



Habitatgeschiktheid voor de wolf in Nederland

Een modelanalyse

L. Biersteker, A. Planillo, D.R. Lammertsma, T. van der Sluis, F. Knauer, S. Kramer-Schadt, E.A. van der Grift, M. Van Eupen, & H.A.H. Jansman



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Habitatgeschiktheid voor de wolf in Nederland

Een modelanalyse

L. Biersteker¹, A. Planillo², D.R. Lammertsma¹, T. van der Sluis¹, F. Knauer³, S Kramer-Schadt², E.A. van der Grift¹, M. Van Eupen¹, & H.A.H. Jansman¹

1 Wageningen Environmental Research

2 Leibniz Institute for Zoo and Wildlife Research

3 Forschungsinstitut für Wildtierkunde und Ökologie

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoeksthema 'Donkergroene Landnatuur' (projectnummer BO-43-108-035).

Wageningen Environmental Research

Wageningen, april 2024

Gereviewd door:

Fabrice Ottburg, onderzoeker, team Dierecologie

Akkoord voor publicatie:

Marion Kluivers-Poodt, teamleider van team Dierecologie

Rapport 3350

ISSN 1566-7197

Biersteker, L., A. Planillo, D.R. Lammertsma, T. van der Sluis, F. Knauer, S. Kramer-Schadt, E.A. van der Grift, M. Van Eupen, & H.A.H. Jansman, 2024. *Habitatgeschiktheid voor de wolf in Nederland; Een modelanalyse*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3350. 38 blz.; 7 fig.; 2 tab.; 63 ref.

Met de vestiging van meerdere roedels wolven is de terugkeer van deze soort in Nederland een feit. Vraag is hoe het potentiële verspreidingsgebied van de wolf in Nederland er op termijn uit zou kunnen zien en hoe groot de wolvenpopulatie zou kunnen worden. Dit rapport beantwoordt deze vragen op basis van een datagedreven modelanalyse naar de habitatgeschiktheid van Nederland voor de wolf.

Multiple packs of wolfs have settled recently in the Netherlands. Question is how large the potential distribution area can be in the near future and what the corresponding population number is. This report answers these questions based on a data driven model which assess habitat suitability.

Trefwoorden: Habitatgeschiktheid, wolf, *Canis lupus*, LARCH, aantal roedels

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/654770> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2024 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- 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.

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



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3350 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Hugh Jansman

Inhoud

Verantwoording	5	
Samenvatting	7	
1	Introductie	9
	1.1 Aanleiding	9
	1.2 Vraagstelling	9
2	Methode	11
	2.1 Inleiding	11
	2.2 Soortbeschrijving – ecologie van de wolf	11
	2.3 Modelanalyses	13
	2.3.1 Model Duitsland	13
	2.3.2 Model LARCH	14
	2.3.3 LARCH-SCAN	15
	2.3.4 Onzekerheid/boven- en ondergrens verspreidingsgebied	15
	2.3.5 Aantallen	16
	2.4 Visuele interpretatie van de modeluitkomsten	16
	2.4.1 Bosbedekking in Nederland	16
	2.4.2 Verspreidingsgebied van wilde hoefdieren in Nederland	17
	2.4.3 Schade aan landbouwhuisdieren	17
	2.4.4 Middelpunten huidige territoria/monitoring in Nederland	17
3	Resultaten	18
	3.1 Modelanalyses	18
	3.1.1 Habitatgeschiktheid	18
	3.1.2 Verspreidingsgebied volgens drie methoden	19
	3.1.3 Aantallen	22
	3.2 Visuele interpretatie van de modellen	23
	3.2.1 Boombedekking	23
	3.2.2 Beschikbare hoefdiersoorten	24
	3.2.3 Kaart versus praktijk: territoria & schade	25
4	Discussie	26
	4.1 Verspreidingsgebied	26
	4.1.1 Verspreidingsgebied huidige studie	26
	4.1.2 Eerdere habitatgeschiktheidsstudies	27
	4.1.3 Ontwikkeling verspreidingsgebied/uitbreiding areaal	27
	4.1.4 Aantallen	28
	4.1.5 Aantalsontwikkeling van wolven	28
	4.2 Visuele validatie van de modeluitkomsten	29
	4.2.1 Bosbedekking en hoefdierbeschikbaarheid	29
	4.2.2 Volgordelijkheid vestiging verspreidingsgebied	30
	4.2.3 Overeenkomst met huidige territoria	30
	4.2.4 Overeenkomst met schade-incidenten aan landbouwhuisdieren	30
	4.3 Aanbevelingen	31
Literatuur	32	
Bijlage 1	Modeluitdraaien	35

Verantwoording

Rapport: 3350

Projectnummer: 5200047976

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Onderzoeker, team Dierecologie

naam: F.G.W.A. (Fabrice) Ottburg

datum: 28 maart 2024

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: M. Kluivers-Poodt

datum: 8 april 2024

Samenvatting

Met de vestiging van meerdere roedels wolven is de terugkeer van deze soort in Nederland een feit. Op het moment van schrijven gaat het om zeven roedels op de Veluwe, één in Drenthe en één overlappend in Drenthe & Friesland. Bij de terugkeer van een groot roofdier als de wolf in een mens- en veedicht land als Nederland is het wenselijk om een inschatting te maken waar wolven zich kunnen vestigen, zodat het beleid en de maatschappij zich daarop kunnen voorbereiden. Een habitatgeschiktheidsanalyse levert hieraan een belangrijke bijdrage. Dit heeft in 2023 geleid tot een opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) voor het verrichten van een habitatgeschiktheidsanalyse van Nederland voor de wolf. Doel van dit project is om op basis van een datagedreven modelanalyse hierover uitspraken te doen. In afstemming met de opdrachtgever heeft dit geleid tot de volgende vraagstelling, die in dit rapport beantwoord wordt:

- Wat is het potentiële verspreidingsgebied van de wolf in Nederland?
- Hoe groot kan de wolvenpopulatie op grond daarvan zijn?
 - Hoe verhoudt het verspreidingsgebied zich tot de boombedekking in Nederland?
 - Hoe verhoudt het verspreidingsgebied zich tot de verspreiding van vier prooidiersoorten?
 - Hoe verhoudt het verspreidingsgebied zich tot de verspreiding van schade-incidenten?
 - Hoe verhoudt het verspreidingsgebied zich tot de middelpunten van de huidige territoria?
- Is aan te geven of vestiging in sommige delen van het potentiële verspreidingsgebied eerder te verwachten is dan in andere?

Om een betrouwbare inschatting te kunnen maken van de habitatgeschiktheid en de ecologische draagkracht voor wolven in Nederland, dient informatie voorhanden te zijn over hun voorkeur voor typen habitat en de daar voorkomende condities. Vooralsnog is er geen zenderonderzoek in Nederland gedaan. In Duitsland zijn wel wolven gezenderd waardoor informatie is verzameld over hun habitatgebruik en dispersievermogen, op basis waarvan een statistisch valide draagkrachtmodel is opgesteld. In de huidige studie is dit Duitse model toegepast op de Nederlandse situatie. Het resultaat is een kaart met het verspreidingsgebied van de wolf, in hokken van 10x10 km. Deze resolutie is voor een land als Nederland vrij grof. Om het detailniveau van de uitspraken van het Duitse model te verhogen, is een tweetal analyses toegevoegd dat gebruikmaakt van het LARCH-kennissysteem. Allereerst is LARCH gedraaid met als invoer de geschiktheidskaart op dezelfde 10km-resolutie om de overeenkomst met het Duitse model aan te tonen. Vervolgens is de resolutie van de uitspraken verhoogd door een analyse te doen met LARCH-SCAN met een resolutie van 100 m.

De resultaten laten zien dat het potentiële verspreidingsgebied voor de wolf in Nederland zich concentreert in het noorden en het oosten van het land, met inbegrip van de Utrechtse heuvelrug en het oosten van Noord-Brabant. Het Duitse model met een lage drempelwaarde voor de habitatgeschiktheid levert een verspreiding op die vrijwel geheel Noordoost-Nederland, Flevoland, de Utrechtse Heuvelrug en grote delen van Noord-Brabant omvat. Bij een scenario met een hogere drempelwaarde voor de habitatgeschiktheid valt veel habitat af en resteert een geringer areaal, dat voornamelijk de Veluwe, Zuidoost-Flevoland, het Drents-Friese woud en delen van Noord-Brabant omvat. Het LARCH-model levert een vrijwel identiek verspreidingsgebied op, voor beide scenario's. Op basis hiervan is het LARCH-SCAN model gedraaid. Dit model levert een grotere verspreiding en potentieel areaal op dan de analyses op 10 km² basis. Zo wordt door LARCH-SCAN ook een aantal duingebieden in West-Nederland als geschikt leefgebied beoordeeld, echter met een draagkracht die minder is dan één roedel. Daarnaast geeft LARCH-SCAN, wanneer gerekend wordt met een hogere drempelwaarde, een verspreidingsgebied dat ruimer is dan de andere modellen. Dit wordt veroorzaakt door het gehanteerde schaalniveau. De LARCH-SCAN-analyse levert een ondergrens voor de draagkracht van 23 roedels en een bovengrens van 56 roedels.

De resultaten laten een duidelijk verschil zien in geschiktheid tussen het oosten en het westen van het land. Het verschil lijkt samen te hangen met de mate van menselijke invloed tussen Oost- en West-Nederland. De menselijke invloed in het westen is dusdanig groot dat de vestiging van een roedel, gegeven de gebruikte parameters in het model, onwaarschijnlijk is. Hierbij moeten echter wel een aantal kanttekeningen worden

geplaatst. Sommige gebieden blijven net onder de drempelwaarde voor de vestiging van een roedel, waarbij het niet ondenkbaar is dat vestiging van een roedel toch optreedt. Bovendien is de in deze studie gebruikte oppervlaktebehoefte van een roedel (200 km²) geen harde ondergrens; de groottes van wolventerritoria laten een aanzienlijke variatie zien, met een range van 80-400 km². Ook moet benadrukt worden dat deze modelstudie een inschatting maakt van de geschiktheid van gebieden voor permanente vestiging van wolven. Wolven op dispersie kunnen echter overal opduiken en zich daar voor kortere of langere tijd ophouden. Het kan daarbij ook gebieden betreffen die ongeschikt zijn als permanent leefgebied, zoals urbaan gebied.

Het huidige voorkomen van wolven in Nederland op basis van schade incidenten aan landbouwhuisdieren en de ligging van de huidige territoria op basis van monitoring geeft een indicatie van de mate van onzekerheid van het gemodelleerde verspreidingsgebied. De uitkomsten van het model lijken goed overeen te komen met de ligging van territoria en schade-incidenten.

Een visuele validatie op basis van het gemodelleerde verspreidingsgebied versus de mate van bosbedekking en het voorkomen van hoefdiersoorten geeft een indicatie van de gebieden die naar verwachting als eerste gekoloniseerd zullen worden, omdat de mate van bosbedekking en het aanbod aan wilde hoefdieren een belangrijke factor is m.b.t. de habitatvoorkeur van wolven. Het model wijst alleen aan welke gebieden het geschikt acht als vestigingsgebied van roedels. Het geeft geen rangorde van de geschiktheid aan. Zo komt op basis van de aanvullende info de Veluwe, met een hoge mate van bosbedekking en het voorkomen van vier wilde hoefdiersoorten, als zeer gunstig naar voren. Dit is ook in de praktijk te zien: op de Veluwe zijn reeds meerdere roedels (te weten zeven) gevestigd. Ook de bosrijke gebieden met een voorkomen van twee hoefdiersoorten in Drenthe, Friesland en het oosten van Noord-Brabant zullen waarschijnlijk het eerst door roedels bezet gaan worden. De huidige vestiging van wolven in het Drents-Friese Wold en het oosten van Noord-Brabant lijkt dit te bevestigen.

De huidige analyse is gedaan op basis van data afkomstig van wolven in Duitsland. Om de kwaliteit van de modellen te verbeteren en mogelijke onzekerheden in de voorspelling te verminderen, is het noodzakelijk om in Nederland onderzoek te doen naar het terreingebruik van wolven, liefst op basis van meerdere methoden zoals telemetrie, DNA- en sporenonderzoek. De hiermee verkregen data kunnen dienen als basis voor een nieuw model voor de Nederlandse situatie, met een hogere voorspellende waarde.

1 Introductie

1.1 Aanleiding

Met de vestiging van meerdere roedels wolven is de terugkeer van deze soort in Nederland een feit.¹ Op het moment van schrijven gaat het om zeven roedels op de Veluwe, één in Drenthe en één overlappend in Drenthe & Friesland. Ter voorbereiding op de verwachte terugkeer van de wolf, is in 2012 in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken, het Interprovinciaal Overleg (IPO) en BIJ12 door Wageningen Environmental Research (WENR) – dus zes jaar voor de vestiging van de eerste roedel – een *factfinding study* met betrekking tot de wolf uitgevoerd (Groot Bruinderink et al., 2012).

Door de groeiende populatie wolven in Nederland en Europa en het frequenter voorkomen van zwervende wolven in Nederland is er nu in toenemende mate sprake van interacties tussen mens, landbouwhuisdieren en wolven. In het Interprovinciaal Wolvenplan (IPO, 2019) en het Addendum (IPO, 2023) zijn de beleidslijnen uitgewerkt voor onze omgang met wolven. Voor de herziening van dit plan zijn in opdracht van de bovengenoemde overheden twee additionele feitenrapporten gerealiseerd die samen de juridische en ecologische basis vormen voor het te herziene Interprovinciaal Wolvenplan. Het juridisch kader rondom de bescherming en het beleid met betrekking tot wolven is behandeld in Boerema et al. (2021)², terwijl in het rapport van Jansman et al. (2021) vragen rondom de ecologie van wolven zoals leefwijze, dieet, verspreiding, voorkomen, herkomst en ecologische draagkracht zijn uitgewerkt. Daarnaast behandelen Jansman et al. (2021) vragen over probleemgedrag, wolf-mensrelatie, beleid, schade, monitoring en beheer.

Bij de terugkeer van een groot roofdier als de wolf in een mens- en veedicht land als Nederland, is het wenselijk om een inschatting te maken waar wolven zich kunnen vestigen, zodat het beleid en de maatschappij zich daarop kunnen voorbereiden. Een habitatgeschiktheidsanalyse levert hieraan een belangrijke bijdrage. Eerder zijn twee zulke analyses uitgevoerd voor de wolf in Nederland (Lelieveld, 2012; Potiek et al., 2012). Beide studies doen aannames op basis van de literatuur en expertkennis. Een modelstudie op basis van een datagedreven aanpak kan echter een betrouwbaardere voorspelling van de potentiële verspreiding geven. Inmiddels is er meer dan twintig jaar ervaring met wolven in Duitsland en is hier kennis aanwezig over het habitatgebruik. Dit maakt het mogelijk om een nieuwe analyse te maken van potentieel geschikte leefgebieden in Nederland op basis van modelinstrumenten.

Dit heeft in 2023 geleid tot een opdracht van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (LNV) voor het verrichten van een habitatgeschiktheidsanalyse van Nederland voor de wolf. Doel van dit project is om op basis van een datagedreven modelanalyse hierover uitspraken te doen.

1.2 Vraagstelling

In afstemming met de opdrachtgever heeft dit geleid tot de volgende vraagstelling, die in dit rapport beantwoord wordt:

- Wat is het potentiële verspreidingsgebied van de wolf in Nederland?
- Hoe groot kan de wolvenpopulatie op grond daarvan zijn?
 - Hoe verhoudt het verspreidingsgebied zich tot de boombedekking in Nederland?
 - Hoe verhoudt het verspreidingsgebied zich tot de verspreiding van vier prooidiersoorten?
 - Hoe verhoudt het verspreidingsgebied zich tot de verspreiding van schade-incidenten?
 - Hoe verhoudt het verspreidingsgebied zich tot de middelpunten van de huidige territoria?

¹ <https://www.bij12.nl/onderwerp/wolf/>

² Boerema L., L. Freriks. A.A. en D.B. van den Brink. 2021. De juridische bescherming van de wolf in Nederland en in een aantal andere Europese landen; een juridisch onderzoek ter ondersteuning van het opstellen van Nederlands wolvenbeleid in het licht van de uitvoering van de natuurwetgeving, Boerema en Van den Brink B.V., Houwerzijl/Element Advocaten, Best.

-
- Is aan te geven of vestiging in sommige delen van het potentiële verspreidingsgebied eerder te verwachten is dan in andere?

In hoofdstuk 2 wordt de methode uitgewerkt, met een beschrijving van de specifieke eisen van de soort en de gebruikte modellen. In hoofdstuk 3 worden de resultaten uitgewerkt en de randvoorwaarden en aannames die daarbij gelden. Hoofdstuk 4 vormt de discussie over de resultaten in relatie tot andere studies, en validatie van de studie. Het hoofdstuk sluit af met meerdere aanbevelingen.

2 Methode

2.1 Inleiding

Om een betrouwbare inschatting te kunnen maken van de habitatgeschiktheid en de ecologische draagkracht voor wolven in Nederland dient informatie voorhanden te zijn over hun voorkeur voor typen habitat en de daar voorkomende condities. Daarnaast dient er rekening gehouden te worden met de grootte van het leefgebied dat een roedel nodig heeft om zich daar permanent te vestigen (de draagkracht). Ten slotte speelt mee welke afstanden wolven kunnen afleggen om nieuwe gebieden te kunnen bereiken. De informatie kan verkregen worden op basis van inschattingen door experts of afgeleid worden vanuit velddata, zoals zenderdata of waarnemingen van sporen en uitwerpselen.

Vooralsnog is er geen zenderonderzoek in Nederland gedaan. Wel zijn twee Duitse gezenderde wolven door Nederland gelopen (Jansman et al., 2021). Deze informatie geeft een indruk van het trekgedrag, maar niet van het terreingebruik van gevestigde dieren. In Duitsland zijn wel verschillende veldstudies uitgevoerd, waarbij wolven zijn gezenderd en zodoende informatie is verzameld over hun habitatgebruik en dispersievermogen, op basis waarvan een statistisch valide draagkrachtmodel is opgesteld (Planillo et al., 2023; Kramer-Schadt et al., 2020).

In de huidige studie is het Duitse model toegepast op de Nederlandse situatie. Het resultaat is een kaart met het verspreidingsgebied van de wolf, in hokken van 10x10 km. Deze resolutie is voor een land als Nederland dan nog vrij grof.

Om het detailniveau van de uitspraken van het Duitse model te verhogen, is een tweetal analyses toegevoegd dat gebruikmaakt van het LARCH-kennissysteem. Allereerst is LARCH gedraaid met als invoer de geschiktheidskaart op dezelfde 10km-resolutie om de overeenkomst met het Duitse model aan te tonen. Vervolgens is de resolutie van de uitspraken verhoogd door een analyse te doen met LARCH-SCAN op de originele resolutie van 100 m.

Het Duitse model komt conceptueel in hoge mate overeen met het LARCH (-SCAN) kennissysteem (Pouwels et al., 2008; Rüter et al., 2014; Pazurova, 2018; Van der Sluis 2021). Dit model is eerder toegepast in studies voor de wolf, bijvoorbeeld in de regio Umbrië, Italië (Klaver, 2003; Van der Sluis & Pedroli, 2004) regio Abruzzo, Italië, het hart van de Apennijnen (Van der Sluis et al., 2003) en twee gebieden in Lugansk Oblast, Oekraïne (Van der Sluis et al., 2011). LARCH wordt beschreven in paragraaf 2.3.2 en verder.

Samenvattend voeren we in de voorliggende studie drie modelanalyses uit om de habitatgeschiktheid voor de wolf in Nederland te bepalen:

1. Een analyse met het in Duitsland ontwikkelde model;
2. Een analyse met het model LARCH;
3. Een analyse met het model LARCH-Scan.

2.2 Soortbeschrijving – ecologie van de wolf

De wolf is een generalistische soort (Boitani, 2000). Hoewel ze een duidelijke voorkeur voor bosgebieden hebben, gebruiken ze bijvoorbeeld ook agrarisch gebied en moerasgebieden (Jędrzejewski et al., 2004; Fechter & Storch, 2014). Binnen een territorium ligt meestal ca. 50% bos, hetgeen waarborgt dat voldoende nestgelegenheid en prooien aanwezig zijn (Jędrzejewski et al., 2004; Jansman et al., 2021). Ze vermijden in het algemeen door mensen gemaakte structuren zoals snelwegen en urbaan gebied (Jędrzejewski et al., 2004; Fechter & Storch, 2014). Secundaire wegen, meren en rivieren hebben geen effect op het habitatgebruik.

Daarnaast hebben wolven voldoende voedsel nodig. Het dieet van de wolf is zeer divers en ze voeden zich met wat het meest voorhanden is in de habitat (Boitani, 2000). Desondanks geven ze de voorkeur aan leefgebieden met meerdere verschillende soorten wilde hoefdieren, zodat afhankelijk van het seizoen het aanbod flexibel kan worden benut (Jansman et al., 2021).

Territoriumgroottes van wolven variëren, afhankelijk van het prooideraanbod, de populatiedichtheid, de tijd van het jaar en met de geografische ligging en het landgebruik (Jedrzejewski et al., 2007; Myslajek et al., 2018). Wolven zijn zeer territoriaal en claimen en verdedigen een gebied tegen soortgenoten. De lokale aanwezigheid beperkt zich tot het ouderpaar met hun jongen, eventueel in het gezelschap van enkele jongen van het jaar daarvoor. De omvang van zo'n roedel kan over de jaren schommelen naargelang het aantal jongen dat jaarlijks geboren wordt en hun overleving, maar blijft steeds in dezelfde ordegrrootte. De jongvolwassen dieren zullen meestal op een leeftijd van 1 tot 2 jaar de roedel verlaten en incidenteel kan een enkele zwerfende wolf opgenomen worden in de roedel. De grootte van een roedel bestaat gemiddeld uit vijf dieren (range 2-9; Fechter & Storch, 2014). Zonder menselijk ingrijpen kan met grote zekerheid voorspeld worden dat dit het aantal wolven zal zijn dat in een leefgebied of territorium zal leven op de korte, middellange en lange termijn.

De homerange-grootte in Europa bedraagt meestal ca. 200 km², met een range van 80-400 km² (Reinhardt & Kluth, 2016; Jansman et al., 2021; Planillo et al., 2024). De homerange-grootte van 200 km² is gebruikt voor de parametrisatie van de modellen en het bepalen van het aantal wolven dat potentieel in Nederland zou kunnen voorkomen.

De dagelijkse afstand die wolven afleggen, varieert afhankelijk van het voedselaanbod. In Europa (Italië, Kroatië, Polen) liggen de lineair afgelegde afstanden tussen de 2.5-9 km/dag (Kusak et al., 2005). Reinhardt & Kluth (2016) geven voor adulte wolven een dagelijks afgelegde afstand van ca. 9-13 km/dag, met een maximum van 68 km. Jedrzejewski et al. (2001) vermelden gemiddelde afstanden van 20-27 km/dag, met een maximum van 64 km. Dit zou betekenen dat in theorie een wolf maximaal 30 km heen en 30 km terug aflegt om te foerageren. Myslajek et al. (2018) plotten op basis van de gemiddelde homerange-grootte uit hun telemetriestudie een cirkel rondom bekende wolvenholen (onder aanname dat deze holen in het centrum van de homerange liggen). De homerange-grootte van 378 km² resulteert in een cirkel met een straal van 11 km rondom het centrum van een gevestigde wolf. Deze straal komt tevens overeen met de gemiddeld afgelegde afstand per dag die wolven afleggen. Jedrzejewski et al. (2001) vermelden gemiddelde afstanden van 20-27 km/dag, met een maximum van 64 km. In Noord-Amerika kan 80 km/dag worden afgelegd bij een laag voedselaanbod, versus 1.6-9 km/dag bij een hoog voedselaanbod (Kusak et al., 2005). Bovenstaande impliceert dat een wolf gemiddeld circa 10 km heen en 10 km terug zou afleggen om te foerageren. Deze waarde is gebruikt voor de parametrisatie van de modellen.

Gedetailleerde studies over dispersie zijn schaars voor de Centraal-Europese wolvenpopulatie. De meeste dispersieafstanden liggen onder de 100 km (Kojola et al., 2006; 2009; Linnell et al., 2005; Blanco & Cortes, 2007). Kojola et al. (2006; 2009) vonden een mediane dispersieafstand van 98.5 km (range 35-445 km) in Finland. Linnell et al. (2005) vermelden ca. 65% van de dispersie < 100 km, 20% van 100-200 km en 17% boven de 200 km. Langeafstandsdispersie komt regelmatig voor met lineaire afstanden van 400 tot meer dan 1000 km (Wabakken et al., 2007; Ciucci et al., 2009; Mancinelli & Ciucci, 2018; Ražen et al., 2016; Reinhardt & Kluth, 2016; Andersen et al., 2015). In de VS zijn van 298 gepubliceerde dispersieafstanden er slechts 10 boven de 500 km (Linnell et al., 2005). Jimenez et al. (2017) vermelden voor de VS dat de lineaire dispersieafstand niet verschilt tussen mannen en vrouwen, respectievelijk 98.1 km en 87.7 km, en dat slechts 10 van de 297 gevolgde wolven meer dan 300 km aflegden. Uitgegaan is van een dispersieafstand van 100 km voor de parametrisatie van de modellen.

2.3 Modelanalyses

2.3.1 Model Duitsland

Het Duitse model (Planillo et al., 2024) is ontwikkeld op basis van een analyse van waarnemingen van gezenderde wolven in combinatie met landgebruikskaarten en kaarten van indicatoren gerelateerd aan menselijke invloeden: bevolkingsdichtheid, afstand tot opgaande bebouwing en afstand tot wegen. Ook wordt gebruikgemaakt van een kaart van Human footprint (HFP).³ Zij gebruiken deze kaartlagen in combinatie met de waarnemingsdata om twee verschillende soorten modellen te trainen, een *Generalized Linear Mixed Model* en een *Maximum Entropy Model*. Combinatie van deze modellen resulteert in een zogenaamd *ensemble model* of samengesteld model. Bij een *ensemble model* wordt een gewogen gemiddelde genomen van een reeks verschillende modellen, elk met hun eigen sterktes en zwakheden, om zo tot een robuustere voorspelling te komen dan mogelijk zou zijn met elk van de afzonderlijke modellen.

Het *ensemble model* is in de huidige studie gedraaid op invoerkaarten voor Nederland (**Tabel 1**). De gebruikte Nederlandse invoerkaarten hebben een resolutie van 100 m. De output van het model is een kaart eveneens met resolutie van 100 m, met daarin per cel een score voor de geschiktheid van de habitat. Dit is de habitatsgeschiktheidsindex (HSI), die ligt tussen de 0 en de 1, waarbij de score 0 staat voor absoluut ongeschikt en 1 voor habitat van optimale kwaliteit. Voor een gedetailleerde beschrijving van het HSI-model verwijzen we naar Planillo et al. (2024).

Tabel 1 Bron en jaartal per bronkaart.

Naam	Jaar	Beschrijving	Bron
CORINE Land Cover	2018	Landgebruik, geherclassificeerd naar klassen die voor de wolf van belang zijn	https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover/clc2018
Populatie-dichtheid	2010	Dichtheden van menselijke populatie	https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/population-density-disaggregated-with-CORINE-landcover-2000-2
Human footprint	2018	Maat voor aanpassing van een gebied door de mens	https://www.nature.com/articles/s41597-022-01284-8
Afstand tot nederzettingen	2016	Afstand tot bebouwde gebieden	https://ghsl.jrc.ec.europa.eu/esm_R2019.php
Afstand tot wegen	2016	Afstand tot autowegen, alleen grotere wegen zijn meegenomen	https://hub.worldpop.org/geodata/summary?id=17447

Vervolgens is de resolutie van de geschiktheidskaart verlaagd naar 10 km en gefilterd met een drempelwaarde. Hierbij worden alle cellen die onder de drempelwaarde vallen op een geschiktheidsscore van 0 gezet. Op deze manier blijven alleen cellen waar voldoende areaal van kwaliteit is behouden voor het modelleren van het verspreidingsgebied. Sterk versnipperde habitat of habitat van onvoldoende kwaliteit wordt er op deze manier uitgefilterd. Om een bereik in het mogelijke verspreidingsgebied aan te kunnen geven, is dit tweemaal gedaan (zie par. 2.3.4).

De uiteindelijke populaties komen in het Duitse model tot stand door alleen de plekken te behouden waar minimaal twee cellen van 10x10 km (100 km²) aan elkaar grenzen, inclusief diagonaal aangrenzende cellen. Dit staat gelijk aan een oppervlakte van 200 km², wat de gemiddelde oppervlakte van een territorium is, en een bereik van 10 km voor dagelijkse activiteit van de wolf (zie par. 2.2).

³ De HFP geeft een score tussen de 0 en de 50 voor de mate waarin een gebied is aangepast door de mens. De score 0 staat hier voor niet aangepast en 50 voor zeer aangepast. De hier gebruikte HFP is opgebouwd met behulp van kaarten van acht variabelen: bebouwde omgeving, bevolkingsdichtheid, nachtelijke verlichting, landbouwgrond, weiland, wegen, spoorwegen en bevaarbare waterwegen.

Het model dat zij ontwikkeld hebben (Planillo et al., 2023), is toegepast voor de Nederlandse situatie. Hierbij zijn de volgende stappen gedaan:

1. Het maken van een kaart met daarin de inschatting van de geschiktheid van de habitat (kaart met een resolutie van 100 m).
2. Het verlagen van de resolutie van de geschiktheidskaart naar 10 km.
3. Het filteren van deze kaart om zeer ongeschikte of versnipperde habitat uit te sluiten van de draagkrachtinschatting.
4. Het bepalen van het verspreidingsgebied door alleen gebieden te behouden waar twee of meer 10km-cellen aan elkaar grenzen, dit correspondeert met de oppervlakte behoefte van één roedel.
5. Berekening van de totale draagkracht door de oppervlakte van het totale potentiële verspreidingsgebied in Nederland te delen door de oppervlaktebehoefte van een roedel.

2.3.2 Model LARCH

Voor de huidige studie is de HSI kaart uit het Duitse model als basis gebruikt voor een tweetal analyses met LARCH. Voor de eerste analyse is LARCH toegepast op de HSI-kaart welke geaggregeerd is naar 10km-resolutie. Gelijk aan Planillo et al. (2024) is hier de uitkomst van het HSI-model eerst naar 10km-resolutie gebracht, waarna geschikt leefgebied bepaald is met het toepassen van een drempelwaarde voor geschiktheid. Deze kaarten zijn gebruikt om met LARCH metapopulaties te bepalen. Metapopulaties zijn netwerken van ruimtelijk gescheiden populaties waartussen op verschillende niveaus interactie plaatsvindt, zoals uitwisseling, kolonisaties en extincties (uitsterven).

LARCH weegt ook de weerstand van elementen zoals snelwegen, waterwegen of stedelijke kernen mee in het bepalen van de metapopulaties. Deze weerstandkaart is in dezelfde resolutie als de geschiktheidskaart. Voor bijvoorbeeld een diersoort die niet in staat is om een snelweg of waterweg over te steken (een absolute barrière), worden de leefgebieden aan weerszijden van een dergelijk element niet tot dezelfde metapopulatie gerekend. Bij de huidige analyse is dit niet meegenomen. Dit is het gevolg van het gebruik van de geschiktheidskaart op 10km-resolutie. Dit betekent namelijk dat ook de kaart met weerstanden op 10km-resolutie moeten worden aangeboden, hetgeen niet overeenkomt met de schaal van deze (veelal lijnvormige) elementen.

In de analyse is het bereik van de wolf bepaald op 10 km (zie 2.2). Hierbij gaat het om het bereik van de dagelijkse activiteit en niet om de dispersieafstand, die vele malen hoger ligt. Gezien de afstanden die wolven geregeld op dispersie afleggen (zie 2.2) en het weglaten van weerstand uit de huidige analyse kan aangenomen worden dat alle populaties voor de wolf in Nederland tot hetzelfde netwerk behoren.

Het LARCH-model

De volgende beschrijving van het LARCH kennisstelsel is grotendeels gebaseerd op de beschrijving gegeven in van der Sluis et al. (2020):

Voor de ruimtelijke analyse van leefgebieden is het kennisstelsel of landschapsecologische model LARCH (Landschaps- ecologische Analyse en Regels voor de Configuratie van Habitat) gebruikt. Dit model werkt op basis van de principes uit de metapopulatie-theorie en geeft informatie over de structuur en levensvatbaarheid van populaties in relatie tot de configuratie en het draagvermogen van voortplantings-, foerageer- en rustgebied. De metapopulatie-theorie beschouwt het landschap als een netwerk van ruimtelijk gescheiden populaties, waartussen op verschillende niveaus interactie plaatsvindt (Hanski & Gilpin, 1997; Opdam et al., 2002; Foppen, 2001). Die interacties zijn uitwisseling of soms kolonisaties en extincties in zulke leefgebieden. Uitwisseling vindt veelal plaats via corridors, over de grond, vliegend of stapsgewijs via 'stepping stones' (Van der Sluis et al., 2004). De metapopulatie-benadering is met name bruikbaar in gefragmenteerde landschappen.

LARCH is een kennisstelsel dat ruimtelijke informatie integreert met ecologische soortkenmerken. LARCH wordt gebruikt voor scenarioanalyse en beleidsevaluatie. LARCH is ontwikkeld door Alterra en is elders volledig beschreven en veelvuldig toegepast voor analyses (Chardon et al., 2000; Franz et al., 2013; Groot Bruinderink et al., 2003; Van der Sluis & Chardon, 2001; Van der Sluis et al., 2007; Verboom et al., 2001; Pouwels et al., 2002).

De principes van LARCH zijn eenvoudig. Er wordt een soort geselecteerd die relevant is voor natuurbehoud of een gidsoort (soms ook wel indicatorsoort, of 'paraplusoort' (umbrella species) genoemd) die een reeks soorten vertegenwoordigt, om te beoordelen of een gebied geschikt is voor een levensvatbare populatie van de soort. De grootte van een gebied en de vegetatiestructuur bepalen het potentiële aantal individuen van een specifieke soort die het gebied kan bevatten. De afstand tot aangrenzende gebieden (netwerkafstand) bepaalt of deze gebieden een deel van een netwerk van de soort vormt waartussen nog uitwisseling plaatsvindt. Alle gebieden in een netwerk dragen bij aan de populatie en afhankelijk van soortkenmerken wordt de grootte van de netwerkpopulatie bepaald.

LARCH vereist als invoer een kaart met habitat (bijvoorbeeld een kaart met vegetatie of landgebruik, in dit geval ecotopenkaart) en ecologische soortparameters (bijvoorbeeld homerange, verspreidingsafstand en draagvermogen voor alle habitats). Voor LARCH zijn geen verspreidings- of abundantiegegevens vereist, omdat de beoordeling is gebaseerd op het potentieel voor een ecologisch netwerk van een soort, bij optimale kwaliteit van de habitat voor de soort.

2.3.3 LARCH-SCAN

De tweede analyse maakte gebruik van de SCAN-variant van LARCH. Deze variant clustert metapopulaties op basis van het bereik van soorten, waarbij het de mate van verbondenheid (ook wel connectiviteit genoemd) van de habitat in een gebied meeneemt. De mate van verbondenheid is binnen het model geïmplementeerd op basis van Hanski (1989). Hier wordt met een exponentiële functie van de afstand die een soort kan overbruggen (dispersie) en de grootte van het leefgebied de sterkte van de verbinding tussen leefgebieden gekwantificeerd.

Het model is toegepast op de HSI-kaart met de oorspronkelijke resolutie van 100 m. Dit geeft een grotere nauwkeurigheid voor het resulterende verspreidingsgebied en dus de uiteindelijke aantallen roedels die er kunnen voorkomen.

Op het moment van schrijven is het nog niet mogelijk om de weerstand van het landschap goed in te schatten met LARCH-SCAN door gebrek aan voldoende veldgegevens voor de Nederlandse situatie. Daarom is de weerstand van infrastructuur niet meegenomen bij het modelleren van de metapopulaties.

In deze analyse is het bereik van de wolf gezet op 10 km, gelijk de analyse met LARCH op 10km-resolutie (zie par. 2.2 en 2.3.2).

2.3.4 Onzekerheid/boven- en ondergrens verspreidingsgebied

Om de onzekerheid in hun voorspellingen te duiden, gebruiken Planillo et al. (2024) een 'soepele' (0.17) en een 'strengere' (0.28) drempelwaarde om de HSI-kaart te filteren alvorens zij het verspreidingsgebied opstellen en het aantal roedels uitrekenen. Het resultaat hiervan zijn twee verschillende HSI-kaarten. Het opstellen van het verspreidingsgebied en het berekenen van het aantal roedels gebeurt dan ook tweemaal, eenmaal voor elke gefilterde HSI-kaart. Hiermee kunnen een onder- en bovengrens gegeven worden aan het verspreidingsgebied.

De drempelwaarden zijn vastgesteld door te kijken bij welke HSI-scores de meeste waarnemingen liggen. De lage grens is hierbij de onderkant van het 95%-betrouwbaarheidsinterval, de hoge grens is de gemiddelde HSI-score voor de waarnemingen min eenmaal de standaarddeviatie. Cellen van onvoldoende kwaliteit doen op deze manier niet mee bij de berekening van het totale aantal roedels.

Om de onzekerheid voor de analyse met LARCH en LARCH-SCAN inzichtelijk te maken, is gekozen om eveneens bovenstaande aanpak te volgen.

2.3.5 Aantallen

De grootheid waar we de omvang van (meta)populaties of netwerken in uitdrukken, is de Reproductieve Eenheid (RE). Deze term geeft de omvang weer in het aantal eenheden in de populatie dat zich kan voortplanten. Wolven planten zich voort in roedels, dit is dan ook hun Reproductieve Eenheid. Doorgaans zitten er tussen de 2 tot 9 dieren in een roedel (Fechter & Storch, 2014).

Bij het berekenen van de aantallen RE per populatie is uitgegaan van 200 m², conform hetgeen Planillo et al. (2024) afleiden uit de waarnemingsdata. Het uiteindelijke aantal roedels dat volgens de modellen in Nederland kan voorkomen, is berekend door de som te nemen van alle populaties die op basis van hun oppervlakte minimaal één roedel kunnen bevatten.

De draagkracht van het verspreidingsgebied in aantal roedels is voor elke modelanalyse als volgt berekend:

1. De oppervlakten van de verschillende deelgebieden binnen het verspreidingsgebied zijn gedeeld door de oppervlaktebehoefte van een roedel.
2. Sommatie van alle gebieden welke minimaal één roedel in grootte zijn.

Om een ondergrens aan de draagkracht te verkrijgen, is bovenstaande gedaan voor het verspreidingsgebied volgens de strenge drempelwaarde. Om een bovengrens te verkrijgen, is bovenstaande gedaan voor het verspreidingsgebied volgens de soepele drempelwaarde. De spreiding in draagkracht is het verschil tussen deze boven- en ondergrens.

2.4 Visuele interpretatie van de modeluitkomsten

Het model van Planillo et al. (2024) is, onder andere, gebaseerd op de Corine-landgebruikskarta van het Copernicus-project van de Europese Unie. Deze kaart omvat een verscheidenheid aan landgebruikstypen waartussen grote verschillen zijn in boombedekking en prooidierbeschikbaarheid. Dit zijn beide factoren die van belang zijn voor de habitatvoorkeur van de wolf, maar niet zijn opgenomen in het model (Krammer-Schadt et al., 2020, Planillo et al., 2024). Door naar deze factoren te kijken, kan een indicatie gegeven worden voor welke delen van het verspreidingsgebied zoals die door LARCH-SCAN is opgesteld, de vestiging van een roedel het waarschijnlijkst is of waar dit het eerste zal gebeuren. Om deze indicatie te kunnen geven, zijn kaarten gemaakt van de gemiddelde boombedekking in Nederland en de verspreiding van vier soorten hoefdieren, te weten Ree, Damhert, Edelhert en Wild zwijn.

Daarnaast zijn er twee aanvullende kaarten gemaakt om inzichtelijk te maken hoe het gemodelleerde verspreidingsgebied volgens LARCH-SCAN zich verhoudt tot wat waargenomen wordt in de praktijk. Het gaat hierbij om een kaart met punten van de centra van reeds gevestigde roedels en een kaart van incidenten met schade aan landbouwhuisdieren. In beide kaarten zijn de punten weergegeven boven op het gemodelleerde verspreidingsgebied.

Hieronder is per aanvullende kaart beschreven hoe deze tot stand is gekomen en wat de gebruikte bronnen zijn.

2.4.1 Bosbedekking in Nederland

Deze kaart geeft het percentage boombedekking in kilometerhokken, boven op het verspreidingsgebied volgens LARCH-SCAN; de data voor gemiddelde boombedekking zijn afkomstig van Copernicus Land Monitoring Service van de Europese Unie (<https://sdi.eea.europa.eu/catalogue/copernicus/api/records/c7bf34ea-755c-4dbd-85b6-4efc5fd302a2?language=all>).

2.4.2 Verspreidingsgebied van wilde hoefdieren in Nederland

Om het voorkomen van hoefdiersoorten in kaart te brengen, zijn bij de Nationale Databank Flora en Fauna alle waarnemingen van het afgelopen jaar voor Ree, en de afgelopen vijf jaar voor Damhert, Edelhert en Wild zwijn opgevraagd. Deze zijn omgezet naar aanwezigheid op uurhok-niveau (5x5 km²), door alle uurhokken waar minstens vijf waarnemingen zijn gedaan als aanwezig te scoren.

Daarnaast zijn de hierboven beschreven uurhokken gebruikt om een kaart te maken van het aantal soorten dat voorkomt in de verschillende delen van het verspreidingsgebied volgens LARCH-SCAN.

2.4.3 Schade aan landbouwhuisdieren

In Nederland is een groot deel van de grondgebonden veehouderijen niet of onvoldoende beschermd door bijvoorbeeld wolf-werende raster (link: BIJ12 voortgangsbericht dec2023: <2% gedegen beschermd). Hierdoor komt het voor dat er, naast de gebruikelijke wilde hoefdieren, predatie plaatsvindt van de wolf op landbouwhuisdieren, met schade voor de veehouder en landbouwhuisdier tot gevolg. Door de verspreiding van dergelijke schadegevallen visueel te vergelijken met het gemodelleerde verspreidingsgebied kan een indicatie gegeven worden van de plausibiliteit van de modeluitkomsten. Hiervoor zijn schadedata, geleverd door BIJ12, van globaal de afgelopen acht jaar (2015-2023) gevisualiseerd boven op het verspreidingsgebied van de wolf volgens LARCH-SCAN.

2.4.4 Middelpunten huidige territoria/monitoring in Nederland

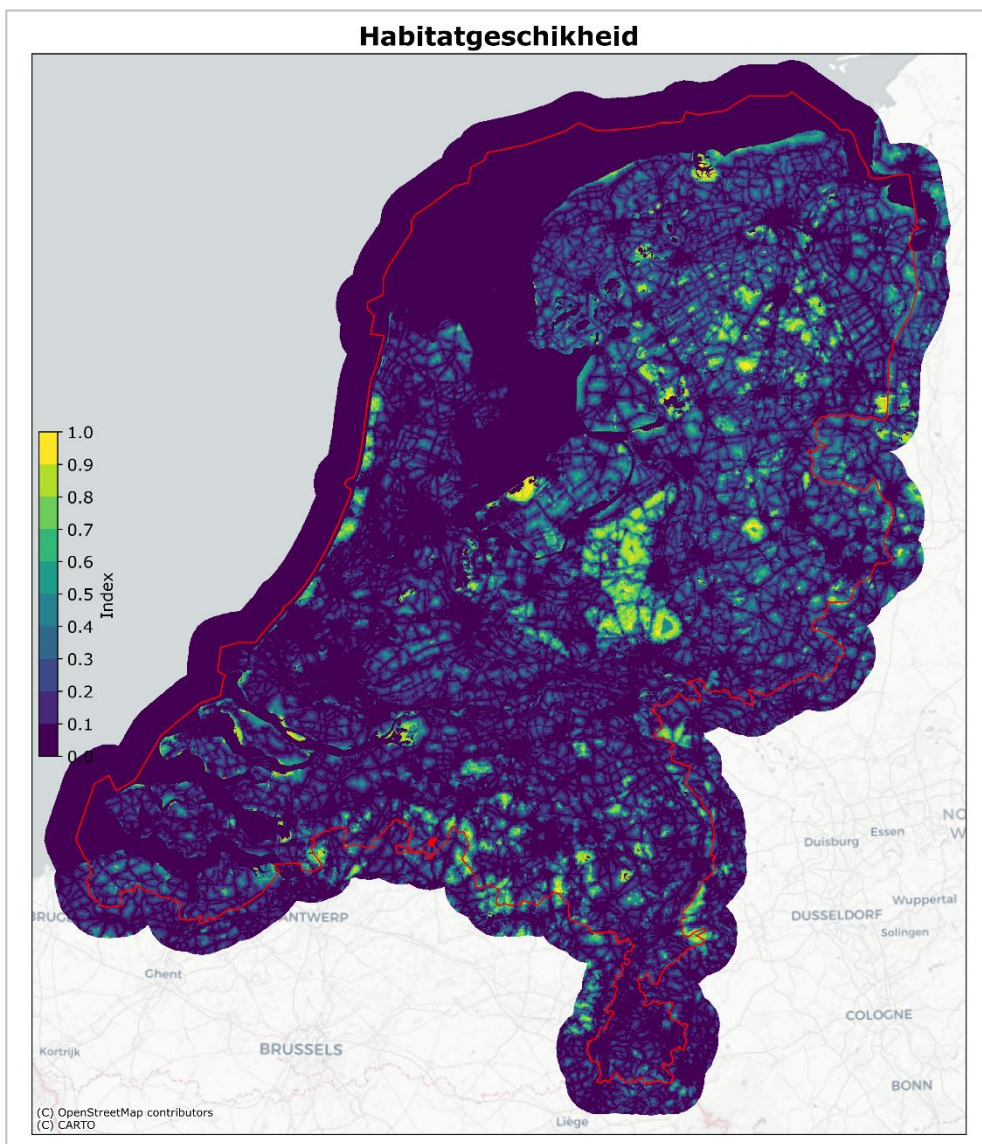
Voor Nederland wordt in opdracht van de provincies de monitoring gecoördineerd door BIJ12. Van gebeten landbouwhuisdieren, gevonden uitwerpselen en van gegrepen herten of zwijnen wordt DNA verzameld, op basis waarvan achterhaald kan worden of het om een wolf gaat en of deze zich gevestigd heeft of nog zwerft. Van de op dit moment in Nederland gevestigde territoria zijn de middelpuntstippen die op deze manier zijn verkregen, gevisualiseerd boven op het gemodelleerde verspreidingsgebied.

3 Resultaten

3.1 Modelanalyses

3.1.1 Habitatgeschiktheid

De habitatgeschiktheidsmodellering resulteert in een kaart met waarden tussen de 0 en 1, waarbij 1 staat voor optimaal leefgebied voor wolven, de hoogst haalbare score. Gebieden met een natuurlijke vegetatie en een lage antropogene druk zijn dan ook in de resulterende kaart zeer geschikt (Figuur 1). Dit zijn met name de Veluwe, de Oostvaardersplassen, Het Drents-Friese Wold, de Biesbosch, de duingebieden in West-Nederland en bosrijke gebieden in het zuiden van Noord-Brabant en op de grens van Limburg en Duitsland. Daarnaast zijn ook gebieden met een ander landgebruik dan natuur op basis van lage antropogene druk redelijk geschikt. Zij hebben echter lagere geschiktheidswaarden dan gebieden met een natuurlijke vegetatie. Voorbeelden hiervan zijn de Alblasserwaard, Flevoland en het landelijk gebied in het noorden en oosten van het land.



Figuur 1 De habitatgeschiktheidskaart voor de wolf in Nederland zoals opgesteld door het Duitse model.

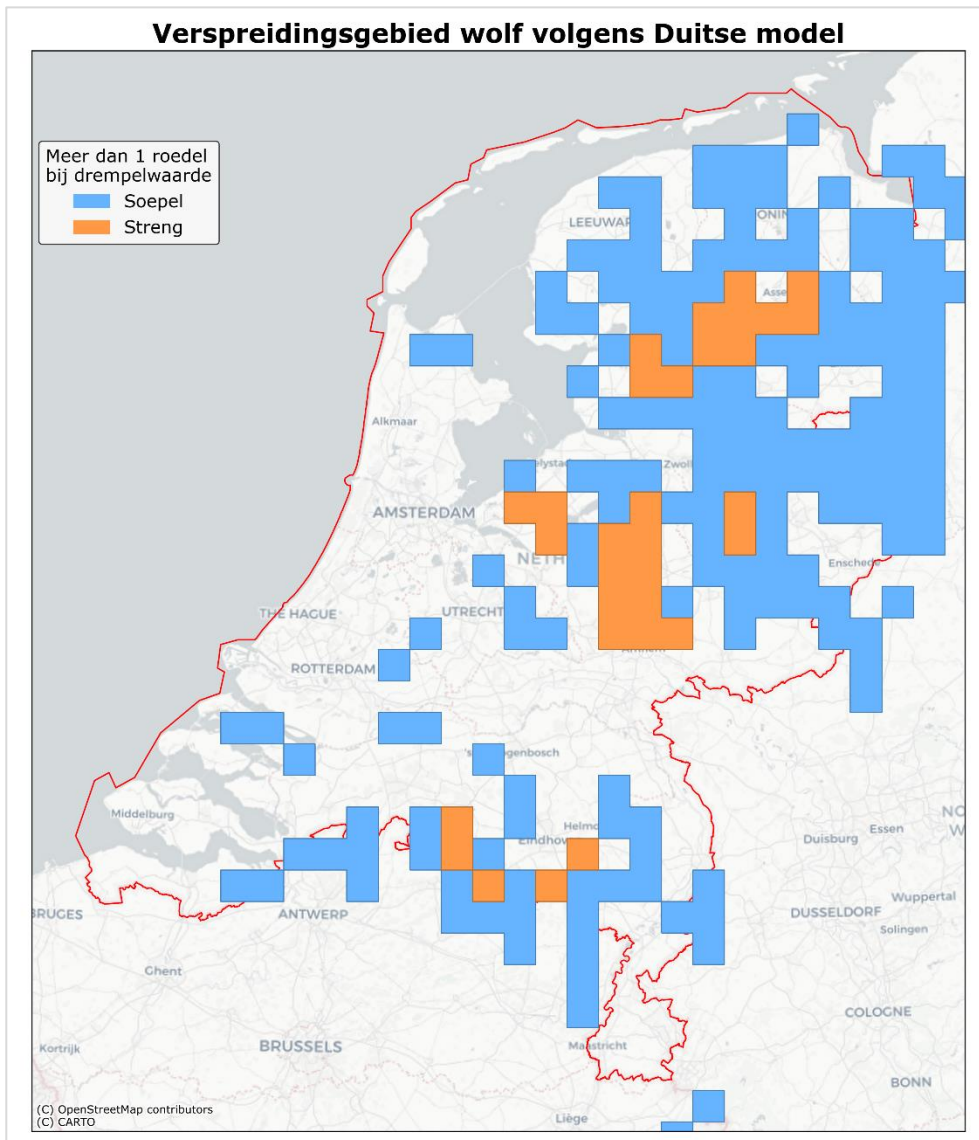
3.1.2 Verspreidingsgebied volgens drie methoden

Hieronder volgen de resultaten voor de populatiemodellering van de wolf volgens de drie modellen. Voor elke methode wordt telkens een kaart van het verspreidingsgebied gegeven. Deze kaart dient als volgt geïnterpreteerd te worden.

1. **Oranje** is het verspreidingsgebied wanneer wordt gerekend met de **strengere drempelwaarde** (0.28) voor de HSI. Oranje kan gezien worden als 'kerngebied': een gebied van de hoogste kwaliteit waar vestiging van de wolf het aannemelijkst is en waarschijnlijk het eerst zal gebeuren. De daadwerkelijke verspreiding van de wolf in Nederland zal vermoedelijk minimaal dit gebied omvatten. Dit kan dan ook gezien worden als de **ondergrens** voor de verspreiding van de wolf in Nederland.
2. **Blauw** is het verspreidingsgebied wanneer wordt gerekend met de **soepele drempelwaarde** (0.17) voor de HSI. Dit kan gezien worden als een ruime inschatting van de verspreiding van de wolf. Binnen dit gebied kan vestiging van de wolf plaatsvinden, al is het minder aannemelijk dan in het oranje gebied. Het is ook vermoedelijk niet zo dat de daadwerkelijke verspreiding van de wolf dit gebied in zijn geheel zal omvatten, zoals met het oranje gebied wel het geval is. Dit gebied kan gezien worden als de **bovengrens** voor de verspreiding van de wolf in Nederland. Het is dan ook onwaarschijnlijk dat op korte termijn vestiging plaats zal vinden in blauw gebied.
3. **Grijs** zijn de gebieden die mogelijk geschikt zijn voor de wolf (gerekend met de soepele drempelwaarde), maar die **niet groot genoeg** zijn om te kunnen voldoen aan de oppervlaktebehoefte van ten minste één roedel (200 km²).

3.1.2.1 Model Duitsland

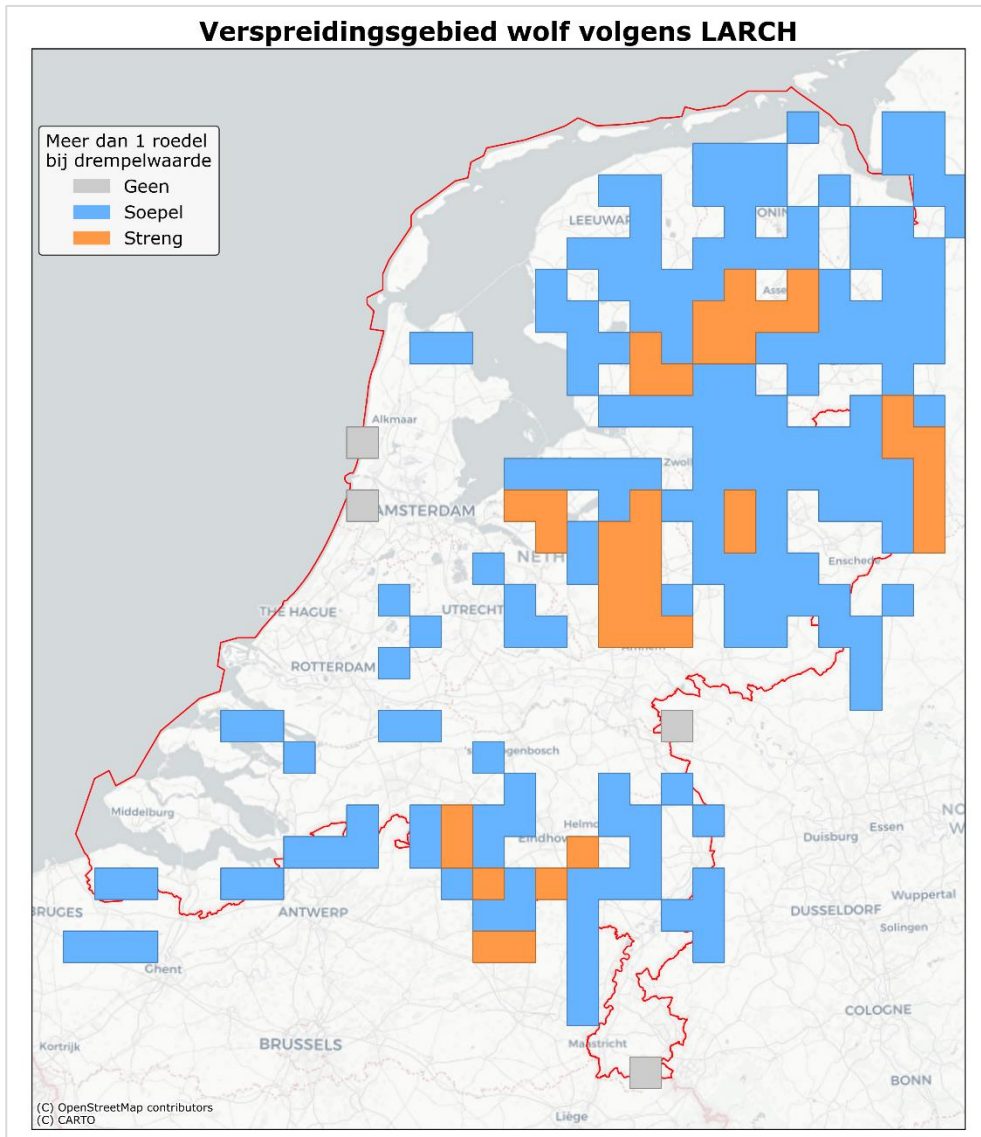
Als het Duitse model (Planillo et al., 2024) op de Nederlandse situatie wordt toegepast, resulteert dat in de kaart van Figuur 2. Het zwaartepunt van het gemodelleerde verspreidingsgebied ligt bij deze methode in Noordoost-Nederland en het zuiden van Noord-Brabant. Wanneer met de lage drempelwaarde wordt gerekend, bestrijkt het verspreidingsgebied van de wolf Noordoost-Nederland volledig. Veel agrarische gebieden met versnipperde natuurlijke elementen zijn daar, met name als gevolg van de lage antropogene druk, voldoende geschikt leefgebied voor de wolf. Naast de grotere kerngebieden is er nog een aantal kleinere kernen in het westen, rondom de Biesbosch, de Utrechtse heuvelrug en agrarische gebieden in Noord- en Zuid-Holland. Wanneer met de lage drempelwaarde gerekend wordt, blijven voornamelijk de Veluwe, een cluster in Drenthe, Friesland en Overijssel en de bos- en heidegebieden in het zuiden van Noord-Brabant over. Deze gebieden zijn het geschiktst en de kans/zekerheid dat de wolf zich hier zal gaan vestigen, is daarom het hoogst.



Figuur 2 Potentieel verspreidingsgebied van de wolf in Nederland volgens de Duitse methode (Planillo et al., 2024). Blauw zijn de gebieden die bij de lage drempelwaarde één roedel of meer kunnen bevatten. De oranje gebieden kunnen bij de hoge drempelwaarde nog steeds minstens één roedel bevatten.

3.1.2.2 Model LARCH

Figuur 3 geeft de uitkomst weer van het LARCH-model, bij dezelfde parameterinstellingen. Het beeld is bij deze methode nagenoeg identiek aan de Duitse methode. Er zijn wel kleine verschillen, waarbij er soms net een enkele cel bijkomt of verdwijnt.

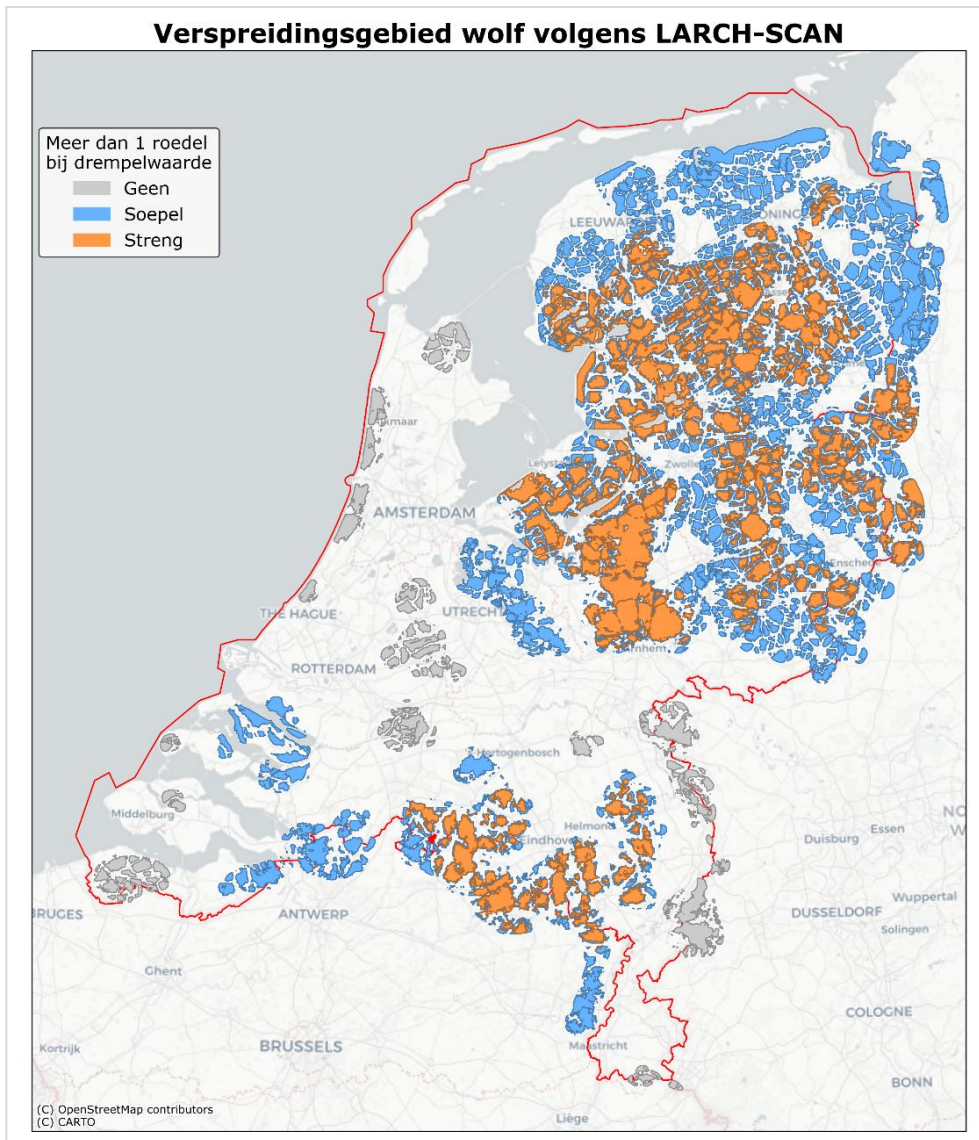


Figuur 3 Potentieel verspreidingsgebied van de wolf in Nederland op grond van LARCH, bepaald met 10km-resolutie. Grijs zijn de gebieden die te klein zijn voor één roedel. Blauw en oranje zijn de gebieden die bij respectievelijk de lage en de hoge drempelwaarde groot genoeg zijn voor één roedel. De grijze gebieden zijn aangewezen op grond van de lage drempelwaarde.

3.1.2.3 Model LARCH-SCAN

Het verspreidingsbeeld is in grote lijnen hetzelfde; er is een hoge mate van kans op voorkomen in Noordoost-Nederland en in het zuiden van Noord-Brabant; het zwaartepunt ligt op de Veluwe, het Drents-Friese Wold en de bos- en heidegebieden in Noord-Brabant (Figuur 4).

Er valt een aantal verschillen op. Bepaalde gebieden die in de 10km-LARCH-methode bij de lage drempelwaarde draagkracht hadden voor minstens één roedel, zijn nu niet groot genoeg meer voor een roedel. Dit geldt voor de Biesbosch, de Alblasserwaard, het Robbenoordbos en omgeving, het agrarisch gebied in Zeeuws-Vlaanderen en voor bosrijke gebieden op de grens tussen Limburg en Duitsland (Nationaal park de Maasduinen met het Klever Reichswald en Nationaal park de Meinweg).



Figuur 4 Potentieel verspreidingsgebied van de wolf in Nederland volgens LARCH-SCAN. Blauw en oranje zijn de gebieden die bij respectievelijk de lage en de hoge drempelwaarde minstens één roedel groot zijn. In het grijs zijn de gebieden aangegeven die kleiner zijn dan één roedel. Deze gebieden zijn alleen aangewezen bij de lage drempelwaarde.

3.1.3 Aantallen

De onder- en bovengrens aan het aantal roedels dat volgens de drie modellen in Nederland kan voorkomen, is gegeven in Tabel 2.

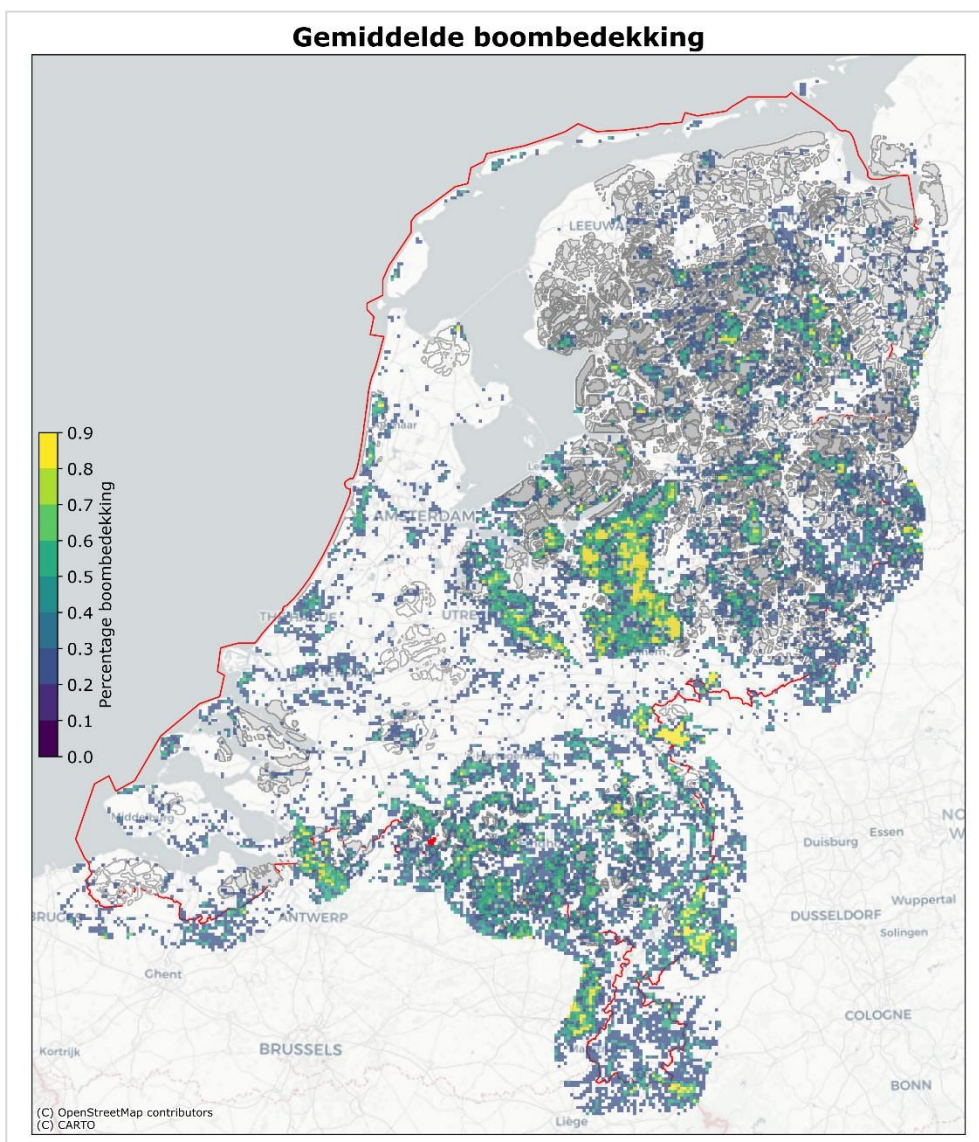
Tabel 2 Het totaal aantal roedels in Nederland volgens de verschillende methoden.

Method	Ondergrens	Bovengrens
Model Duitsland	15.5	99.5
Model LArch	19.5	104
Model Larch-scan	22.86	55.65

3.2 Visuele interpretatie van de modellen

3.2.1 Boombedekking

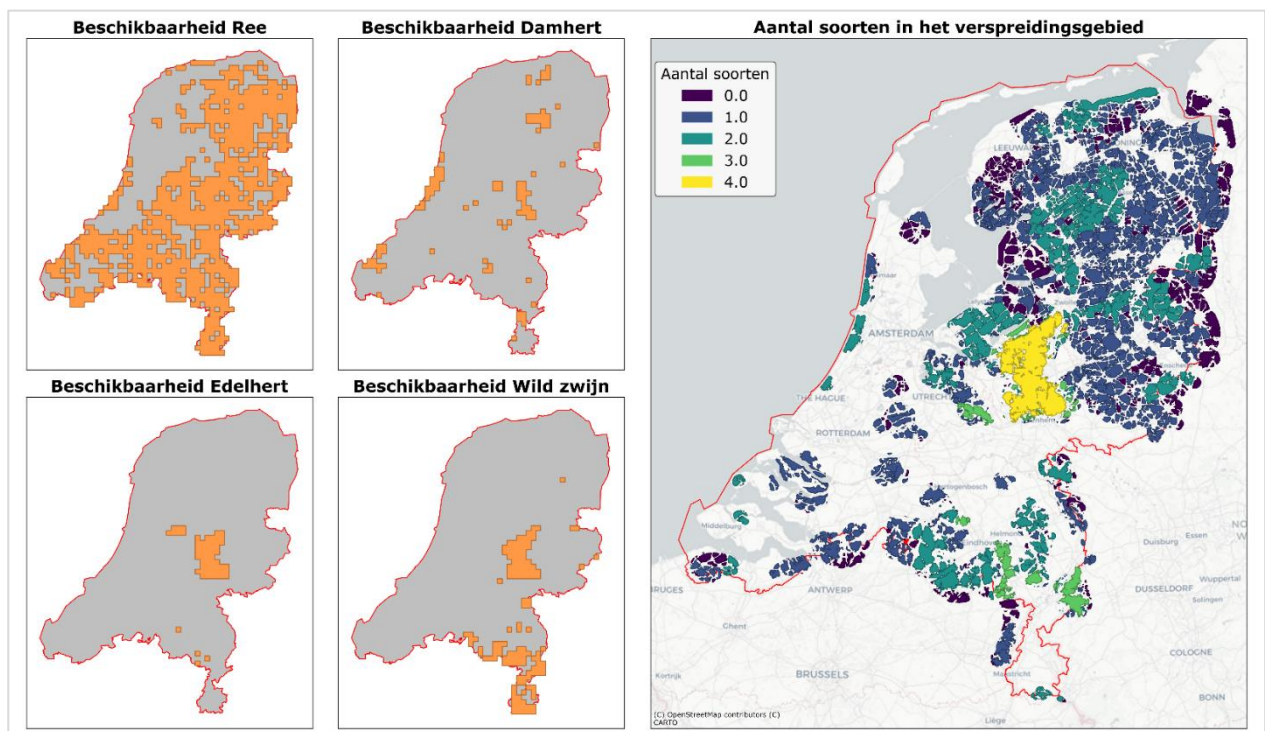
De gemiddelde boombedekking in Nederland is weergegeven in Figuur 5. Het algemene beeld is dat in het oosten en zuiden van het land de boombedekking relatief hoog is ten opzichte van het westen en uiterste noorden van het land. In het westen zijn het vooral de duingebieden die een hoge boombedekking hebben.



Figuur 5 Het percentage boombedekking op het niveau van kilometerhokken boven op het verspreidingsgebied volgens LARCH-SCAN (Grijs). Hokken met een percentage bedekking onder de 10 procent zijn doorschijnend gemaakt.

3.2.2 Beschikbare hoefdiersoorten

De beschikbaarheid van Ree, Damhert, Edelhert en Wild zwijn zijn weergegeven in Figuur 6. Op de Veluwe is elk van de hoefdieren beschikbaar als voedsel. In Limburg zijn Ree en regionaal Wild Zwijn beschikbaar. In het Drents-Friese wold en de duingebieden aan de kust zijn Ree en Damhert beschikbaar.



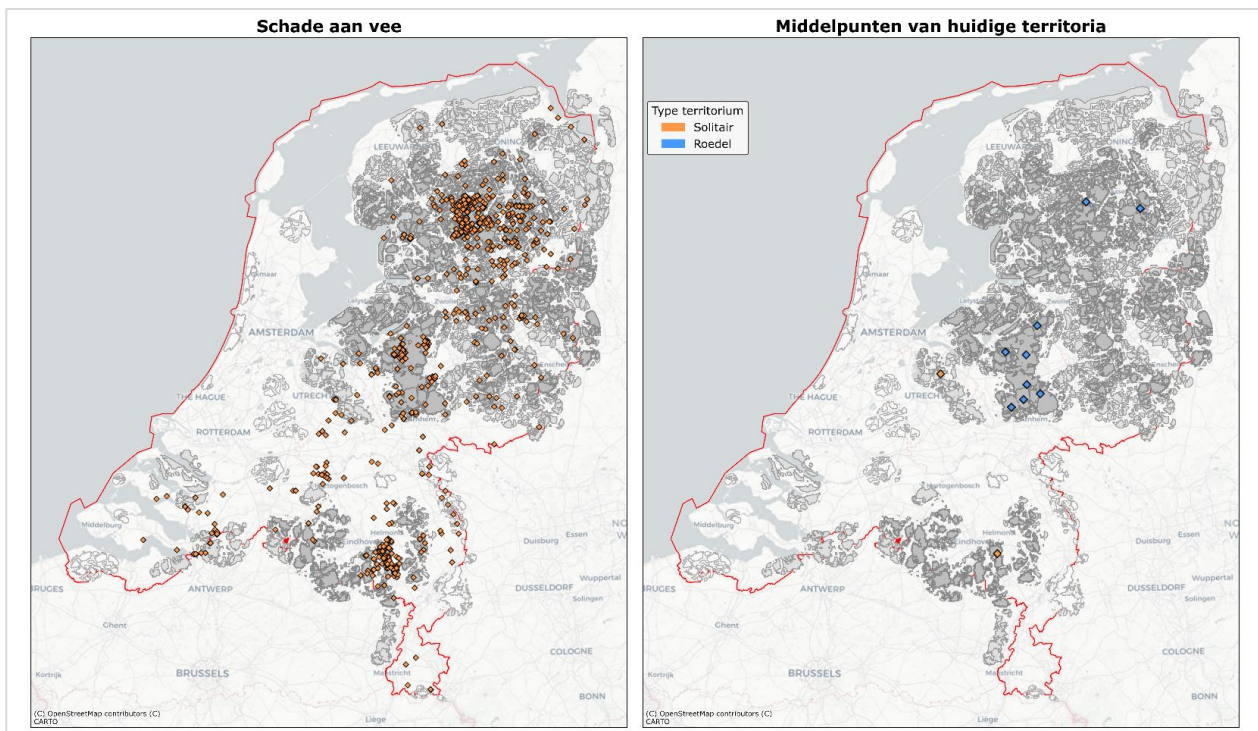
Figuur 6 Beschikbaarheid van vier hoefdiersoorten in Nederland en het aantal hoefdiersoorten dat voorkomt in de verschillende delen van het verspreidingsgebied.

3.2.3 Kaart versus praktijk: territoria & schade

Figuur 7 geeft ter validatie van de modeluitkomst de zwaartepunten van de huidige territoria en de locaties waar schade gemeld is van landbouwhuisdieren (bevestigde gevallen), weergegeven boven op het gemodelleerde potentieel verspreidingsgebied.

Voor de territoria blijkt dat er een volledige overlap is, waarbij alle roedels zich in het kerngebied bevinden. Er is één territorium, van een solitair dier, dat zich in het ruime (blauw in de kaarten) verspreidingsgebied bevindt.

Er is een hoge overlap van de schadegevallen met het potentiële verspreidingsgebied. De hoogste concentratie van schadegevallen is te zien rond het Drents-Friese Wold, rond de Strabrechtse Heide en op de Veluwe. Hier liggen tevens de zwaartepunten van het gemodelleerde verspreidingsgebied.



Figuur 7 Links de gemelde en bevestigde schadegevallen aan vee (datumgrenzen). Elke oranje stip is hier één gemeld incident. Rechts de zwaartepunten van de territoria van reeds gevestigde wolven. De blauwe stippen geven de territoria van roedels weer, de oranje stippen de territoria van solitaire dieren. In licht- en donkergrijs zijn de verspreidingsgebieden op basis van de lage en de hoge drempelwaarde uit LARCH-SCAN weergegeven (zie ook Figuur 4).

4 Discussie

4.1 Verspreidingsgebied

In dit rapport is het potentiële verspreidingsgebied van de wolf in Nederland in kaart gebracht op basis van modelanalyses. De analyse is gedaan op basis van het habitatgebruik van wolven in Duitsland. Aangezien de Nederlandse dieren nauw verwant zijn aan de Duitse dieren, is dit een plausibele aanname. Enige voorzichtigheid is wel geboden bij de interpretatie van de resultaten. Grote delen van Nederland lijken qua habitat op Duitsland, zoals de Veluwe of de Achterhoek, maar dit kan niet gezegd worden van de open landbouwgebieden in andere delen van het land. Onderstaand worden de onzekerheden m.b.t. de modeluitkomsten besproken.

4.1.1 Verspreidingsgebied huidige studie

De resultaten laten zien dat het potentiële verspreidingsgebied voor de wolf in Nederland zich concentreert in het noorden en het oosten van het land, met inbegrip van de Utrechtse heuvelrug en het oosten van Noord-Brabant. Het Duitse model met een lagere drempelwaarde (HSI 0.17) levert een verspreiding op die vrijwel geheel Noordoost-Nederland, Flevoland, de Utrechtse Heuvelrug en grote delen van Noord-Brabant omvat (Figuur 2). Bij een scenario met een hogere drempelwaarde voor de habitatgeschiktheid (HSI 0.28) valt veel habitat af en resteert een geringer areaal dat voornamelijk de Veluwe, Zuidoost-Flevoland, het Drents-Friese woud en delen van Noord-Brabant omvat. Het LARCH model levert een vrijwel identiek verspreidingsgebied op voor beide scenario's (Figuur 3). Op basis hiervan is het LARCH-SCAN-model gedraaid (Figuur 4, Bijlage 1). Dit model levert een grotere verspreiding en potentieel areaal op dan de analyses op 10km²-basis. Zo wordt door LARCH ook een aantal duingebieden in west Nederland als geschikt leefgebied beoordeeld, echter met een draagkracht die minder is dan één roedel. Daarnaast geeft LARCH-SCAN, wanneer gerekend wordt met de strenge drempelwaarde, een verspreidingsgebied dat ruimer is dan de andere modellen. Dit wordt veroorzaakt door het gehanteerde schaalniveau. Het Duitse model werkt met cellen van 10 km² met geschikte habitat, terwijl LARCH-SCAN met rasters op fijne schaal werkt (100 m²). De verlaging van het detailniveau naar 10 km² heeft als gevolg dat cellen als ongeschikt kunnen worden beschouwd wanneer geschikte habitat in te geringe mate aanwezig is in de cel, bijvoorbeeld wanneer het voornaamste landgebruik in de cel agrarisch is met een hoge mate van antropogene druk. Hierdoor wordt ook het deel van de cel dat wel degelijk geschikt is, uitgesloten van verdere analyse. De fijnere schaal van LARCH-SCAN weegt deze gebieden daarentegen mee.

De resultaten laten een duidelijk verschil zien in geschiktheid tussen het oosten en het westen van het land. Het verschil lijkt samen te hangen met de mate van menselijke invloed tussen Oost- en West-Nederland. De menselijke invloed in het westen is dusdanig groot dat de vestiging van een roedel, gegeven de gebruikte parameters, onwaarschijnlijk is. Hierbij moet echter wel een aantal kanttekeningen worden geplaatst. Sommige gebieden blijven net onder de lage drempelwaarde voor de vestiging van een roedel. Zo halen de Alblasserwaard, de Maasduinen en het Reichswald Kleve en Nationaal park de Meinweg respectievelijk 98, 97 en 81 procent. Met deze oppervlakten is het niet ondenkbaar dat de gebieden omvangrijk genoeg zouden kunnen zijn voor de vestiging van een roedel. Of deze gebieden daadwerkelijk geschikt zijn voor vestiging hangt daarbij naar verwachting voornamelijk af van de mate van bosbedekking en de beschikbaarheid van prooidieren. Op grond hiervan lijkt vestiging in bijvoorbeeld de Maasduinen waarschijnlijker dan in de Alblasserwaard. Bovendien is de hier gebruikte oppervlaktebehoefte van een roedel (200 km²) geen harde ondergrens; de groottes van wolventerritoria laten een aanzienlijke variatie zien, met een range van 80-400 km² (Reinhardt & Kluth, 2016; Jansman et al., 2021, Planillo et al., 2024). Hierdoor is vestiging van een roedel in gebieden die op basis van de hier gebruikte oppervlaktebehoefte als te klein zijn beoordeeld niet uit te sluiten. Met name in het Hollandse duingebied is het denkbaar dat een roedel, door een goede beschikbaarheid van prooidieren (Damhert en Ree) en een hoge mate van bosbedekking, toe zou kunnen met een kleinere oppervlakte. Daarnaast zijn er gebieden die bij de hoge drempelwaarde niet groot genoeg zijn voor een roedel, maar wel de oppervlaktebehoefte gedeels halen. Voorbeelden hiervan zijn de

Utrechtse Heuvelrug en het Lauwersmeer met aangrenzend agrarisch gebied. Deze halen respectievelijk 68 en 87 procent van de oppervlaktebehoefte. Naast de vestiging van roedels kan het ook voorkomen dat een solitaire wolf zich vestigt in een gebied. Op een aantal plekken in het land is hier al sprake van (Figuur 7).

4.1.2 Eerdere habitatgeschiktheidsstudies

Voor Europa zijn diverse pogingen gedaan om de potentiële habitat voor wolven te voorspellen met modellen (Jedrzejewski et al., 2008; Fechter & Storch, 2014; Louvrier et al., 2018; Marucco & McIntire, 2010; Nowak et al., 2017; Gwynn & Symeonakis, 2022). Ook voor Nederland zijn pogingen gedaan (Potiek, 2012; Lelieveld, 2012). Bij al deze studies is er een groot verschil in de gebruikte aannames in de modellen, waarbij het onduidelijk is of de factoren die gebruikt worden representatief zijn voor de voorkeur van wolven, of dat de achterliggende data die gebruikt worden artefacten opleveren bij de uitkomsten van het model. Deze artefacten kunnen ontstaan doordat data afkomstig zijn uit verschillende leefgebieden met verschillende habitattypen, verschillende mate van antropogene invloed en verschillende dichtheden van wolven, of juist te eenzijdig afkomstig zijn uit een relatief klein deelgebied (Planillo et al., 2024).

Er is een goede overeenkomst tussen het verspreidingsgebied in de huidige studie en het gebied zoals gemodelleerd door Lelieveld (2012). Zo ligt het zwaartepunt voor de resultaten van beide modellen in het noordoosten van het land. Daarnaast liggen er geschikte gebieden in het oosten van Noord-Brabant, de Utrechtse heuvelrug en de Maasduinen. Potiek et al. (2012) komen tot een verspreiding die vrijwel geheel het land bedekt, met uitzondering van Noord- en Zuid-Holland en delen van Utrecht. Dit is naar alle waarschijnlijkheid een overschatting, die voorkomt uit het feit dat zij het land opdelen in vakken door middel van snelwegen. Wel ligt, in overeenstemming met Lelieveld (2012) en de huidige studie, het zwaartepunt voor het leefgebied van de wolf in het noordoosten van het land.

In alle drie de habitatgeschiktheidsstudies voor Nederland (Lelieveld, Potiek en de voorliggende studie) wordt vrijwel het gehele noordoosten van het land aangewezen als geschikt voor vestiging van de wolf. Het is daarom zeer aannemelijk dat het zwaartepunt van de Nederlandse populatie in dit gebied zal liggen. Wat de huidige en voorgaande studies eveneens aantonen, is dat voor een grove indicatie van het verspreidingsgebied van de wolf de modellen gebaseerd op expertinschatting toereikend zijn. Het huidige model, met zijn hogere inputkwaliteit en hoger detailniveau, laat immers grofweg hetzelfde beeld zien. Op een hoger detailniveau worden de verschillen groter en ontstaan meer nuances in het gemodelleerde verspreidingsgebied. De overeenkomsten tussen de resultaten van de voorgaande studies en de huidige is daarnaast opmerkelijk vanwege het verschil in methode en gebruikte input. Er zijn geen grote verschillen in verspreiding gevonden wanneer wordt uitgegaan van antropogene druk, prooidierbeschikbaarheid of een combinatie daarvan.

Aannames in een model die uitgaan van algemene habitateisen kunnen echter wel leiden tot een onderschatting van geschikte habitat voor wolven. Gwynn & Symeonakis (2022) stellen in hun modelstudie dat landbouwgebied (akkers en grasland) ongeschikt is, terwijl Planillo et al. (2023) vinden dat in toenemende mate open gebieden worden gekoloniseerd in Noord- en West-Duitsland. Onduidelijk is in hoeverre open gebied met weinig dekking (struweel en bos) in Nederland voldoende prooiaanbod en gelegenheid voor het creëren van een hol bieden. Voor Nederland geldt dat reeën vrijwel overal voorkomen (Figuur 6), dus ook agrarisch gebied zou deels geschikt kunnen zijn mits er voldoende dekking in de buurt ligt. Weiland en bouwland zijn echter niet geschikt in de zin dat wilde hoefdieren er niet of in lage dichtheden voorkomen en landbouwhuisdieren in principe niet beschikbaar zijn als prooi voor wolven (mits voldoende beschermingsmaatregelen zijn getroffen).

4.1.3 Ontwikkeling verspreidingsgebied/uitbreiding areaal

Het voorspellen van de potentiële uitbreiding van het areaal is niet eenvoudig, omdat individuen mogelijk anders reageren op afwijkende habitat t.o.v. het habitatgebruik op basis waarvan modelstudies worden gedraaid (Louvrier et al., 2018; Planillo et al., 2024). Ook is de wolf een 'plastische soort', een opportunist die zich aanpast aan nieuwe omstandigheden. Modelstudies die gebaseerd zijn op data uit de vroege vestigingsfase leveren bijvoorbeeld andere voorspellingen op dan gebaseerd op data uit gebied dat al langer

is gekoloniseerd. In een gebied dat al langer gekoloniseerd is, wordt – zodra alle optimale habitat is bezet – ook suboptimale habitat onderdeel van territoria.

Wanneer uitsluitend telemetriedata worden gebruikt, is er een risico op een grote invloed van enkele individuen met een specifieke habitatvoorkeur op de modeluitkomsten. Planillo et al. (2024) vonden voor wolven in Duitsland in een gebied dat twintig jaar geleden al werd gekoloniseerd, recentelijk ook territoria in gebieden met meer menselijk verstoring. In eerste instantie werden echter vooral gebieden bezet met een hoge bosbedekking en lage menselijke verstoring. Wanneer alleen de Duitse data uit recentelijk gekoloniseerd gebied worden gebruikt, dan leidt dit tot een onderschatting van de habitatgeschiktheid door modellen in vergelijking met de daadwerkelijk waargenomen verspreiding (Planillo et al., 2024).

Benadrukt moet worden dat deze modelstudie een inschatting maakt van de geschiktheid van gebieden voor permanente vestiging van wolven. Wolven op dispersie kunnen echter overal opduiken en zich daar kortere of langere tijd ophouden. Het kan daarbij ook gebieden betreffen die ongeschikt zijn als permanent leefgebied, zoals urbaan gebied.

4.1.4 Aantallen

De LARCH-SCAN-analyse levert een ondergrens voor de draagkracht van 23 roedels en een bovengrens van 56 roedels. Het lijkt dus niet aannemelijk dat er minder dan 23 roedels in Nederland voor zullen komen. Daarnaast lijkt de vestiging van meer dan 56 roedels ook onwaarschijnlijk.

Potiek et al. (2012) berekenen het maximale aantal roedels dat in Nederland kan voorkomen op 68-89. Met de populatie-dynamische analyse die zij uitvoerden op basis van deze draagkracht (METAPHOR-analyse) komen zij op een aantal van 10 roedels (50 dieren) dat in Nederland kan voorkomen. Lelieveld (2012) schatte de potentiële draagkracht van Nederland voor de wolf op 16 tot 44 roedels, afhankelijk van het gedraaide scenario.

Het aantal dat bij de huidige studie wordt berekend, is vergelijkbaar met de eerder gedane studies. Het verschil is het grootst met de studie van Potiek et al. (2012), die met 10 tot maximaal 89 roedels een vrij grote spreiding vindt in de draagkracht. De spreiding in de huidige studie is ongeveer gelijk aan die uit de studie van Lelieveld (2012), 33 versus 28 respectievelijk. De aantallen liggen bij de huidige studie iets hoger; zo is de ondergrens 7 roedels hoger en de bovengrens 12 roedels.

4.1.5 Aantalsontwikkeling van wolven

In de praktijk wordt de aantalsontwikkeling van wolven in een bepaalde regio in belangrijke mate bepaald door de uitgesproken territoriale leefwijze, waardoor de aantallen redelijk constant zijn (zie par. 2.2; Van Den Berge & Gouwy, 2021).

Hier treedt dus een essentieel verschil naar voren met soorten die niet territoriaal zijn, zoals het Wild zwijn, waarbij de aantalsfluctuaties heel groot kunnen zijn (Briedermann, 2009).

Door de territorialiteit van wolven zal de populatieontwikkeling zich, net als bij andere (middel)grote roofdieren, vertalen in een ruimtelijk patroon van lokale aanwezigheid en afwezigheid. De concrete territoria zijn als stukken van een landschappelijke legpuzzel, al dan niet bij elkaar aansluitend dan wel met gaten ertussen. De variatie in de grootte van wolventerritoria kan soms aanzienlijk zijn en wordt bepaald door de lokale omstandigheden, vooral gekoppeld aan de voedselbeschikbaarheid: veel voedsel laat kleinere territoria toe en vice versa.

De dichtheid van een wolvenpopulatie wordt uiteindelijk in de eerste plaats bepaald door het aantal territoria beschouwd over een ruime regio, vermeerderd met de zwervende exemplaren in datzelfde gebied. Zodra de dichtheid van wolven toeneemt, gaan negatieve dichtheidsafhankelijke factoren een rol spelen. Denk hierbij aan een afname van de worpgrootte, een afname van de overleving van de jongen en een toename van onderlinge agressie en ziekteverspreiding. Smith et al. (2020a) melden dat de populatieregulatie bij wolven wordt bepaald door dichtheidsafhankelijke sterfte, veroorzaakt door onderlinge agressie tussen roedels.

Vooralsnog is er in Nederland veel ruimte voor wolven, aangezien de aantallen nog laag lijken te zijn. De populatie zit in Nederland in de groeifase. Wanneer de aantallen toenemen, zullen dichtheidsafhankelijke factoren die groei gaan dempen en uiteindelijk zal de populatie gaan schommelen rondom de ecologische draagkracht van het ecosysteem, een situatie die in de Lausitz-regio in Oost-Duitsland inmiddels lijkt bereikt. Ook in Yellowstone Nationaal Park (VS) groeide de populatie in de eerste jaren na herintroductie flink, om vervolgens te stabiliseren, onder andere als gevolg van ziektes onder de wolven (Smith et al., 2020b). De groei van de populatie wolven in Idaho, Wyoming en Montana bedroeg de afgelopen drie decennia ongeveer 25% per jaar (Wielgus & Peebles, 2014). In Duitsland is de populatie tussen 2000 en 2015 gegroeid van 1 roedel naar 67 roedels en bedroeg de groei van de wolvenpopulatie 36% per jaar (Reinhardt et al., 2019), om vervolgens iets af te vlakken tot ca. 25% groei (Reinhardt et al., 2021). In 2022-2023 bedroeg het aantal roedels in Duitsland circa 184⁴, waarbij de verspreiding nog toeneemt.

De meeste wolven die Nederland koloniseren, zijn afkomstig van de Centraal-Europese populatie, met name Duitsland. Die populatie is nog groeiende en het is dus waarschijnlijk dat er meer immigratie vanuit Duitsland naar Nederland zal plaatsvinden. Daarnaast kunnen – als gevolg van het grote dispersievermogen van wolven en de ontwikkeling van andere subpopulaties in Europa, zoals de alpiene wolvenpopulatie – ook vanuit andere regio's individuen in Nederland opduiken. Of deze immigranten ook een plek weten te vinden om zich op den duur te vestigen, zal afhangen van de hoeveelheid nog beschikbaar leefgebied. Daarnaast kan de hoeveelheid beschikbaar leefgebied veranderen in de komende jaren als gevolg van ruimtelijke ontwikkelingen (bijv. bosuitbreiding, natuurontwikkeling, huizenbouw).

4.2 Visuele validatie van de modeluitkomsten

Figuur 5, 6 en 7 geven een visuele validatie weer van het gemodelleerde verspreidingsgebied versus de mate van bosbedekking, het voorkomen van hoefdiersoorten, de middelpunten van huidige wolventerritoria en gevalideerde schadegevallen door wolven aan vee. Figuur 5 en 6 geven een indicatie van de gebieden die naar verwachting als eerste gekoloniseerd zullen worden, omdat de mate van bosbedekking en het aanbod van wilde hoefdieren belangrijke factoren zijn m.b.t. de habitatvoorkeur van wolven (Jędrzejewski et al., 2004; Fechter & Storch, 2014, Jansman et al., 2021). Het huidige voorkomen van wolven in Nederland op basis van schade-incidenten aan landbouwhuisdieren en de ligging van de huidige territoria op basis van monitoring geeft een indicatie van de mate van onzekerheid van het gemodelleerde verspreidingsgebied.

4.2.1 Bosbedekking en hoefdierbeschikbaarheid

Over het algemeen is te zien dat gebieden die door de modellen worden aangewezen als geschikt leefgebied een relatief hoge mate van bosbedekking hebben (Figuur 5). Dit is met name het geval voor het kerngebied (de strenge drempelwaarde, oranje in de kaarten). Het kerngebied volgens LARCH-SCAN omvat vooral gebieden die uit natuur bestaan met een hoge mate van bosbedekking. Als gekeken wordt naar het verspreidingsgebied volgens LARCH-SCAN met de soepele drempelwaarde (blauw in de verspreidingskaart) wordt het beeld echter minder eenduidig. Zo zien we dat er bij deze drempelwaarde meer agrarisch gebied wordt aangewezen. De bosbedekking is hier doorgaans een stuk lager dan in gebieden die voornamelijk uit natuur bestaan. Het is daarom eerder te verwachten dat de wolf de voorkeur zal geven aan vestiging op een gebied als de Veluwe of Utrechtse Heuvelrug dan in agrarisch gebied dat door het model op basis van landgebruik en antropogene druk wordt aangewezen als geschikt.

Bij de modellen die nu zijn gebruikt zijn, werd geen informatie over het prooideraanbod betrokken. Bij de bepaling van de belangrijkste factoren voor de habitatgeschiktheidsanalyse in Duitsland bleek voedsel niet van groot belang. Aangenomen werd dat de hoefdierdichtheid in Duitsland van voldoende omvang is. De grootte van homeranges hangt mede af van het prooideraanbod (Jędrzejewski et al., 2007; Myslajek et al., 2018). De belangrijkste prooi van Europese wolven bestaat uit hoefdieren, zoals edelhert, ree en wild zwijn (Fechter & Storch, 2014; Merrigi et al., 2011; Zlatanova et al., 2014; Khorozyan & Heurich, 2022; Jansman et al., 2021). Vooral reeën zijn favoriet. Over het algemeen wordt aangenomen dat de hoefdierdichtheid in Europa hoog is (Massei et al., 2015; Reinhardt et al., 2020). Ook voor Nederland zijn de dichtheden van

⁴ <https://www.dbb-wolf.de/wolf-occurrence/confirmed-territories/map-of-territories>

wilde hoefdieren hoog in sommige gebieden, maar voor edelhert, damhert en wild zwijn geldt echter een nulstandbeleid in grote delen van het land (Figuur 6).

Wanneer wilde hoefdieren in beperkte mate beschikbaar zijn, worden alternatieve prooien benut, zoals landbouwhuisdieren (indien onbeschermd), bevers en haasachtigen. Voor wolven geldt dat ze schakelen in het benutten van prooidiersoorten naar geslacht en leeftijd, afhankelijk van de baten (aanbod) en kosten (eigen veiligheid/kwetsbaarheid van de prooi) (Sovie et al., 2023). Een leefomgeving met meerdere soorten wilde hoefdieren geeft meer voedselzekerheid voor wolven in situaties van fluctuerende aantallen prooidieren (Glenz et al., 2001). Voor de Nederlandse situatie impliceert dit dat vooral gebieden met (meerdere soorten) wilde hoefdieren optimale habitat vormen, omdat ze hier – afhankelijk van het seizoen – kunnen schakelen tussen prooidiersoorten. Kleinschalig cultuurlandschap of intensief gebruikt open landbouwgebied lijkt vanwege het monotone prooidieraanbod (ree, kleine zoogdieren) minder geschikt, ervan uitgaande dat landbouwhuisdieren goed beschermd zijn en niet beschikbaar zijn als prooi. Ree, favoriete prooi van wolven, komt vrijwel in heel Nederland voor. Andere wilde hoefdieren (edelhert, damhert, wild zwijn) die als alternatieve prooi kunnen dienen, hebben een beperktere verspreiding (Figuur 6). Daarnaast zouden andere (semi) vrij levende hoefdieren kunnen worden benut (Heckrunderen, Schotse hooglanders, Konick paarden, Galloways, wisent etc.), met name de kalveren en zwakkere individuen. Het lijkt derhalve aannemelijk dat in de vroege vestigingsfase vooral bosgebieden met meerdere soorten wilde hoefdieren (en hogere dichtheden) gekoloniseerd worden, zoals de afgelopen jaren heeft plaatsgevonden op de Veluwe. Vestiging in het open cultuurlandschap van bijvoorbeeld de Flevopolders, Zeeland of Friesland lijkt minder waarschijnlijk, maar is op basis van de modellen niet uit te sluiten. Voor de minder geschikte gebieden is onbekend of en hoelang deze patches bevolkt zouden blijven, doortrekgebied vormen dan wel permanent geschikt zijn.

4.2.2 Volgordelijkheid vestiging verspreidingsgebied

Het model wijst alleen aan welke gebieden het geschikt acht als vestigingsgebied van roedels. Het geeft geen rangorde van de geschiktheid aan. Naar verwachting geeft de mate van bosbedekking en prooidierbeschikbaarheid een indicatie van de delen van het gemodelleerde verspreidingsgebied die waarschijnlijk het eerst bezet zullen worden door roedels. Zo komt op basis van de aanvullende informatie de Veluwe, met een hoge mate van bosbedekking en het voorkomen van vier wilde hoefdiersoorten, als zeer gunstig naar voren. Dit is ook in de praktijk te zien: op de Veluwe zijn reeds meerdere roedels (zeven) gevestigd. Ook de bosrijke gebieden met een voorkomen van twee hoefdiersoorten in Drenthe, Friesland en het oosten van Noord-Brabant zullen waarschijnlijk het eerst door roedels bezet gaan worden. De huidige vestiging van wolven in het Drents-Friese Wold en het oosten van Noord-Brabant lijkt dit te bevestigen.

4.2.3 Overeenkomst met huidige territoria

De visuele vergelijking van het gemodelleerde verspreidingsgebied met de middelpuntstippen van de territoria laat een zeer goede overeenkomst zien (Figuur 7). Alle territoria liggen binnen dit verspreidingsgebied. Bovendien is te zien dat alle territoria van roedels, in tegenstelling tot solitaire dieren, ook nog binnen het kerngebied liggen. Dit laat zien dat het gemodelleerde verspreidingsgebied goed overeenkomt met wat in de praktijk wordt waargenomen.

4.2.4 Overeenkomst met schade-incidenten aan landbouwhuisdieren

Ter validatie van de modeluitkomsten is de verspreiding van schade-incidenten boven op het verspreidingsgebied volgens LARCH-SCAN in kaart gebracht (Figuur 7). Beide verspreidingen komen visueel goed overeen. Dit bevestigt het gemodelleerde verspreidingsgebied in zijn plausibiliteit.

Opmerkelijk zijn de concentraties van incidenten rond het Drents-Friese Wold en Noord-Brabant en het lage aantal incidenten rond de Veluwe, het gebied waar op dit moment de meeste wolven voorkomen. Dit verschil wordt waarschijnlijk veroorzaakt door het grote aanbod van wilde hoefdieren op de Veluwe. Er zijn hier minstens vier verschillende soorten prooien die alle in vrij hoge dichtheden voorkomen. Hierdoor hoeft de wolf – om aan voedsel te komen – niet buiten het natuurgebied te treden en komt daardoor minder in aanraking met onbeschermd vee. In Drenthe, Friesland en Noord-Brabant is het aanbod aan wilde hoefdieren kleiner, waardoor dieren meer zullen bewegen in hun zoektocht naar prooien. Bovendien is de natuur hier

meer versnipperd dan op de Veluwe, met veel landbouw tussen de natuurgebieden. Wanneer een wolf zich tussen de delen van deze versnipperde natuurgebied beweegt, komt hij sneller in aanraking met onbeschermd vee.

Daarnaast is te zien dat er ook schade-incidenten plaatsvinden buiten het verspreidingsgebied. Dit is waarschijnlijk te wijten aan wolven op dispersie. Zij leggen grote afstanden af in het landschap en komen daarbij in aanraking met onbeschermd vee.

4.3 Aanbevelingen

De huidige analyse is gedaan op basis van data afkomstig van wolven in Duitsland. Om de kwaliteit van de modellen te verbeteren en mogelijke onzekerheden in de voorspelling te verminderen, is het noodzakelijk om in Nederland onderzoek te doen naar het terreingebruik van wolven, liefst op basis van meerdere methoden zoals telemetrie, DNA- en sporenonderzoek. De hiermee verkregen data kunnen dienen als basis voor een nieuw model voor de Nederlandse situatie, met een hogere voorspellende waarde. Ook onderzoek naar eventuele adaptatie van wolven aan een landschap met een hoge antropogene druk, zoals in Nederland het geval is, is wenselijk en kan informatie opleveren hoe mogelijke conflicten wellicht voorkomen kunnen worden.

De huidige modelstudie zou wat betreft de modellering van de verspreiding en aantallen roedels voldoende achtergrond kunnen bieden voor de politiek om beleid te formuleren. Het is voor het vervolg daarbij ook van belang dat het beleid zich focust op de relatie tussen mens en wolf om de terugkeer van de wolf in Nederland in zo goed mogelijke banen te kunnen leiden. Op basis van de gemodelleerde verspreiding, in combinatie met toekomstig onderzoek en reeds beschikbare kennis, kan hierop geanticipeerd worden. Hierbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan (onderzoek naar) effectieve strategieën voor het voorkomen van schade aan vee, maatschappelijk draagvlak en effecten op recreatie.

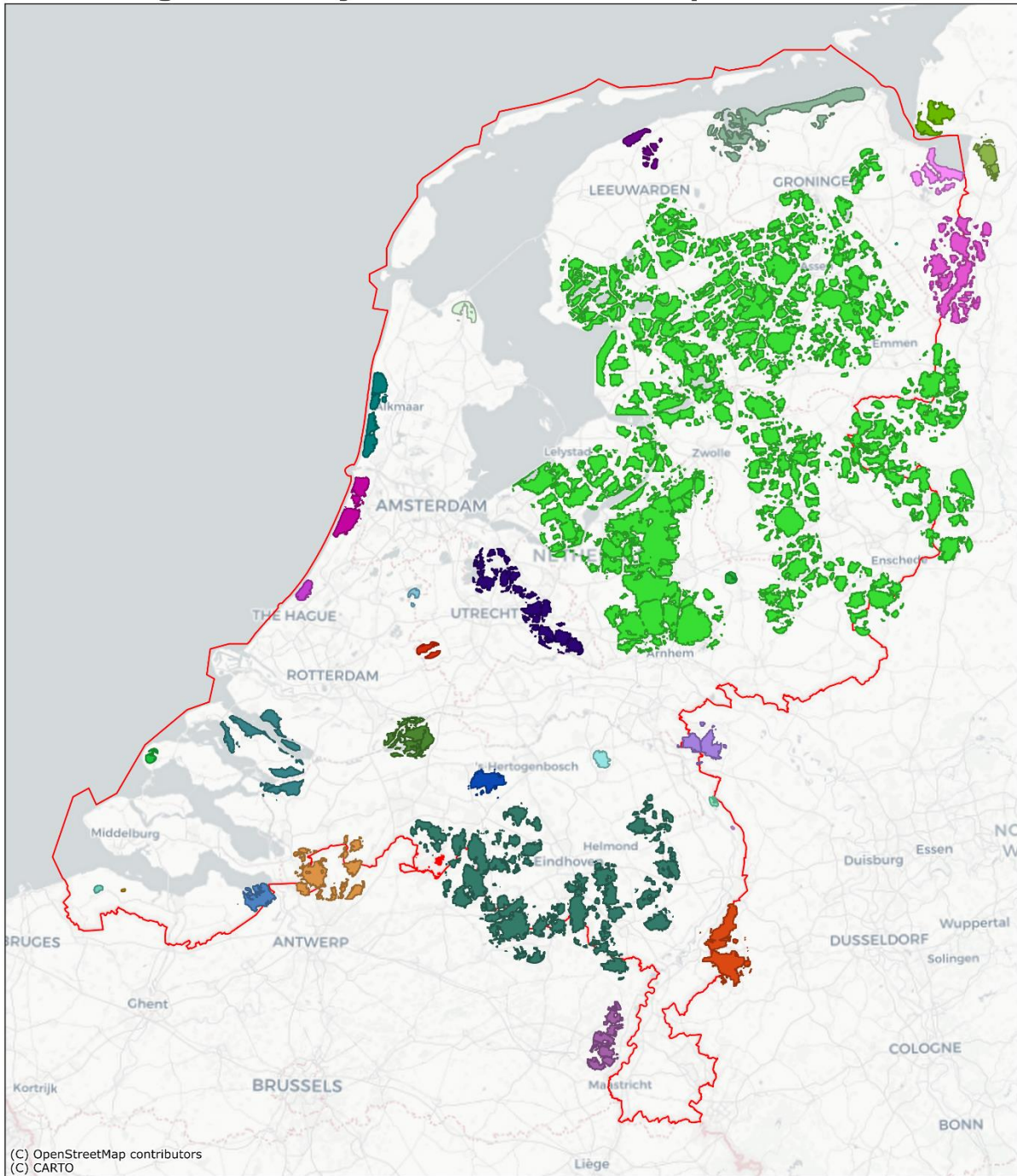
Literatuur

- Andersen et al. 2015. Long-distance dispersal of a wolf, *Canis lupus*, in northwestern Europe. *Mamm. Res.* 60: 163-168
- Blanco, J.C. & Y. Cortes 2007. Dispersal patterns, social structure and mortality of wolves living in agricultural habitats in Spain. *Journal of Zoology* 273: 114-124.
- Blanco, J.C., Y. Cortes & E. Virgos 2005. Wolf response to two kinds of barriers in an agricultural habitat in Spain. *Can. J. Zool.* 83: 312-323.
- Boerema L., L. Freriks. A.A. & D.B. van den Brink 2021. De juridische bescherming van de wolf in Nederland en in een aantal andere Europese landen; een juridisch onderzoek ter ondersteuning van het opstellen van Nederlands wolvenbeleid in het licht van de uitvoering van de natuurwetgeving, Boerema en Van den Brink B.V., Houwerzijl/Element Advocaten, Best.
- Briedermann, L. 2009. *Schwarzwild*. Kosmos Verlag, Stuttgart.
- Chardon, J., R. Foppen & N. Geilen 2000. LARCH-RIVER: a method to assess the functioning of rivers as ecological networks. *European Water Management*, 3: 35-43.
- Ciucci, P., W. Reggioni, L. Maiorano & L. Boitani 2009. Long-distance dispersal of a rescued wolf from the Northern Apennines to the Western Alps. *Journal of Wildlife Management* 73(8): 1300-1306.
- Fechter D. & I. Storch 2014. How Many Wolves (*Canis lupus*) Fit into Germany? The Role of Assumptions in Predictive Rule-Based Habitat Models for Habitat Generalists. *PLoS ONE* 9(7): e101798. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0101798>
- Foppen, R.F.B. 2001. Bridging gaps in fragmented marshland: applying landscape ecology for bird conservation. (PhD). Wageningen University, [S.l.].
- Franz, K.W., J. Romanowski, K. Johst & V. Grimm 2013. Ranking landscape development scenarios affecting natterjack toad (*Bufo calamita*) population dynamics in Central Poland. *PLoS One*, 8(5), e64852. doi:10.1371/journal.pone.0064852
- Groot Bruinderink, G., H.A.H. Jansman, M.H. Jacobs & M. Harmsen 2012. De komst van de wolf (*Canis lupus*) in Nederland: een 'factfinding study'. Rapport 2339. Alterra, Wageningen.
- Groot Bruinderink, G., T. Van Der Sluis, D. Lammertsma, P. Opdam & R. Pouwels 2003. Designing a Coherent Ecological Network for Large Mammals in Northwestern Europe. *Conservation Biology*, 17(2): 549-557. doi:10.1046/j.1523-1739.2003.01137.x
- Gwynn V. & E. Symeonakis 2022. Rulebased habitat suitability modelling for the reintroduction of the grey wolf (*Canis lupus*) in Scotland. *PLoS ONE* 17(10): e0265293. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0265293>
- Hanski, I. & M.E. Gilpin (ed.) 1997. *Metapopulation biology: ecology, genetics, and evolution*. London, UK: Academic Press.
- IPO, 2019. Interprovinciaal wolvenplan. IPO, Den Haag.
- IPO, 2023. Addendum Interprovinciaal wolvenplan. IPO, Den Haag.
- Jansman, H.A.H., J. Mergeay, E.A. van der Grift, G.A. de Groot, D.R. Lammertsma, K. van den Berge, F.G.W.A. Otterburg, J. Gouwy, R. Schuiling, T. van der Veken & C. Nowak 2021. De wolf terug in Nederland: Een factfinding study. Wageningen Environmental Research, Rapport 3107.
- Jedrzejewski, W., B. Jedrzejewska, B. Zawadzka, T. Borowik, S. Nowak & R.W. Mysłajek 2008. Habitat suitability model for Polish wolves based on long-term national census. *Animal Conservation*, 11(5), 377-390. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1795.2008.00193.x>
- Jedrzejewski, W., K. Schmidt, J. Teuerkauf, B. Jedrzejewski & H. Okarma 2001. Daily movements and territory use by radio collared wolves (*Canis lupus*) in Białowieża primeval forest in Poland. *Canadian J. Zool.* 79(11): 1993-2004.
- Jedrzejewski, W., K. Schmidt, J. Teuerkauf, B. Jedrzejewski & R. Kowalczyk 2007. Territory size of wolves *Canis lupus*: linking local (Białowieża Primeval Forest, Poland) and Holarctic-scale patterns. *Ecography* 30: 66-76.
- Jędrzejewski, W., M. Niedziałkowska, S. Nowak & B. Jędrzejewska, B. 2004. Habitat variables associated with wolf (*Canis lupus*) distribution and abundance in northern Poland. *Diversity and Distributions*, 10: 225-233. <https://doi.org/10.1111/j.1366-9516.2004.00073.x>

- Jimenez, M. D., E.E. Bangs, D.K. Boyd, D.W. Smith, S.A. Becker, D.E. Ausband, ... & K. Laudon 2017. Wolf dispersal in the rocky mountains, Western United States: 1993–2008. *The Journal of Wildlife Management*, 81(4): 581-592.
- Khorozyan, I. & M. Heurich 2022. Large-scale sheep losses to wolves (*Canis lupus*) in Germany are related to the expansion of the wolf population but not to increasing wolf numbers. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10, 778917.
- Kojola, I., J. Aspi, A. Hakala, S. Heikkinen, C. Ilmoni & S. Ronkainen 2006. Dispersal in an expanding wolf population in Finland. *Journal of Mammalogy*, 87(2): 281–286.
- Kojola, I., S. Kaartinen, A. Hakala, S. Heikkinen, & H.M. Voipio 2009. Dispersal behavior and the connectivity between wolf populations in Northern Europe. *Journal of Wildlife Management* 73(3): 309-313.
- Kramer-Schadt, S., M. Wenzler, P. Gras & F. Knauer 2020. Habitatmodellierung und Abschätzung der potenziellen Anzahl von Wolfsterritorien in Deutschland. Deutschland/Bundesamt für Naturschutz.
- Kusak, J., A.M. Skrbinšek & D. Huber 2005. Home ranges, movements, and activity of wolves (*Canis lupus*) in the Dalmatian part of Dinarids, Croatia. *Eur. J. Wildl. Res.* 51(4): 254–262. doi:10.1007/s10344-005-0111-2.
- Lelieveld, G. 2012 (VU; studentenverslag): Room for wolf comeback in the Netherlands.
- Linnell, J.D.C., H. Broseth, E.J. Solberg & S.M. Brainerd 2005. The origins of the southern Scandinavian wolf *Canis lupus* population: potential for natural immigration in relation to dispersal distances, geography and Baltic ice. *Wildlife Biology* 11(4): 383-391.
- Louvrier, J., C. Duchamp, V. Lauret, E. Marboutin, S. Cubaynes, R. Choquet, C. Miquel & O. Gimenez 2018. Mapping and explaining wolf recolonization in France using dynamic occupancy models and opportunistic data. *Ecography*, 41(4), 647–660.
- Mancinelli, S. & P. Ciucci 2018. Beyond home: Preliminary data on wolf extraterritorial forays and dispersal in Central Italy. *Mammalian Biology* 93: 51–55.
- Mancinelli, S., L. Boitani & P. Ciucci 2018. Determinants of home range size and space use patterns in a protected wolf (*Canis lupus*) population in the central Apennines, Italy. *Can. J. Zool.* 96: 828–838.
- Marucco, F. & E.J.B. McIntire 2010. Predicting spatio-temporal recolonization of large carnivore populations and livestock depredation risk: Wolves in the Italian Alps. *Journal of Applied Ecology*, 47(4), 789–798. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2010.01831.x>
- Meriggi, A., A. Brangi, L. Schenone, D. Signorelli & P. Milanese 2011. Changes of wolf (*Canis lupus*) diet in Italy in relation to the increase of wild ungulate abundance, *Ethology Ecology & Evolution*, 23:3, 195-210, DOI: 10.1080/03949370.2011.577814
- Merrill, S.B. 2000. Details of Extensive Movements by Minnesota Wolves (*Canis Lupus*). *The American Midland Naturalist* 144 (2): 428-433.
- Myslajek, R.W., M. Tracz, M. Tracz, P. Tomczak, M. Szewczyk, N. Niedzwiecka & S. Nowak 2018. Spatial organization in wolves *Canis lupus* recolonizing north-west Poland: Large territories at low population density. *Mammalian Biology* 92: 37–44.
- Opdam, P., R. Foppen, & C. Vos 2002. Bridging the gap between ecology and spatial planning in landscape ecology. *Landscape Ecology*, 16(8), 767-779.
- Pazúrová, Z., R. Pouwels, J. Ružičková, J. Bolliger, J. Krokusová, J. Ořahel, et al. 2018. Effects of Landscape Changes on Species Viability: A Case Study from Northern Slovakia. *Sustainability* 2018 10(10)
- Planillo A., M. Wenzler-Meya, I. Reinhardt, G. Kluth, F.U. Michler, N. Stier, J. Louvrier, K. Steyer, B. Gillich, S. Rieger, F. Knauer, T. Kuemmerle & S. Kramer-Schadt 2024. Understanding habitat selection of range-expanding populations of large carnivores: 20 years of grey wolves (*Canis lupus*) recolonizing Germany. *Diversity and Distributions*, 30: 71–86. doi:10.1111/ddi.13789
- Potiek, G., W.W. Wamelink, R. Jochem & F. van Langevelde, 2012. Potential for Grey wolf *Canis lupus* in the Netherlands, Effects of habitat fragmentation and climate change on the carrying capacity. Wageningen, Alterra, Alterra Report 2349.
- Pouwels, R., R. Jochem, M.J.S.M. Reijnen, S.R. Hensen & J.G.M. Van der Gref 2002. LARCH voor ruimtelijk ecologische beoordelingen van landschappen.
- Ražen, N., A. Brugnoli, C. Castagna et al. 2016. Long-distance dispersal connects Dinaric-Balkan and Alpine grey wolf (*Canis lupus*) populations. *Eur J Wildl Res* 62(1): 137-142. <https://doi.org/10.1007/s10344-015-0971-0>
- Reinhardt I., G. Kluth, C. Nowak C., et al. 2019. Military training areas facilitate the recolonization of wolves in Germany. *Conservation Letters*.;12:e12635. <https://doi.org/10.1111/conl.12635>

-
- Reinhardt I., P. Kaczensky, J. Frank., F. Knauer & G. Kluth 2020. How to deal with bold wolves. 10.19217/skr577
- Reinhardt, I. & G. Kluth 2011. Pilotstudie zur Abwanderung und zur Ausbreitung von Wölfen in Deutschland [Pilot study on the dispersal and expansion of wolves in Germany]. Unpublished Final Report, F+E Vorhaben (FKZ 806 86 080). LUPUS. https://www.bfn.de/0304_wolf-woelfe-telemetry-pdm.html.
- Reinhardt, I. & G. Kluth 2016. Abwanderungs- und Raumnutzungsverhalten von Wölfen (*Canis lupus*) in Deutschland. *Natur und Landschaft* 91(6): 262-271.
- Rüter, S., C.C. Vos, M. van Eupen & H. Rühmkorf 2014. Transboundary ecological networks as an adaptation strategy to climate change: The example of the Dutch – German border. *Basic and Applied Ecology* 15(8): 639-650.
- Smith, D.W., D.R. Stahler & D.R. MacNulty 2020a. *Yellowstone Wolves Science and Discovery in the World's First National Park*. University of Chicago Press
- Smith, D.W., D.R. Stahler, R. McIntyre, E.E. Stahler & K.A. Cassidy 2020b: *Wolves and Humans in Yellowstone*. In: Smith, D.W., D.R. Stahler en D.R. MacNulty (editors). 2020. *Yellowstone Wolves Science and Discovery in the World's First National Park*. University of Chicago Press
- Sovie, A.R., M.C. Romanski, E.K. Orning, D.G. Marneweck, R. Nichols, S. Moore & J.L. Belant 2023. Temporal variation in translocated Isle Royale wolf diet. *Ecology and Evolution*, 13(3), e9873.
- Stier, N., V. Meissner-Hylanova & M. Roth 2016. *Wolfstelemetry in Mecklenburg-Vorpommern*. Zwischenbericht 2016, TU Dresden.
- Van der Sluis, T. & B. Pedroli 2004. *Ecological network analysis for Umbria (Italy) – RERU, rete ecologica della regione Umbria*. Alterra report 1013.
- Van der Sluis, T. & J.P. Chardon 2001. How to define European ecological networks. In *Advances in Ecological Sciences* (10): 119-128.
- Van der Sluis, T., B. Pedroli, I. Woltjer, E. van Elburg, E. & G. Maas, G. 2020. *Uitwerking PAGW Natuuropgave Hotspots Grote Rivieren: eindrapport*. Wageningen Environmental Research, Rapport 3031.
- Van der Sluis, T., G. Maas, E. van Elburg, I. Woltjer & B. Pedroli 2021. Robuuste en klimaatbestendige rivierenetwerken. *Hotspots voor natuurontwikkeling langs de grote rivieren*. *Landschap* 38(1): 58-67.
- Van der Sluis, T., H. Baveco, G. Corridore, H. Kuipers, F. Knauer, B. Pedroli, R. Jochems & J. Dirksen 2003. *Networks for LIFE: An Ecological Network. Analysis for the Brown bear (Ursus arctos) - and indicator species in Regione Abruzzo*. Wageningen, Alterra, Green World Research. Alterra-rapport 697.
- Van der Sluis, T., J. Buijs, E. Koopmanschap, J. Gosselink, V. Kliuiev & M. Eupen 2011. *Development of an ECONET for Lugansk Oblast: rural development and sustainable development in Ukraine*. Rapport no 2153 Alterra.
- Van der Sluis, T., J. Romanowski, I.M. Bouwma & J. Matuszkiewicz 2007. Comparison of scenarios for the Vistula river, Poland. In *Landscape Ecological Applications in Man-Influenced Areas. Linking Man and Nature Systems* (pp. 417-433.). Dordrecht: Springer.
- Van der Sluis, T., M. Bloemmen & I.M. Bouwma 2004. *European corridors: strategies for corridor development for target species*. Tilburg/Wageningen, The Netherlands.
- Verboom, J., R. Foppen, P. Chardon, P., Opdam & P. Luttikhuisen 2001. Introducing the key patch approach for habitat networks with persistent populations: an example for marshland birds. *Biological Conservation*, 100(1): 89-101.
- Wabakken, P., H. Sand, I. Kojola, B. Zimmermann, J.M. Arnemo, H.C. Pedersen & O. Liberg 2007. *Multistage, Long-Range Natal Dispersal by a Global Positioning System-Collared Scandinavian Wolf*.
- Wielgus, R.B. & K.A. Peebles 2014. Effects of wolf mortality on livestock depredations. *PloS one*, 9(12), e113505.
- Zlatanova, D., A. Ahmed, A. Valasseva & P. Genov 2014. Adaptive diet strategy of the wolf (*Canis lupus L.*) in Europe: a review. *Acta Zoologica Bulgarica* 66(4): 439-452.

Leefgebieden bij 100% HSI met drempelwaarde 0.28





Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3350
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research 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



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3350
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.600 medewerkers (6.700 fte) en 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research 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.

