral doelsoorten van de drogere habitattypen er gebruik van gaan maken.

Tabel 8

Advies type faunapassages.

Faunapassage	Brug met doorlopende Oever	Ecoduiker	Grote faunatunnel	Kleine faunatunnel	Brug/duiker met faunavoorziening
1					X
2				X	
3				X	
4		X			
5				X	
6		X			
7				X	
8				X	
9			X		
10					X
11				X	
12	X				
13				X	
14				X	
15				X	
16	X				
17				X	
18				X	
19			X		
20				X	
21	X				
Totaal aantal:	3	2	2	12	2



Figuur 5.4 Advies voor de plaatsing van de diverse typen faunapassages in het Naardermeer.

Dimensies faunapassages

Tabel 9 geeft de gewenste dimensies per type faunapassage. Deze dimensies kunnen gezien worden als een globaal *Pakket van Eisen* (PVE) voor de ontwerputwerkingen van de onderdoorgangen.

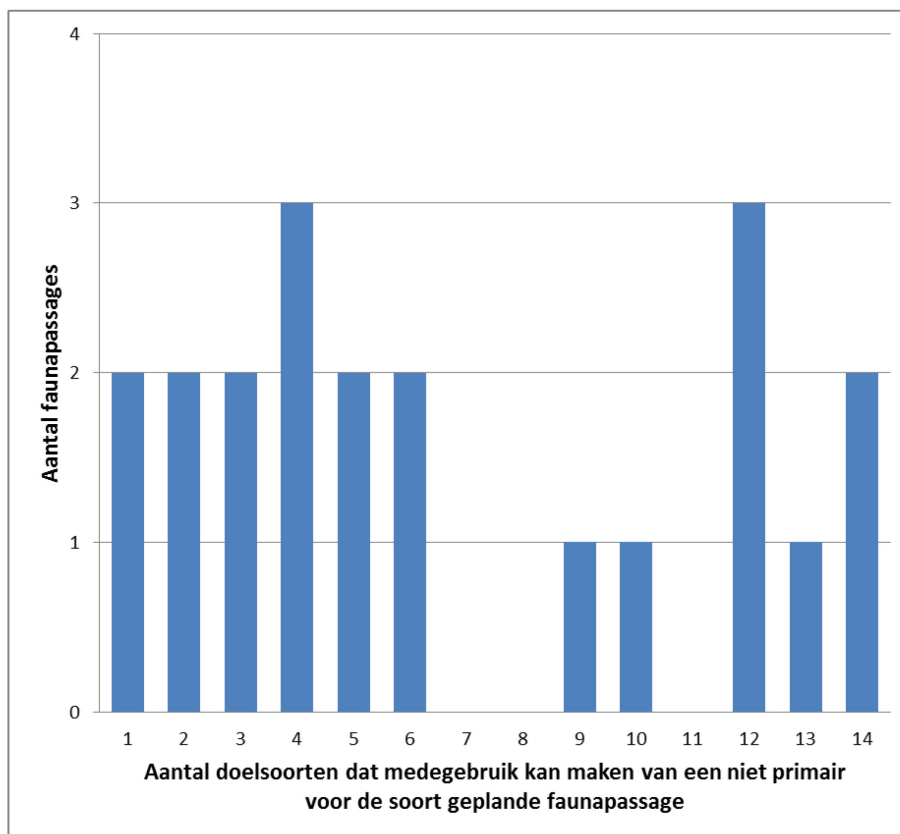
Tabel 9

Advies dimensies faunapassages.

Type faunapassage	Advies dimensies	Toelichting
Brug met doorlopende oever	Breedte onderdoorgang: 12 m Breedte van doorlopende oevers: 2,5 m Doorloophoogte: 1,5 m	Hiermee wordt voldaan aan de eisen van de meest kritische soort: Meervleermuis.
Ecoduiker	Breedte van loopstroken/-richels: 0,7 m Doorloophoogte: 1,5 m	-
Grote faunatunnel	Breedte: 7,5 m Hoogte: min. 3 m Lengte: max. 15 m Openheidindex = 1,5 Doorzichthoogte: min. 1 m	We wijken hier wat betreft breedte en hoogte af van de voorkeursdimensies omdat het doel slechts incidenteel gebruik is. De openheidindex voldoet wel aan de voorkeurswaarde.
Kleine faunatunnel	<i>Ingeval van een rechthoekige duiker:</i> Breedte: 1,5 m Hoogte: 1,5 m Lengte: max. 40 m <i>Ingeval van een ronde duiker:</i> Diameter: 1,5 m Lengte: max. 40 m	-
Brug/duiker met faunavoorziening	Breedte van loopstroken/-richels: 0,7 m Doorloophoogte: min. 0,6 m	In de bestaande kunstwerken is maar beperkt ruimte tussen het wateroppervlak en het dak van het kunstwerk. We hanteren hier daarom de minimale norm voor de doorloophoogte.

Verwachte functionaliteit faunapassages

Wanneer de faunapassages conform bovenstaande adviezen - zowel wat betreft aantal, dimensies als situering - worden aangelegd, verwachten we dat voor iedere doelsoort het gestelde doel voor ontsnippering kan worden bereikt. De adviezen zijn immers gebaseerd op de (minimale) eisen die de soorten stellen. Omdat sommige doelsoorten ook gebruik kunnen maken van faunapassages die niet primair voor hen zijn gepland, is er lokaal zelfs sprake van een hogere functionaliteit dan de doelen vereisen. Zo zijn er voor de Boomarter in het Naardermeer vijf faunapassages nodig om aan de eisen van deze doelsoort te voldoen (zie ook Tabel 7). Binnen het geschikte leefgebied voor deze soort liggen echter nog eens drie faunapassages die de soort in potentie kan gebruiken, gepland op basis van de eisen die één of meer andere doelsoorten stellen. Gemiddeld kan iedere doelsoort circa vijf faunatunnels (minimum: 0; maximum: 20) gebruiken die niet primair voor de betreffende doelsoort gepland zijn. Gemiddeld wordt iedere faunapassage door circa zeven doelsoorten (minimum: 1; maximum: 14; zie ook Figuur 5.5) gebruikt die niet primair de aanleiding vormden voor planning van de betreffende faunapassage. Tabel 10 geeft per faunapassage het aantal doelsoorten waarvoor de faunapassage gepland is en het aantal doelsoorten dat daarnaast medegebruik kan maken van de onderdoorgang. Gemiddeld faciliteert een faunapassage circa vijftien doelsoorten. Dit gaat om circa acht doelsoorten waarvoor de faunapassage primair is gepland en circa zeven soorten die er medegebruik van kunnen maken.



Figuur 5.5 Frequentieverdeling van het aantal faunapassages over het aantal doelsoorten dat medegebruik kan maken van een niet-primair voor de soort geplande faunapassage.

Tabel 10

Verwachte functionaliteit van de faunapassages in het Naardermeer.

Faunapassage	Aantal doelsoorten waarvoor de faunapassage is gepland	Aantal doelsoorten dat medegebruik kan maken van de faunapassage	Totaal aantal doelsoorten dat gebruik kan maken van de faunapassage
1	15	3	18
2	3	14	17
3	5	12	17
4	12	5	17
5	4	13	17
6	17	2	19
7	2	12	14
8	5	9	14
9	12	3	15
10	4	12	16
11	4	4	8
12	10	1	11
13	2	6	8
14	6	2	8
15	4	4	8
16	10	1	11
17	2	6	8
18	11	4	15
19	12	10	22
20	15	5	20
21	8	14	22

Literatuur

- Alterra. 2001. Handboek Robuuste Verbindingen; Ecologische randvoorwaarden. Alterra, Wageningen.
- Bal, D., H.M. Beijer, M. Fellinger, R. Haveman, A.J.F.M. van Opstal en F.J. van Zadelhoff. 2001. Handboek natuurdoeltypen. Tweede editie. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Expertisecentrum LNV, Wageningen.
- Bergers, P.J.M. 1997. Versnippering door railinfrastructuur. Een verkennende studie. IBN-rapport 262. Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek, Wageningen.
- Bhattacharya, M., R.B. Primack en J. Gerwein. 2003. Are roads and railroads barriers to bumblebee movement in a temperate suburban conservation area? *Biological Conservation* 109: 37-45.
- Boonman, M. 2011. Het gebruik van duikers onder wegen en spoorlijnen door vleermuizen. Relatie tussen afmetingen en gebruik. Rapport 10-214. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Boosten, A., *et al.*, 2006. Meer meer. 13 jaar herstelplan Naardermeer. Vereniging Natuurmonumenten, 's-Graveland.
- Brandjes, G.J., G.F.J. Smit en A.J.M. Meijer. 2001a. Aangereden dieren langs spoorwegen. Rapport 01-026. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Brandjes, G.J., G. Veenbaas, I. Tulp en M.J.M. Poot. 2001b. Het gebruik van faunapassages langs watergangen onder rijkswegen. Resultaten van een experimenteel onderzoek. DWW-Ontsnipperingssreeks deel 40. Rapport DWW-2001-026. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Brandjes, G.J., R. van Eekelen, K. Krijgsveld en G.F.J. Smit. 2002. Het gebruik van faunabuizen onder rijkswegen. Resultaten literatuur- en veldonderzoek. Ontsnipperingssreeks 43. Rijkswaterstaat Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Hlaváč, V. en P. Anděl. 2002. On the permeability of roads for wildlife: A handbook. Agency for Nature Conservation and Landscape Protection of the Czech Republic, Praag, Tjechië.
- Hlaváč, V. 2005. Increasing permeability of the Czech road network for large mammals. *Gaia* 14(2): 175-177.
- Huber, D., N. Tvrtkovic, A. Dusek, Z. Stahan, I. Pavlinic, V.K. Obadic en J.B. Rajcic. 2008. Road permeability for animals: Proposal of guidelines for constructors. Institut Gradevinarsdva Hrvatske, Zagreb, Kroatië.
- Ito, T.Y., N. Miura, B. Lhagvasuren, D. Enkhbileg, S. Takatsuki, A. Tsunekawa en Z. Jiang. 2005. Preliminary evidence of a barrier effect of a railroad on the migration of Mongolian gazelles. *Conservation Biology* 19(3): 945-948.
- Iuell, B., G.J. Bekker, R. Cuperus, J. Dufek, G. Fry, C. Hicks, V. Hlaváč, V. Keller, C. Rosell, T. Sangwine, N. Trøsløv en B. le Maire Wandall (red.). 2003. Wildlife and traffic: a European handbook for identifying conflicts and designing solutions. Stichting Uitgeverij Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging, Utrecht.
- Jędrzejewski, W., S. Nowak, R. Kurek, R. Mysłajek, K. Stachura, B. Zawadzka en M. Pchalek. 2009. Animals and roads: Methods of mitigating the negative impact of roads on wildlife. Mammal Research Institute, Polish Academy of Sciences, Białowieża, Polen.
- Joop, P. en I. Davidse. 1995. Naslagwerk fauna- en floravoorzieningen. Ingenieursbureau NS, Utrecht.
- Kruidering, A.M., G. Veenbaas, R. Kleijberg, G. Koot, Y. Rosloot en E. van Jaarsveld. 2005. Leidraad faunavoorzieningen bij wegen. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Lund Ujvári, M., M. Elmeros, F. Hoedeman, K.V. Larsen, M. Schneekloth, M. Kock-Jensen, B. Sørensen, M. Vincents, C. Udal en A. Bo Madsen. 2011. Fauna- og menneskepassager: Anlaeg og Planlægning. Vejdirektoratet, København, Denemarken.
- Ministerie van LNV. 1990. Natuurbeleidsplan. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- Ministerie van LNV. 2000. Natuur voor mensen, mensen voor natuur. Nota natuur, bos en landschap in de 21^e eeuw. Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag.
- Ministerie van V&W, Ministerie van LNV en Ministerie van VROM. 2004. Meerjarenprogramma Ontsnippering. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit & Ministerie van Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieu, Den Haag.

- Ministerie van Infrastructuur en Milieu. 2011. Reizen zonder spoorboekje. Programma Hoogfrequent Spoorvervoer. Ministerie van Infrastructuur en Milieu, Den Haag.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2006. Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallados perimetrales. Documentos para la reducción de la fragmentación de hábitats causada por infraestructuras de transporte, no. 1. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, Spanje.
- Morel, G.A., A.W. Dijkstra, V.E.C.L. van Sante en H.A.J. Smeets. 1999. Ontsnippering railinfrastructuur: Methodiek voor mitigatie. Holland Railconsult BV, Utrecht.
- Movares. 2009. Ontsnippering Spoorlijn Naardermeer. Variantenstudie. Rapport BO-LBM-080039512. Movares Nederland BV, Utrecht.
- Movares. 2012a. Voorlopig Ontwerp Faunapassage Naardermeer. Rapport B85-LMA-KA-1100385 - Versie 1.0. Movares Nederland BV, Utrecht.
- Movares. 2012b. Voorlopig Ontwerp Faunapassage Naardermeer. Deelrapport ecologie bij VO Faunapassage Naardermeer. Rapport B85-CKO-KA-1200003. Movares Nederland BV, Utrecht.
- Movares. 2013. Voorlopig ontwerp Voormeerpassage en faunaduikers. Rapport B85-LMA-AL-1100496. Movares Nederland BV, Utrecht.
- Oord, J.G. 1995. Handreiking maatregelen voor de fauna langs weg en water. Rijkswaterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft.
- Rijksadviseur voor het Landschap. 2009. Advies Groene Ruggengraat, d.d. 7 oktober 2009. College van Rijksadviseurs, Den Haag.
- Schot, M. 2013a. Faunapassage Naardermeer. Interne notitie, d.d. 11 maart 2013. Pingo Projecten, Arnhem.
- Schot, M. 2013b. Verslag bijeenkomst doelmatigheid Faunapassage Naardermeer. Interne notitie, d.d. 20 maart 2013. Pingo Projecten, Arnhem.
- Struijk, R. 2011. Het gebruik van faunapassages door reptielen. De Levende Natuur 112 (3): 108-113.
- SETRA. 2007. Facilities and measures for small fauna. SETRA, Bagneux Cedex, Frankrijk.
- Tulp, I., M.J.S.M. Reijnen, C.J.F. ter Braak, E. Waterman, P.J.M. Bergers, S. Dirksen, R.P.H. Snep en W. Nieuwenhuizen. 2002. Effect van treinverkeer op dichtheden van weidevogels. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Van den Akker, R. en J. Harder. 2010. Oriënterend onderzoek naar het voorkomen van boommarters in de Oostelijke Vechtstreek. Rapport 10-017. Landschap Noord-Holland, Castricum.
- Van der Grift, E.A. en H.M.J. Kuijsters. 1998. Mitigation measures to reduce habitat fragmentation by railway lines in the Netherlands. In: G.L. Evink, P. Garrett, D. Zeigler & J. Berry (red.). Proceedings of the International Conference on Wildlife Ecology and Transportation: 166-170. FL-ER-69-98, Florida Department of Transportation, Tallahassee, Florida, VS.
- Van der Grift, E.A. 1999. Mammals and railroads: impacts and management implications. Lutra 42: 77-98.
- Van der Grift, E.A., R. Pouwels en R. Reijnen. 2003. Meerjarenprogramma Ontsnippering: Knelpuntenanalyse. Alterra-rapport 768. Alterra, Wageningen.
- Van der Grift, E.A. 2004. Corridor Leusderheide. Nut en noodzaak van de verbindingzone en advies voor de dimensionering en positionering van een ecoduct over de N237. Alterra-rapport 912. Alterra, Wageningen.
- Van der Grift, E.A., C.C. Vos, B.J.H. Koolstra en H. Kuipers. 2006. Meerjarenprogramma Ontsnippering en de Natte As. Quick-scan ontsnipperende maatregelen in robuuste verbindingen. Alterra-rapport 1309. Alterra, Wageningen.
- Van der Grift, E.A., J. Dirksen, H.A.H. Jansman, H. Kuijpers en R.M.A. Wegman. 2009. Actualisering doelsoorten en doelen Meerjarenprogramma Ontsnippering. Alterra-rapport 1941. Alterra, Wageningen.
- Van der Grift, E.A. 2009. Ecopassage Griftenstein bij de N237. Advies voor het ontwerp van de faunapassage en toetsing effecten van verstoring vanuit de omgeving. Alterra-rapport 1837. Alterra, Wageningen.
- Van der Grift, E.A., R. Foppen en G. Kurstjens. 2010. Advies robuuste verbinding Nieuwe Hollandse Waterlinie. Alterra-rapport 2041. Alterra, Wageningen.
- Van der Grift, E.A., R. Van der Ree, L. Fahrig, S. Findlay, J. Houlahan, J.A.G. Jaeger, N. Klar, L.F. Madriñan en L. Olson. 2013. Evaluating the effectiveness of road mitigation measures. Biodiversity and Conservation 22: 425-448. DOI 10.1007/s10531-012-0421-0
- Van der Kooij, C. 2012a. Toetsing in het kader van de FF-wet, NB-wet (passende beoordeling) en EHS. Deelrapport Ecologie bij VO faunapassage Naardermeer. Movares Nederland BV, Utrecht.

-
- Van der Kooij, C. 2012b. Toetsing in het kader van de FF-wet, NB-wet (passende beoordeling) en EHS. Deelrapport Ecologie bij VO Voormeerpassage en faunaduikers. Movares Nederland BV, Utrecht.
- Veenbaas, G., H.J.G. Limpens en P. Twisk. 2004. Met vleermuizen overweg. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Dienst Weg- en Waterbouwkunde, Delft / Vereniging voor Zoogdierkunde en Zoogdierbescherming, Nijmegen.
- Wansink, D.E.H, G.J. Brandjes, G.J. Bekker, M.J. Eijkelenboom, B. van den Hengel, M.W. de Haan en H. Scholma. 2013. Leidraad Faunavoorzieningen bij Infrastructuur. Rijkswaterstaat, Dienst Water, Verkeer en Leefomgeving, Delft / ProRail, Utrecht.

Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2521
ISSN 1566-7197



Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Alterra Wageningen UR
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 317 48 07 00
www.wageningenUR.nl/alterra

Alterra-rapport 2521
ISSN 1566-7197

Alterra Wageningen UR is hét kennisinstituut voor de groene leefomgeving en bundelt een grote hoeveelheid expertise op het gebied van de groene ruimte en het duurzaam maatschappelijk gebruik ervan: kennis van water, natuur, bos, milieu, bodem, landschap, klimaat, landgebruik, recreatie etc.

De missie van Wageningen UR (University & Research centre) is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen UR bundelen 9 gespecialiseerde onderzoeksinstituten van stichting DLO en Wageningen University hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.000 medewerkers en 9.000 studenten behoort Wageningen UR wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

