



ADVIES BEVER RISICOANALYSE WATERSCHAP AA EN MAAS

Advies bever risicoanalyse waterschap Aa en Maas

Een onderzoek in het kader van afstudeerproject 1 AP-voor
Hogeschool Van Hall Larenstein
Waterschap Aa en Maas
Leeuwarden, januari 2025
Femke Kuiphof 000028090
OMSLAG: BEVER (CASTOR FIBER) (TWAN HAK)

Voorwoord

Dit rapport is geschreven in het kader van mijn AP-voor stage voor de opleiding Diermanagement aan Hogeschool Van Hall Larenstein in Leeuwarden. Gedurende de periode van september tot februari 2025 heb ik gewerkt aan een advies voor waterschap Aa en Maas. Het advies richt zich op de ontwikkeling van een beverrisicoanalyse die aansluit bij de specifieke toepassingen en doelen van het waterschap.

Met de toenemende overlast van bevers is er een groeiende behoefte aan een risicoanalysekaart die helpt bij het prioriteren van maatregelen. Op basis van bestaande risicoanalyses en praktijktoetsingen heb ik een advies opgesteld dat het waterschap ondersteunt in dit proces. Tijdens het project heb ik waardevolle contacten gelegd met waterbeheerders en experts op het gebied van bevers. Daarnaast heb ik veel geleerd over de ecologie van de bever, de werking van een waterschap en het opstellen van risicoanalyses. Dit rapport is tot stand gekomen dankzij de hulp en ondersteuning van verschillende personen, aan wie ik mijn dank wil uitspreken. Ik kijk terug op een leerzaam en inspirerend project, mede mogelijk gemaakt door de volgende mensen:

- Wiet van Bragt: Voor de uitstekende begeleiding en hulp vanuit waterschap Aa en Maas.
- Pieter Teunessen: Voor de praktische inzichten en het kijkje in het veld.
- Sara Van Bost: Voor een kritische blik en waardevolle bijdragen tijdens het project.
- Alle overige medewerkers van de afdeling Beleid en advies, en Onderzoek en Monitoring van waterschap Aa en Maas: Voor hun ondersteuning en de fijne werksfeer.

Daarnaast wil ik mijn stagebegeleider vanuit Hogeschool Van Hall Larenstein, Daan Bos, bedanken voor de duidelijke feedback en snelle communicatie, fijne begeleiding en het enthousiasme. Uw betrokkenheid en beschikbaarheid hebben bijgedragen aan een soepel verloop van mijn onderzoek en waardevolle resultaten.

Tot slot gaat mijn dank uit naar Hanneke Kloosterboer voor haar netwerk en advies, Daan Jacobsen en Martine Stam voor de inzichten in de landelijke beveraankpak en feedback, en Henry Kuipers voor de ondersteuning bij de statistiek.

Ik wens u veel leesplezier bij het lezen van dit rapport.

Femke Kuiphof

Samenvatting

Met de herintroductie van de bever in 1988 is de beverpopulatie gestaag toegenomen in Nederland. De bever speelt een belangrijke rol in het vormen van landschappen door het bouwen van dammen en het graven in oevers. Dit zorgt voor risico's op schade aan waterkeringen en infrastructuur. Zowel landelijk als binnen het waterschap nemen de zorgen toe over de risico's die de bever met zich meebrengt. Daarom heeft waterschap Aa en Maas behoefte aan een risicoanalysekaart om schade door graverij en dambouw te voorspellen en prioriteren. Waterschap Aa en Maas heeft een eerste versie van een risicokaart gemaakt maar wilde deze graag verder verbeteren. Dit rapport onderzoekt hoe de eerste versie van deze kaart verbeterd kan worden.

Om een goed advies te geven is er gebruik gemaakt van zowel literatuuronderzoek als veldonderzoek. Met het literatuuronderzoek zijn er vijf risicoanalyses verzameld die met de huidige analyse zijn vergeleken. Voor het veldonderzoek zijn er twee criteria genomen die aan de hand steekproefpunten in het veld getest zijn. Deze criteria zijn habitatgeschiktheid en kwetsbaarheid van de oever.

Uit de resultaten van het literatuuronderzoek blijkt het volgende:

De huidige analyse van Aa en Maas verschilt van andere analyses door een focus op zowel graverij als dambouw. Ook blijkt dat huidige analyse zich alleen focust op de gevolgen. Andere analyses beperken zich vaak tot één aspect, zoals graverij, en focussen zich op kansen en/of gevolgen. Verder gebruiken de andere analyses ook andere criteria.

Uit de resultaten van het veldonderzoek blijkt dat 75% van de steekproeflocaties matig tot hoog geschikt als beverhabitat en 99% van de oevers kwetsbaar was voor graverij. Dit maakt dat 25% van de locaties ongeschikt zijn wat habitatgeschiktheid een belangrijk criterium maakt. Oeverkwetsbaarheid is minder onderscheidend door het hoge percentage kwetsbare oever.

Om de risicoanalyse van waterschap Aa en Maas te verbeteren is het volgende advies geven. Het gebruiken van een kans x gevolgen analyse in de vorm van een risicomatrix. Voor graafschade zijn criteria als habitatgeschiktheid, kwetsbaarheid van oevers en nabijheid van infrastructuur essentieel. Voor dambouw worden aanvullende criteria zoals waterdiepte, watergangbreedte en ecologische schade opgenomen.

Daarnaast wordt er ook geadviseerd om graafschade en dambouw gescheiden te houden omdat type en omvang van de risico's per categorie sterk verschillen.

Landelijke vergelijkbaarheid wordt bevorderd door deze aanpak, in lijn met nationale richtlijnen. Aanvullend advies omvat het opnemen van ecologische schade in samenwerking met experts en het inschatten van kosten voor herstel en preventieve maatregelen. Dit alles draagt bij aan een efficiënter beheer van bevers en een betere prioritering van risicolocaties of -gebieden.

Inhoudsopgave

Voorwoord	2
Samenvatting	3
Inleiding	6
<i>Habitat en leefwijze</i>	6
<i>Aanleiding en probleembeschrijving</i>	6
<i>Doel waterschap Aa en Maas</i>	7
<i>Onderzoekdoel</i>	8
<i>Onderzoeksvragen</i>	8
Urgentie bever risicoanalyse	9
Methode	11
<i>Gebiedsbeschrijving</i>	11
<i>Methode deelvraag 1</i>	13
<i>Methode deelvraag 2</i>	13
<i>Habitatgeschiktheid</i>	13
<i>Kwetsbaarheid oever</i>	14
<i>Dataverwerking</i>	15
Resultaten vergelijking risicoanalyses	16
<i>Huidige analyse kaart: waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd</i>	16
<i>Onderzoek 1: Larooij (2022)</i>	17
<i>Onderzoek 2: Hölscher et al. (2022)</i>	18
<i>Onderzoek 3: Terpstra et al. (2022)</i>	19
<i>Onderzoek 4: van Dorst et al. (2024)</i>	20
<i>Onderzoek 5: van de Wouw (2023)</i>	22
<i>Samenvattend</i>	24
Resultaten veldonderzoek	26
<i>Resultaten habitatgeschiktheid</i>	26
<i>Resultaten kwetsbaarheid van de oever</i>	27
Conclusie	28
<i>Conclusie vergelijking risicoanalyses</i>	28
<i>Conclusie veldonderzoek</i>	28
Discussie	29
<i>Discussie literatuuronderzoek</i>	29
<i>Discussie veldonderzoek</i>	30
Advies	31

<i>Risicoanalyse graafschade</i>	31
<i>Risicoanalyse dambouw</i>	32
Literatuurlijst	35
Bijlage 1: Huidige risicoanalysekaart	38
Bijlage 2: Vergelijking tussen criteria	39
Bijlage 3: Steekproefpunten kaart rayon Raam-noord	40
Bijlage 4: Criteria kans en gevolg bij graverij in oever/keringen	41
Bijlage 5: Criteria kans en gevolg bij dambouw	44
Bijlage 6: Risicomatrix Van de Wouw (2023)	47

Inleiding

Habitat en leefwijze

De bever *Castor fiber* is het grootste knaagdier van Europa en is te herkennen aan zijn typische bruine vacht en platte, leerachtige staart. De bever komt voor in de overgangszone tussen water en land. Bevers hebben een voorkeur voor moerassen, meren, beken en rivieren die omgeven zijn door bossen, bestaande uit voornamelijk wilg en populier. Het dieet bestaat voornamelijk uit houtige gewassen zoals wortelstokken en schors. In het zomerseizoen wijkt de bever ook wel uit naar landbouwgewassen en kruidachtige land- en waterplanten (Brasington, 2023 & Rosell & Campbell-Palmer, 2022).

Met de herintroductie van de bever in 1988 is de beverpopulatie gestaag toegenomen in Nederland. Naar schatting leven er in Nederland momenteel tussen de 5000 en 6000 bevers (Seljee et al., 2023).

De bever speelt een belangrijke rol in het vormen van landschappen. Als knaagdier is de bever in staat om te zorgen voor openheid in bossen, maar ook om dammen te bouwen die de stroomsnelheid, temperatuur en waterstand kunnen beïnvloeden. Ook heeft dambouw als gevolg dat een beek meer gaat meanderen en dat het water ook gefilterd wordt, waardoor de waterkwaliteit verbetert (Ulevičius et al., 2009).

Al deze veranderingen zorgen voor nieuwe niches waar diverse flora en fauna kunnen leven (Brazier et al., 2020). De bever is beschermd op basis van de Omgevingswet en opgenomen in bijlage II en IV van de Habitatrichtlijn. Dit betekent dat de bever zelf is beschermd, maar ook zijn rust en schuilplaatsen (*Nederlands Soortenregister*, z.d.).

Aanleiding en probleembeschrijving

Door de sterke toename van de bever breidt het verspreidingsgebied snel uit. Zo ook naar gebieden die niet optimaal leefgebied zijn, zoals landbouwgebieden, wat als gevolg kan hebben dat schade ontstaat. Dit kan zich uiten in natschade, knaagschade en graafschade (Rosell & Campbell-Palmer, 2022). Daarbij ontstaan naast economische schade ook veiligheidsrisico's voor mensen (Bayoumi & Meguid, 2011). Bevers hebben ook de neiging om te graven in dijken en oevers, met als gevolg dat deze kunnen inzakken en doorbreken, wat kan leiden tot overstromingen (Van den Berg, 2022). Het waterschap is verantwoordelijk voor het waterpeil zodat gebieden niet overstromen. Een beverdam die het waterpeil laat verhogen kan door peilverhoging schade veroorzaken (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd). Daarnaast kan een beverdam in een waterloop botsen met de verschillende ecologische belangen. Beverdammen zorgen namelijk voor een belemmering van de doorstroming en vismigratie maar ook voor het verhogen van de waterstanden, vernatting, verspreiden van invasieve exoten en eutrofiëring. Deze effecten zijn soms in conflict met de ecologische doelstellingen zoals bepaalde Natura 2000-doelen (Faunabeheereenheid Limburg, 2017).

De bever is een dier dat zich veel bevindt in en rondom watergangen en daar ook grote veranderingen kan aanbrengen. Dit maakt dat waterschappen veel te maken hebben met bevers en dat dit de komende jaren alleen maar meer zal worden. Zo ook waterschap Aa en Maas, dat haar werkgebied binnen het verspreidingsgebied van de bever heeft.

De laatste jaren neemt de zorg rond om waterveiligheid toe. Dat stelt ook het expertisenetwerk waterveiligheid (ENW) in een brief aan de directeur van het ministerie infrastructuur en waterstaat (Klavers, 2024). In deze brief adviseert het ENW alle beheerders van keringen en andere infrastructuur om hun kwetsbare en niet-kwetsbare gebieden in kaart te brengen. Dit is van belang om de grootste veiligheidsproblemen als eerste aan te pakken (Klavers, 2024).

Het beheergebied van waterschap Aa en Maas is het oosten van Noord-Brabant. Hier werkt het waterschap aan voldoende en schoon water en zorgt hierbij ook voor de veiligheid. Dit doet het waterschap met aandacht voor innovatie en duurzaamheid en betrekken hierbij ook natuur en biodiversiteit (waterschap Aa en Maas, z.d.). Het waterschap is verantwoordelijk voor wateren met een A-status, dit zijn belangrijke waterlopen met een afvoer van meer dan 30 liter per seconde. Daarnaast zijn zij verantwoordelijk voor de primaire, regionale en overige keringen. Deze keringen moeten wateroverlast voorkomen tijdens hoogwater (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd).

Hierbij hoort ook het regelen van het peil en waterkwaliteit van het oppervlaktewater en het grondwater. Bij deze werkzaamheden komen veel belanghebbenden kijken, zoals boeren, particulieren, gemeentes, provincie en overheid. Door de toename van de bever binnen het werkgebied van Aa en Maas krijgt het waterschap steeds meer te maken met de veranderingen die de bever aanbrengt (waterschap Aa en Maas, z.d.).

In de provincie Noord-Brabant is het aantal bevers de laatste jaren sterk toegenomen. Ingrepen in geval van beverschade stijgen daarmee ook. Tot alle geschikte beverterritoria in gebruik zijn genomen, verwacht waterschap Aa en Maas dat deze ingrepen de komende jaren alleen nog maar gaan toenemen. Ondanks de toename van de beverpopulatie moet het waterschap wel zijn taken kunnen blijven uitvoeren. Dit houdt in dat er veilig, voldoende en schoon water moet zijn en daarbij moeten de medewerkers veilig kunnen werken. De bever mag geen gevaar vormen voor de openbare veiligheid. Om dit te kunnen waarborgen, is de komende jaren veel tijd en geld nodig om de belangrijke infrastructuur en bouwwerken zoals dijken en stuwen te beschermen tegen beverschade (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd).

Doel waterschap Aa en Maas

Om een inschatting te maken van de benodigde inspanning en middelen die de komende jaren nodig zijn is er behoefte aan een risicoanalysekaart. Een risicoanalysekaart is een kaart die visueel aangeeft op welke plekken risico's ontstaan vaak ingedeeld in hoog, laag en matig. Het doel van waterschap Aa en Maas met een dergelijke kaart is om in beeld te brengen waar de risico's liggen met beveractiviteit met betrekking tot graverij en wateroverlast, zodat zij een inschatting kunnen maken van de kosten en de benodigde middelen voor de komende jaren (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd).

Deze kaart zal moeten aangeven welke waterlopen de meeste prioriteit moeten krijgen in een geval van schade of ter voorkoming van schade. Waterschap Aa en Maas is al aan een dergelijke risicokaart begonnen (huidige risicoanalysekaart, opgenomen in bijlage 1 waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd). Deze kaart kan nog op onderdelen verbeterd worden. Er ontbreken mogelijk criteria, en ook de criteria waarmee is geclassificeerd, zijn

vermoedelijk niet passend bij het doel. Daarnaast heeft de opdrachtgever baat bij het opstellen van een kaart die in de toekomst mogelijk vergeleken kan worden met andere risicokaarten. Op landelijk niveau wordt zo duidelijk wat de omvang is van het beverrisico. Om te bepalen welke criteria moeten worden opgenomen in de nieuwe risicoanalyse, worden er ook enkele criteria getest in de praktijk.

Van de Wouw (2023) suggereert dat de criteria: habitat geschiktheid en aard van kering/oever belangrijke criteria zouden zijn om mee te nemen in de analyse. Habitatgeschiktheid wordt getoetst naar aanleiding van het rapport van (Terpstra et al., 2021), waarin habitatgeschiktheid gebruikt wordt om te voorspellen waar de bever zou kunnen voorkomen. Oevertypen is een belangrijk aspect bij graafschade, daarom wordt deze factor meegenomen in de risicoanalyse, zoals bij Van de Wouw (2023).

In de huidige kaart van Aa en Maas is er gewerkt met drie risiconiveaus: laag, matig en hoog risico. Hierbij worden de volgende definities gehanteerd:

Hoog risico: de plaatsen waar bevers ernstige problemen kunnen veroorzaken voor het waterbeheer, de waterkwaliteit en de veiligheid van mensen.

Matig risico: zijn de waterlopen waarbij beveractiviteit kan leiden tot matige schade of hinder voor de waterveiligheid, waterkwaliteit, de biodiversiteit of de veiligheid van mensen.

Laag risico: worden alle watergangen geclassificeerd die niet in de bovenstaande categorieën vallen.

Waterschap Aa en Maas heeft deze definities en criteria zelf opgesteld, waardoor het mogelijk is dat andere risicoanalyses met verschillende definities en criteria werken. Dat heeft als gevolg dat de analyses niet onderling met elkaar te vergelijken zijn.

Onderzoeksdoel

Het doel van dit onderzoek is om te evalueren welke criteria nog ontbreken op de huidige risicokaart voor de bever en ook om te beoordelen of de kaart past bij het doel wat Aa en Maas voor ogen heeft. Het doel: een inschatting maken van de benodigde inspanningen en middelen die de komende jaren nodig zijn voor de omgang met beveractiviteit, om veiligheid, voldoende en schoon water te kunnen waarborgen.

Dit zal in een advies worden uitgewerkt, in het onderhavige rapport. Aan de hand van dat advies zal het waterschap een nieuwe risicokaart opstellen. Bij het bovenstaande onderzoeksdoel zijn de volgende hoofd- en deelvragen voortgekomen.

Onderzoeksvragen

De hoofdvraag is:

Welke criteria moeten worden toegevoegd aan de kaart om beter te passen bij het doel van Aa en Maas?

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn de volgende deelvragen opgesteld:

1. Wat zijn de verschillen tussen de huidige risicoanalysekaart van Aa en Maas en andere risicoanalysekaarten?
2. Welke van de volgende criteria zijn op basis van de veldsituatie geschikt om toe te voegen aan de analyse? Habitatgeschiktheid en aard van de oever.

Urgentie bever risicoanalyse

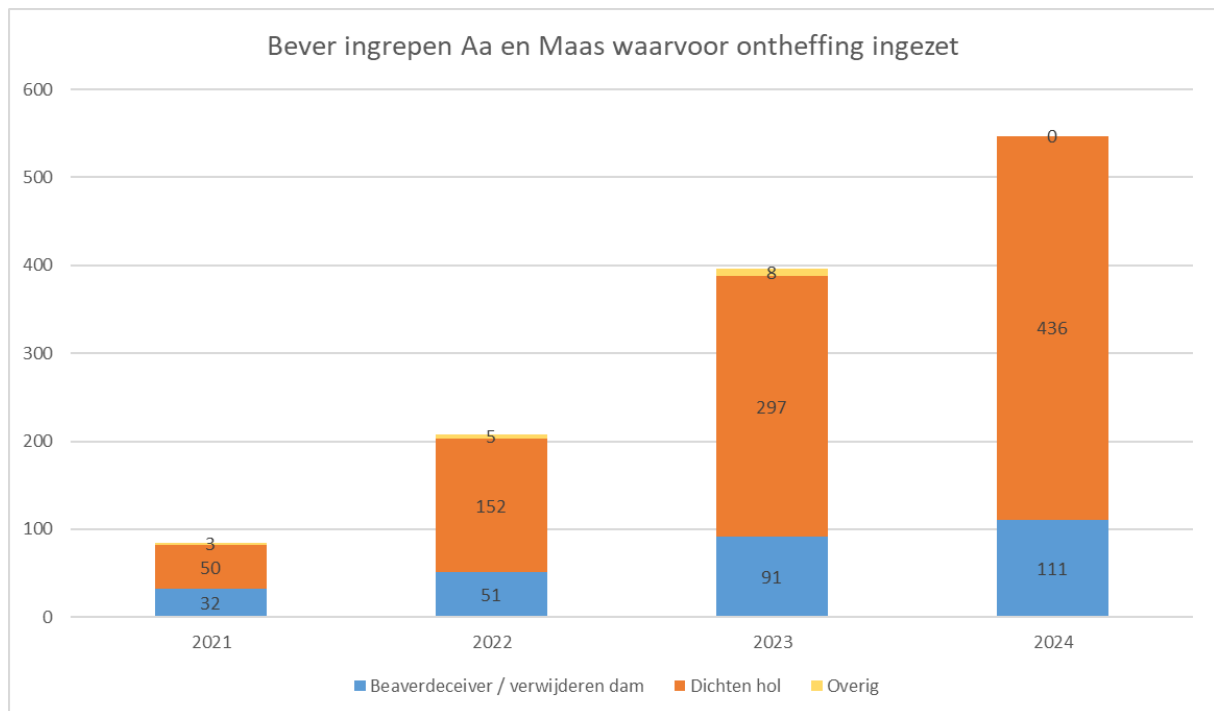
De laatste jaren neemt de beverpopulatie sterk toe in Nederland (Seljee et al., 2023).

Ook in het werkgebied van Aa en Maas is dit het geval (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd). De eerste bevers komen in 2020 vanuit Limburg via de Maas het werkgebied van Aa en Maas binnen (Larooij., 2022). Met de toename van bevers nam ook het aantal ingrepen in geval van beverschade toe. In Tabel 1 is te zien hoe de kosten en de capaciteit in uren is toegenomen de afgelopen vier jaar (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd). Belangrijk is dat deze kosten nog een onderschatting zijn van de daadwerkelijk gemaakte kosten, omdat deze tot op heden niet structureel geregistreerd worden. Het gaat om kosten voor schadeherstel, investeringen in preventie en uren inzet van mensen. In de tabel is te zien dat jaarlijks de cijfers verdubbelen aan schade en inspanningen die verricht moeten worden. Om beverschade te mogen herstellen zoals het duchten van hopen en het verlagen of volledig verwijderen van dammen is een ontheffing nodig (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd). Het aantal keer dat deze ontheffing is aangevraagd per jaar is te zien in Figuur 2. In Figuur 2 zijn ook de cijfers meegenomen van het vorige kalender jaar 2024.

Gezien de sterk stijgende kosten en tijd dat het waterschap kwijt is aan het herstellen van beverschade wil het waterschap graag een inschatting van de risico's (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd). Met een risicoanalyse kan er een passende inschatting worden gemaakt van de te maken kosten en tijd in de toekomst en waar deze vooral moeten gaan plaatsvinden.

*Tabel 1 Kosten en uren door risicovolle beveractiviteit waterschap Aa en Maas voor zowel graverij als dambouw in de afgelopen vierjaar (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd). *beverwerend gaas in graven langs ±3,5 km Peelkanaal/**beverwerend gaas in graven Maasdijk te Empel*

	2020	2021	2022	2023
Kosten schadeherstel	€ 11.529,-	€ 29.790,-	€ 206.343,-	€ 314.792,-
Investeringskosten (projecten)	-	-	€ 300.000,-*	€ 175.000,-**
Capaciteit	2500 uren (± 1,5 fte)	4000 uren (± 3 fte)	6500 uren (± 4 fte)	8000 uren (± 5 fte)



Figuur 1 Het aantal bever ingrepen waarvoor een ontheffing is ingezet van 2021 t/m 2024 met onderscheid naar aard van de ingreep (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd).

Methode

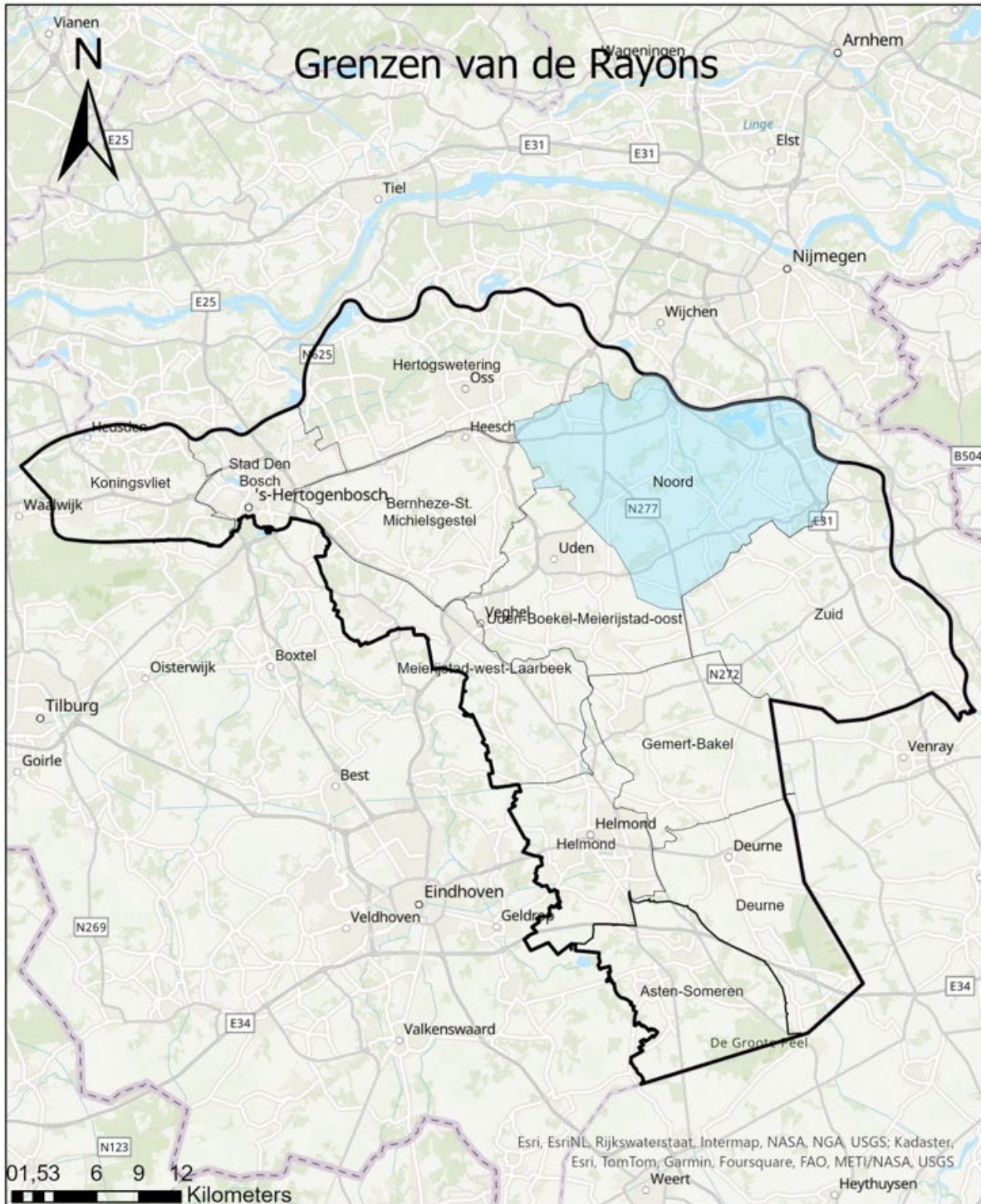
In dit hoofdstuk wordt het studiegebied en de onderzoeksmethode per deelvraag besproken.

Gebiedsbeschrijving

Dit onderzoek werd uitgevoerd binnen het werkgebied van waterschap Aa en Maas (Figuur 2). Het werkgebied is gelegen in het oosten van Noord-Brabant en omvat waterlopen zoals de beek de Aa en de Raam. Het werkgebied is opgedeeld in vier districten die vervolgens weer zijn opgedeeld in rayons.

Het werkgebied van Aa en Maas kenmerkt zich door de diverse landschappen als agrarische gronden, natuurgebieden, beken en rivieren. Maar ook diverse natuurgebieden zoals de Maashorst, Vlijmens Ven en de Deurnse Peel. Daarnaast zijn er ook veel kleine verbindingzones binnen het waterschap met veel kleine en grote stukken bos en struweel (*Aa En Maas in Cijfers*, n.d.).

Tijdens dit onderzoek werden er steekproeven genomen binnen een van de rayons (Figuur 2) van het werkgebied. Dit rayon is Raam-Noord en is onderdeel van het district Raam. Binnen dit gebied liggen waterlopen als de Graafsche Raam en de Sint-Anthonisloop.



Legend

- | | |
|------------------------------|-----------------|
| Waterschapsgrens | Deurne |
| Rayongrenzen | Gemert-Bakel |
| Asten-Someren | Helmond |
| Meierijstad-west-Laarbeek | Hertogswetering |
| Bernheze-St. Michielsgestel | Noord |
| Uden-Boekel-Meierijstad-oost | Stad Den Bosch |
| | Zuid |

Bron: Waterschap Aa en Maas

Femke Kuiphof 2-10-2024

Op deze kaart zijn de Rayon grenzen te zien met in het blauw het te onderzoeken rayon.

Figuur 2 Deze kaart laat de grenzen zien van de verschillende rayons binnen het werkgebied. In het blauw is het te onderzoeken rayon aangegeven.

Methode deelvraag 1

De 1^e deelvraag ‘Wat zijn de verschillen tussen de huidige risicoanalysekaart en andere risicoanalysekaarten?’ werd beantwoord door middel van een vergelijking van reeds bestaande (en bekende) risicoanalyses. De verschillende risicoanalysekaarten werden met elkaar vergeleken en daarmee is vastgesteld welke criteria overeenkomen met de huidige kaart (bijlage 1) en welke anders zijn. Deze analyses werden beoordeeld op een aantal vaste aspecten. Hierbij is gekeken naar het verschil in het doel van de kaarten, de ruimtelijke schaal, de definitie van risico die gebruikt wordt, hoe de risico’s werden ingeschat, de verschillen in criteria en de classificering hiervan. Per analyse zal worden bekeken hoe er tot de conclusies is gekomen en waarom. Eerst zal de huidige risicoanalyse worden besproken die is gemaakt door van Bragt (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd). De risicoanalyses werden verkregen via de heer van Bragt en de heer Bos. Daarnaast werd er gebruikgemaakt van gesprekken met deskundigen als Hanneke Kloosterboer (STOWA), die een rondvraag heeft gedaan bij alle waterbeherende organisaties naar risicoanalyses. Zo werd een compleet beeld verkregen van aard en opzet van bestaande risicoanalyses, eventueel ontbrekende criteria in de bestaande concept-analyse van Aa en Maas, en overige suggesties voor verbetering daarvan.

Methode deelvraag 2

Deelvraag 2 is: Welke van de volgende twee criteria (Habitatgeschiktheid en kwetsbaarheid oever) zijn op basis van de veldsituatie geschikt om toe te voegen aan de analyse? Om de geschiktheid van deze criteria te bepalen, werden deze getoetst in het veld. Na de steekproef is beoordeeld hoeveel variatie er op basis van het criterium in het onderzoeksgebied is en of de toevoeging van het criterium de bestaande risicobeoordeling sterk zou beïnvloeden.

Het werkgebied van Aa en Maas werd hierbij niet volledig getoetst, aangezien dit te arbeidsintensief zou zijn. In dit onderzoek werd één van de rayons binnen het werkgebied van Aa en Maas onderzocht. Het gekozen rayon (Raam Noord) begeeft zich tussen Heesch en Cuijk, in het noordoosten van het werkgebied van Aa en Maas.

Dit rayon is gekozen omdat bevers hier waarschijnlijk al een groot deel van de territoria hebben ingenomen (P. Teunesen, persoonlijke communicatie, 26-09-2024). Per steekproef punt werden de criteria habitatgeschiktheid en aard van de oever in kaart gebracht. Per punt werd gekeken over een lengte en breedte van 20 meter t.o.v. de oever of het habitat voor bevers geschikt is en of de oever geschikt is voor graverij.

Habitatgeschiktheid

Het criterium habitatgeschiktheid is gekozen op basis van een rapport van Van de Wouw (2023) en in overleg met meneer Bos en meneer van Bragt. De geschiktheid van het leefgebied is ingedeeld in drie categorieën, laag, middelmatig en hoog. Deze indeling gaat over de kans dat een bever zich vestigt op de betreffende locatie, wat de kans op schade zou verhogen. In Tabel 2 is weergegeven wanneer een gebied als laag, middelmatig of hoog wordt ingeschat.

Tabel 2 Geschiktheid leefgebied bever (Van de Wouw, 2023)

Geschiktheid leefgebied	Toelichting	Aanwezigheid water en/of bos/struweel <20 meter
Laag	De bever zal hier niet komen	Geen water en geen bos/struweel Alleen bos/ struweel Geen sterk begraasde oevers
Laag		Geen water
Middelmatig	Bevers kunnen hier komen, afhankelijk van aanwezigheid voedsel en dekking	Alleen water
Hoog	Bevers zullen hier komen, er is water, voedsel en dekking.	Zowel water als bos/struweel.

Kwetsbaarheid oever

Het criterium kwetsbaarheid oever is gekozen omdat er met name zorgen zijn om schade veroorzaakt door middel van graverij (Bayoumi & Meguid, 2011; Van den Berg, 2022). In watergangen waar graafwerende oeverbescherming aanwezig is, zal een bever niet in de oever kunnen graven, waardoor schade wordt voorkomen. Bij dit criterium worden locaties met correct aangebrachte vormen van oeververharding als beton, staal of stortsteen, maar ook damwanden van kunststof, staal of graafwerend gaas (*Kenniscentrum Bever*, n.d.) als niet kwetsbaar ingeschat. Op plekken waar dit het geval is, kan het risiconiveau omlaag geschaald worden.

Het criterium kwetsbaarheid oever wordt ingedeeld in kwetsbaar, mogelijk kwetsbaar en niet kwetsbaar, zie Tabel 3.

Tabel 3 Kwetsbaarheid voor graverij op basis van oever

Kwetsbaarheid	Toelichting	Graafwerendheid	Kans op schade door bevergraverij
Niet kwetsbaar	Een bever kan niet in de kering/oever graven	Kering/oever is tolerant tegen graverij door oeververharding als beton, staal, stortsteen, damwanden of graafwerend gaas	Geen
Mogelijk kwetsbaar	Het is niet vast te stellen of een bever in de kering/oever kan graven	Het is niet duidelijk of de kering/oever bescherming graafwerend is	Niet te verwaarlozen kans
Kwetsbaar	Een bever kan in de kering/oever graven	Niet graafwerend of tolerant tegen graverij, geen oeververharding als beton, staal, stortsteen, damwanden of graafwerend gaas.	Graverij niet uit te sluiten

De steekproeven werden op 300 locaties willekeurig genomen door rayon Raam Noord. Dit aantal steekproeven is bepaald doormiddel van een steekproef calculator waarbij er een betrouwbaarheidsniveau van 95% werd ingevoerd en een foutmarge van 6%. Het steekproef gebied is een zone van 20 bij 20 meter langs een waterloop die beheerd wordt door het waterschap. Deze afstand is gekozen omdat dit werkbaar is in het veld en omdat meer dan 90% van alle beveractiviteit op het land zich binnen 20 meter van het water bevindt (Taylor, 2018). De locaties werden willekeurig gekozen met behulp van het programma Qgis met de tool "create random points". De minimale afstand tussen de steekproeflocatie is 500 meter omdat de verdeling zo het meest gelijk is over het rayon.

Dataverwerking

Voor de dataverwerking zijn alle resultaten die tijdens het veldonderzoek zijn verzameld in Excel ingevoerd. Vervolgens is ervoor zowel habitatgeschiktheid als kwetsbaarheid oever berekend hoeveel procent er in elke categorie zit. Ook is er met de steekproef calculator berekend wat de foutmarge is met een betrouwbaarheidsniveau van 95% en 300 steekproefpunten. Hierbij was het doel om een foutmarge onder de 6% na te streven.

Resultaten vergelijking risicoanalyses

Tijdens dit onderzoek is er gebruik gemaakt van verschillende risicoanalyses die zijn gemaakt in Nederland. Deze analyses zullen apart worden geëvalueerd. De analyses die verzameld zijn voor dit onderzoek zijn weergegeven in Tabel 4.

Tabel 4 overzicht van gebruikte risicoanalyses

Titel	Auteur	Publicatiedatum
Risicoanalyse graafschade waterkeringen door zoogdieren bij waterschap Aa en Maas.	Larooij	13-06-2022
Risico-inventarisatie bevers: Een zoektocht naar een gewenst evenwicht	Hölscher et al.	30-11-2022
Regionale risico-inventarisatie bevergraverij in spoortaluds	Terpstra et al.	11-04-2022
Risicoanalyse en maatregelen bever en das. Rijkswaterstaat kanalen Noord-Brabant en Limburg	Van Dorst et al.	04-06-2024
Kwetsbaarheid van keringen voor graverij door de bever binnen de provincie Fryslân	Van de Wouw	09-2023

Deze analyses werden beoordeeld op een aantal vaste aspecten. Hierbij is gekeken naar het verschil in het doel van de kaarten, de ruimtelijke schaal, de definitie van risico die gebruikt wordt, hoe de risico's werden ingeschat, de verschillen in criteria en de classificering hiervan. Per analyse zal worden bekeken hoe er tot de conclusies is gekomen en waarom. Eerst zal de huidige risicoanalyse worden besproken die is gemaakt door van Bragt (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd).

Huidige analyse kaart: waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd

De huidige risicoanalyse kaart is opgesteld voor waterschap Aa en Maas. Dit waterschap is gelegen in het zuidwesten van Nederland. De analyse is uitgevoerd door de heer van Bragt, beleidsadviseur robuust watersysteem bij Aa en Maas. Deze analyse is opgesteld met het doel om te kunnen inschatten hoeveel inspanningen en middelen de komende jaren nodig zijn om waterveiligheid te kunnen waarborgen. De kaart is opgesteld voor heel het werkgebied van Aa en Maas.

Met deze analyse is er gekeken naar zowel risico op graafschade als risico door dambouw. Beiden zijn belangrijk voor het waterschap omdat er veel overlast is door dambouw en graafschade. Tijdens deze analyse is vooral gekeken naar de gevolgen die de dambouw of graafschade met zich mee brengen en is er op basis van de ernst van het gevolg een weging aan gehangen.

Deze analyse is tot stand gekomen met behulp van gegevens van Aa en Maas zelf. Voor de analyse is gebruik gemaakt van de NBW-normen kaart, nabijheid van keringen, verkeerswegen, en riool overstorten. Deze criteria leiden samen tot een classificatie van hoog, matig en laag risico (gevolg op schade door dambouw en graverij).

In deze analyse is naast een uitwerking van de risico's ook een uitwerking van de te verwachten kosten gemaakt op basis van kosten- en batenanalyse. Deze kosten bestaan zowel uit herstellkosten van schade als preventieve maatregelen om schade te voorkomen. Uit de analyse blijkt dat het grootste deel van de waterlopen laag risico zijn, ruim een kwart hoog risico en de overige waterlopen zijn matig. Er is in deze analyse geen gebruik gemaakt van een risicomatrix omdat er alleen naar de gevolgen is gekeken van beverschade.

Tabel 5 overzicht van de risicoanalyse van waterschap Aa en Maas (ongepubliceerd)

Onderzoekspunten	Uitwerking
Doel	Inschatting maken van de benodigde inspanningen en middelen die de komende jaren nodig zijn om veiligheid, voldoende en schoon water te kunnen waarborgen.
Ruimtelijke schaal	Werkgebied Aa en Maas Noordoost Brabant.
Definities	Risico: kans en gevolg op schade door dambouw en graverij
Indeling van de risico's	Hoog: bevers kunnen zorgen voor grote problemen of gevaren voor de waterhuishouding, de waterveiligheid, de waterkwaliteit, de natuur of de veiligheid van mensen. Matig: bevers kunnen zorgen voor middelgrote problemen of overlast voor de waterhuishouding, de waterveiligheid, de waterkwaliteit, de natuur of de veiligheid van mensen. Laag: bevers veroorzaken weinig of geen problemen voor de waterhuishouding, de waterkwaliteit, de natuur of de veiligheid van mensen.
Criteria	NBW-normen, nabijheid van keringen, verkeerswegen en riool overstorten
Classificering van criteria	NBW-normen, nabijheid van waterkeringen en riool overstorten buffer van 30 m Verkeerswegen buffer van 3,5 m

Onderzoek 1: Larooij (2022)

Het onderzoek van Larooij (2022) was in opdracht voor waterschap Aa en Maas. Larooij was student bij hogeschool Van Hall Larenstein bij de studie Bos- en natuur beheer. De opdracht van het waterschap was, dat er een risicoanalyse gemaakt werd gericht op graafschade van zoogdieren op keringen. In dit onderzoek werd er gekeken naar de das, wild zwijn en de bever.

De analyse die gemaakt is heeft enkel betrekking op de primaire keringen binnen en waterschap Aa en Maas. Het doel van de analyse is om meer inzicht te krijgen in het mogelijk optreden van graafschade van zoogdieren op keringen. Deze analyse focust zich dus op drie verschillende zoogdieren die graverij kunnen vertonen.

Met deze drie soorten is het risico voorspeld op schade aan keringen die veroorzaakt zou kunnen worden. De kans op schade is voorspeld door middel van de habitateisen en landschapkenmerken te vergelijken met de verspreiding van de bever, das en wild zwijn. Dit

resulteerde in een kaart waarin het meest geschikte habitat naar voren komt, en de plekken waar het meeste risico ontstaat.

De plekken met het meest geschikte habitat worden hier als hoog risico beschouwd. Er is geen rekening gehouden met de impact van bever schade. De analyse heeft zich enkel gericht op de kans dat een bever schade kan veroorzaken en niet op de gevolgen die de schade kan veroorzaken. Er is dan ook geen gebruik gemaakt van een risicomatrix. Hoe de criteria precies zijn toegepast is ook niet volledig te achterhalen door het ontbreken van de bijbehorende dataset.

Uit de resultaten van de analyse blijkt het grootste deel van de keringen van Aa en Maas laag risico. Slechts op enkele plekken is het risico als hoog weergegeven. De totale oppervlaktes per risicocategorie zijn niet gegeven in de analyse. De betrouwbaarheid van deze kaart is niet hoog door het ontbreken van de dataset en gegevens.

Tabel 6 overzicht van de risicoanalyse van Larooij (2022)

Onderzoekspunten	Uitwerking
Doel	Meer inzicht en overzicht krijgen in graafschade van zoogdieren, om graafschade aan keringen te voorkomen. Graafschade kunnen voorspellen.
Ruimtelijke schaal	Werkgebied waterschap Aa en Maas
Definities	Risico: kans op graafschade aan keringen
Indeling van de risico's	10 categorieën van hoog naar laag risico op basis van hoeveel van de habitateisen overlappen. 1 is laag risico en 10 hoog risico.
Criteria (voor de bever)	Landschapskenmerken en habitat eisen als: oeverlengte, houtige begroeiing, moeras- en ruigtesoorten, steile oever, aanwezigheid zoet water, 20-30 meter landinwaarts, voedsel, wegen, grote kunstwerken
Classificering van criteria	De criteria hebben een waarde van 1 tot en met 10. De waarde die de criteria hebben gekregen is niet duidelijk. Wel is er een buffer gemaakt van 20 meter rond alle watergangen voor de benutte oeverzone.

Onderzoek 2: Hölscher et al. (2022)

De risicoanalyse van Hölscher et al. (2022) is opgeteld voor het waterschap Drents Overijsselse Delta. De analyse is uitgevoerd omdat het waterschap meer inzicht wilde krijgen in omvang van bever risico's, de urgentie en de beperkingen. Dit moet de basis vormen voor een bever (beheer)plan.

De analyse focust hierbij op de primaire en regionale keringen binnen het werkgebied van het waterschap. De risico's zijn ingedeeld in drie categorieën: hoog-, mogelijk- en beperkt risico bij hoogwater. Risico wordt hier gedefinieerd als kans op graverij in keringen, met deze analyse is er niet gekeken naar de effecten van dambouw en vraatschade.

Om het risico te bepalen is er gekeken naar de kwetsbaarheid van de keringen en wat deze kwetsbaarheid zou kunnen verlagen zoals graafwerend gaas of een damwand. Vanuit dat oogpunt zijn de volgende criteria gekozen: steenbekleding, damwand met en zonder overhoogte en aanwezigheid voorland. Deze criteria geven aan of het risico voor graverij omlaag geschaald kan worden.

Uit de analyse blijkt dat 95% van de keringen hoog risico is op dijkfalen bij graverij.

Tabel 7 overzicht van de risicoanalyse van Hölscher et al. (2022)

Onderzoekspunten	Uitwerking
Doel	Inzicht in omvang risico, urgentie en risicobeperkingen.
Ruimtelijke schaal	Werkgebied waterschap Drents Overijsselse Delta
Definities	Risico: kans op graafschade aan primaire en regionale keringen
Indeling van de risico's	Hoog-, mogelijk- en beperkt risico
Criteria	Steenbekleding, damwand met en zonder overhoogte, aanwezigheid voorland.
Classificering van criteria	Geen buffer, gebieden waar bescherming aanwezig is zijn als laag of beperkt aangegeven.

Onderzoek 3: Terpstra et al. (2022)

De risicoanalyse van Terpstra et al. (2022) was in opdracht van ProRail. Er is een advies gegeven aan ProRail over preventie van incidenten met de bever in het spoortalud. De studie is uitgevoerd voor alle treinsporen in Groningen en het noorden van Drenthe. Met uitzondering van de rode gebieden ('zeer hoog risico gebieden') die voortkomen uit het vigerende beverbeheerplan (Bos et al, 2020) omdat daar bevers geweerd worden. Er wordt hiervan uit gegaan dat in deze delen dus geen bevers zullen kunnen zitten.

De beoordeling van het risico op een treinongeval (in drie categorieën, hoog, matig en laag), door bevergraverij is gedaan op grond van geschiktheid leefgebied, aard van de aanwezigheid van bevers, kwetsbaarheid van het spoortalud en de aanwezigheid van preventieve maatregelen. Impliciet is hierbij aangenomen dat gevolgen van een treinongeval altijd groot zijn.

Voor het criterium geschiktheid leefgebied worden gebieden gemarkeerd als laag matig of hoog geschikt.

Laag: er geen water of/en geen bos/struweel aanwezig is, binnen 20 meter van het spoortalud.

Middelmatig wordt geclassificeerd als er enkel water aanwezig is binnen 20 meter van het spoortalud.

Hoog wordt geclassificeerd als er zowel water als bos/struweel binnen 20 meter van het spoortalud aanwezig is.

Aanwezigheid van de bever wordt ingedeeld in aan- of afwezig. Aanwezig is gedefinieerd als verse sporen en een beverhol of alleen verse sporen. Afwezig is gedefinieerd als afwezig of oude sporen. Aanwezig is geclassificeerd als acute kans op ongevallen en afwezig als niet acute kans op ongevallen.

Kwetsbaarheid talud wordt ingedeeld als niet kwetsbaar, matig kwetsbaar of kwetsbaar. Niet kwetsbaar is gedefinieerd als "bever kan niet in het talud graven of het talud is verder dan 20 meter van water". Matig kwetsbaar is gedefinieerd als: bever wil of hoeft niet in het talud te graven: het kan, maar er zijn geschikte alternatieven. Kwetsbaar is gedefinieerd als "bever kan in het talud graven en er is geen alternatief". Een kwetsbare locatie heeft een grote kans op ongevallen en een niet kwetsbare locatie heeft geen kans op ongevallen. Deze criteria worden samengevoegd in een algemene risicotabel (Tabel 3).

Tabel 8 Algemene risico tabel. In deze tabel worden voorbeelden gegeven van verschillende combinaties van geschiktheid leefgebied, aard van de aanwezigheid van bevers, kwetsbaarheid aan het spoor talud en de aanwezigheid van preventieve maatregelen en de daaruit voortvloeiende beoordeling t.a.v. het risico op een treinongeval door bevergraverij.

Geschiktheid leefgebied	Aard aanwezigheid bevers	Kwetsbaarheid van het talud	Preventie	Risico
Laag	afwezig	kwetsbaar	afwezig	laag
hoog	aanwezig	niet kwetsbaar	aanwezig	laag
diverse combinaties van geschiktheid leefgebied, aard van de aanwezigheid van bevers, kwetsbaarheid van het spoortalud en de aanwezigheid van preventieve maatregelen				middelmatig
hoog	afwezig	kwetsbaar	afwezig	hoog
hoog	beverhol	kwetsbaar	afwezig	acuut

Tabel 9 overzicht van de risicoanalyse van Terpstra et al. (2022)

Onderzoek punten	Uitwerking
Doel	Risicobeoordeling op incidenten met bevers in het spoortalud
Ruimtelijke schaal	Sporen in Groningen en het noorden van Drenthe.
Definities	Risico: kans op een treinongeval door bevergraverij keer het gevolg. Impliciet wordt aangenomen dat de impact altijd groot is.
Indeling van de risico's	Laag, middelmatig en hoog
Criteria	Geschiktheid leefgebied, aanwezigheid van bevers, kwetsbaarheid van talud en implementatie van maatregelen
Classificering van criteria	Laag: er is geen geschikt leefgebied binnen 20m van het spoor en er zijn geen bevers aanwezig. Ongeacht de kwetsbaarheid van het talud of genomen maatregelen. Middelmatig: in de huidige situatie is er geen risico, maar in de toekomst is een mogelijk veiligheidsrisico niet ondenkbaar. Hoog: geschikt leefgebied grenzend aan het spoortalud. Dit ongeacht bever aanwezigheid Acuut: als er sprake is van een beverhol wat onder het spoor doorloopt, verzakking aan de orde is of sprake van beveraanzigtheid grenzend aan kwetsbaar spoortalud zonder alternatieve locaties.

Onderzoek 4: van Dorst et al. (2024)

De risicoanalyse van van Dorst et al. (2024) werd uitgevoerd door BWZ-ingenieurs in opdracht van Rijkswaterstaat. De analyse richt zich op het kanalenareaal van regio Zuid-Nederland inclusief keringen en oevers langs alle kanalen. Het doel van deze analyse is om overzicht te krijgen over risicovolle locaties voor graafschade in waterkeringen. Daarnaast wilde Rijkswaterstaat ook een overzicht van de kosten en uitvoerbaarheid van risico beperkende maatregelen.

Net als Terpstra definieert van Dorst et al. (2024) het risico als kans x gevolg = risico. Het risico op schade bestaat hier uit de kans op optreden van graverij door de bever en dat gecombineerd met het gevolg (de schade die veroorzaakt kan worden). Bij gevolg wordt er gekeken of de graverij door deze diersoorten voor schade kan zorgen.

Om dit weer te geven is er een risicomatrix opgesteld. Binnen deze risico matrix zijn er vijf risico categorieën: verwaarloosbaar, laag, medium, hoog, zeer hoog. Voor zowel kansen als gevolgen zijn er parameters opgenomen die samen bepalen hoe hoog het risico is op graverij door bever en das.

Voor kans op aanwezigheid is dit: Type oever, faunavoorzieningen, aanwezigheid water binnendijks, begroeiing en beschermingsmaatregelen. Waarnemingen zijn bewust niet meegenomen omdat er in de analyse vanuit wordt gegaan dat bevers zich in het hele beheergebied kunnen vestigen.

Om de gevolgen in kaart te brengen zijn de volgende parameters gebruikt: afname kerend vermogen (overstroming), afname kerend vermogen (stremming scheepvaart), verzakkende wegendoor graafschade, vraatschade aan aanwezige begroeiing en omvallende bomen. Deze parameters zijn deel uitgedrukt in geldbedragen om zo een weging te geven aan welke schades de grootste financiële impact hebben. De financiële impact, samen met de kans op het optreden van graverij (kans x impact) worden gecombineerd in een risico matrix. Door kans en impact met elkaar te combineren zijn de risico's (per 100 meter) bepaald.

Tabel 10 overzicht van de risicoanalyse van van Dorst et al. (2024)

Onderzoek punten	Uitwerking
Doel	Inzicht in graafschade voor risicovolle locaties op waterkeringen en overzicht van uitvoerbaarheid risicobeperkende maatregelen.
Ruimtelijke schaal	Kanalen areaal van Rijkswaterstaat Zuid-Nederland. Alle waterkeringen en oevers langs kanalen in beheer van Rijkswaterstaat. Provincie Noord-Brabant en Limburg.
Definities	Risico: de kans dat een bever of/en das kan voor komen x het gevolg dat een bever of/en das kan veroorzaken.
Indeling van de risico's	Verwaarloosbaar(groen), laag (geel), medium (medium), hoog (rood), zeer hoog (paars)
Criteria	Voor kansen: Type oever, Aanwezigheid fauna voorzieningen, Aanwezigheid water binnendijks, Bodemsoort waterkering, Begroeiing en Aanwezigheid beschermingsmaatregelen. Voor gevolg: Afname kerend vermogen overstromingen en scheepvaart, verzakkende wegen kabels en leidingen, omvallende bomen, uitvoerbaarheid beheer en onderhoud, verzakkende kunstwerken en ecologische schade.
Classificering van criteria (kans en gevolg)	Oevertype Groen: staal, beton Geel: stortsteen Oranje: hout, rijzendam, natuurvriendelijke oever, Fauna voorzieningen Oranje: faunatrap, natuurverbinding of natuurvriendelijke oever Bodemsoort Geel: klei, leem Oranje: zand Begroeiing Groen: >20 van kanaal Geel: 10-20 van kanaal Oranje: 0-10 van kanaal

	<p>Bescherming: plekken waarvan er bekend is dat er maatregelen zijn genomen worden groen.</p> <p>Afname kerend vermogen overstromingsschade Groen: <8 miljoen Geel: 8<25 miljoen Oranje: 25<80 miljoen Rood: 80<250 miljoen (hoger dan 250 komt niet voor)</p> <p>Afname kerend vermogen stremming scheepvaart Groen: <1 miljoen Geel: 1<2,5 miljoen Oranje: 2,5 <16 miljoen Rood: >16 miljoen</p> <p>Verzakkende wegen Groen: voet en fietspaden Geel: lokale wegen Oranje: N-wegen Rood: Rijkswegen en spoorwegen</p> <p>Vraatschade aan begroeiing Groen: >20m Geel: 10-20 m Oranje: 0-10 m</p> <p>Omvallende bomen Groen: boom <15 m van voet- en fietspaden Geel: boom <15 m van lokale wegen Oranje: boom <15 m van N-wegen Rood: boom <15 m van Rijks- en spoorwegen</p>
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Onderzoek 5: van de Wouw (2023)

De risicoanalyse van van de Wouw (2023) is opgesteld voor het werkgebied van Wetterskip Fryslân. De analyse werd uitgevoerd met het doel om in kaart te brengen hoeveel keringen kwetsbaar zijn voor graverij van bevers. Vraatschade en dambouw wordt niet meegenomen in deze analyse.

Om het risico in kaart te brengen zijn de volgende negen criteria opgesteld: Kwetsbaarheid op grond van de aard van de kering, kwetsbaarheid op grond afstand tot water, kwetsbaarheid bij hoogwater, geschiktheid leefgebied bever, kwetsbaarheid nabij infrastructuur, kwetsbaarheid nabij vaste dam, aanwezigheid bever, impact graafschade op mens en economie en impact op grond van waterkerende hoogte.

In de analyse zijn niet alle criteria meegenomen omdat niet alle data beschikbaar was en vanwege beperkte tijd. In de uiteindelijke analyse worden de criteria kwetsbaarheid op grond afstand tot water en kwetsbaarheid bij hoogwater uitgezet tegen het criterium impact op grond van waterkerende hoogte.

Dit resulteert in een risicomatrix die opgedeeld is in vier klassen (groen, geel, oranje en rood) die aangeven hoe groot het risico is. Dit is vervolgens toegepast in een kaart, waarop per sectie van 10m kering de risicoklasse is weergegeven.

Tabel 11 overzicht van de risicoanalyse van van de Wouw (2023)

Onderzoek punten	Uitwerking
Doel	In kaart brengen welke keringen kwetsbaar zijn voor bever graverij.
Ruimtelijke schaal	Provincie Friesland wat ook de waterschap grenzen zijn.
Definities	Risico: kans dat er graafschade aan de keringen plaatsvindt. Risico is de kans van schade samen met de omvang van de schade.
Indeling van de risico's	Laag, middelmatig en hoog.
Criteria	Kwetsbaarheid voor graverij op grond van aard van de kering, kwetsbaarheid graverij op grond afstand tot water, kwetsbaarheid voor graverij bij hoogwater, geschiktheid leefgebied bever, kwetsbaarheid graverij bij infrastructuur, kwetsbaarheid graverij nabij vaste dam (waterscheiding), aanwezigheid bever, impact op grond van waterkerende hoogte.
Classificering van criteria	<p>Kwetsbaarheid voor graverij op grond van aard kering Niet kwetsbaar: damwand van kunststof of staal of graafwerend gaas aanwezig Kwetsbaar: niet graaf werend of tolerant tegen graverij</p> <p>Kwetsbaarheid graverij op grond afstand tot water Bijna niet kwetsbaar: 30-50 m en >50 m tot water Matig kwetsbaar: 20-30 m tot water Kwetsbaar: 10-20 m tot water Zeer kwetsbaar: 0-10 m tot water</p> <p>Kwetsbaarheid voor graverij bij hoogwater op grond van waterhoogte Nauwelijks kwetsbaar: water komt niet tot aan de teen van de kering Kwetsbaar: Maatgevend hoogwater deels of helemaal tot kernzone van kering.</p> <p>Geschiktheid leefgebied bever Laag: geen water en geen bos/struweel of alleen bos/struweel Middelmatig: alleen water Hoog: zowel water als bos/struweel</p> <p>Kwetsbaarheid voor graverij nabij infrastructuur Niet kwetsbaar: >20m nabij infrastructuur Matig kwetsbaar: >10 m nabij infrastructuur Kwetsbaarheid: <10 m nabij infrastructuur</p> <p>Kwetsbaarheid nabij vaste dam Kwetsbaar: <20 m nabij vaste dam Matig kwetsbaar: <40 nabij vaste dam Niet kwetsbaar: > 40 m nabij vast dam</p> <p>Aanwezigheid bever Laag: afwezig Hoog: aanwezig</p> <p>Impact op grond van waterkerende hoogte Laag: water staat nooit tegen de dijk Hoog: waterkerende hoogte >2 m</p>

Samenvattend

In de Tabel 5 is van alle analyses samenvattend weergegeven op welke punten deze hetzelfde zijn en op welke punten deze verschillen. Wat in de meeste analyses terugkomt op die van Terpstra et al. (2022) na is dat alle analyses focussen op schade aan keringen. Daarnaast zijn vier van de zes analyses gemaakt voor waterschappen en twee door/voor Rijkswaterstaat en ProRail.

Het risico wordt in de meeste analyses verschillend geformuleerd. Wat vaak terugkomt is de kans x gevolg redenatie wat een combinatie is van de kans dat een bever zich kan vestigen en/of kan graven x het gevolg van de schade die een bever kan veroorzaken. De analyses van Larooij (2022) en Hölscher et al. (2022) focussen zich alleen op de kans en gaan ervanuit dat het gevolg altijd hetzelfde is.

De indeling van de risico's wordt in groten lijnen ook hetzelfde gedaan. Enkel Larooij (2022) valt op door het risico in 10 gradaties te verdelen. De andere analyses kiezen voor meestal drie tot vijf gradaties waarbij drie veruit het populairste is. De variant van drie gradaties wordt vaak ingedeeld als hoog, middelmatig en laag. Soms wordt 'middelmatig' anders verwoord zoals medium of mogelijk.

De criteria die gebruikt worden in de meeste analyses zijn gericht op de kans op graafschade. De huidige risicoanalyse kaart van Aa en Maas richt zich op zowel graafschade als de gevolgen van dambouw. In de andere analyses wordt dambouw vaak buiten beschouwing gelaten en enkel gefocust op graverij. De huidige analyse richt zich niet op de kans dat graafschade kan optreden maar op welke plekken de gevolgen het grootste zouden zijn.

In de meeste analyses wordt alleen gefocust op de graafschade die kan optreden in keringen. De analyses die enkel kijken naar de kans dat er graverij kan optreden maken vooral gebruik van criteria die de habitatgeschiktheid beoordelen en of de kering/oever kwetsbaar is voor graverij.

De analyses die gebruik maken van de kans x gevolg redenatie beoordelen ook de habitatgeschiktheid en de kwetsbaarheid van de oever om de kans te beoordelen. De gevolgen worden vaak verschillend beoordeeld, criteria die worden meegenomen zijn afname van het kerend vermogen, invloed op infrastructuur, uit voerbaarheid beheer en onderhoud en ecologische schade. Maar in de analyse van Terpstra et al. (2022) wordt ervan uitgegaan dat het gevolg altijd groot is omdat deze te maken heeft met de veiligheid van treinverkeer.

Hoe de criteria geclassificeerd zijn is in elke analyse anders. Als het gaat om vormen van oever bescherming wordt er vaak alleen gekeken naar de plekken waar deze bescherming is toegepast. Bij habitat geschiktheid wordt gewerkt met zones van vaak 20 meter vanaf het water omdat meer dan 90% van alle beveractiviteit op het land zich binnen 20 meter van het water bevindt (Taylor, 2018). In bijlage 2 is een tabel opgenomen die de verschillende criteria uit de verschillende analyses vergelijkt. Deze tabel vergelijkt enkel de criteria die in meer dan één van de analyses terugkomt. Overige criteria zijn niet opgenomen in de tabel maar wel meegenomen in de afweging van het advies.

Tabel 12 Overzicht van de risicoanalyses

Analyses/criteria	Doel	Ruimtelijke schaal	Definitie risico	Indeling risico's	Criteria
Waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd	Inschatting benodigde middelen en inspanning voor schade	Waterschap	Gevolg graafschade en dambouw	Hoog, matig, laag	NBW-normen, nabijheid van keringen, verkeerswegen en riool overstorten
Larooij. 2022	Inzicht in graafschade/voorzorg aan keringen	Waterschap	Kans op graafschade aan keringen	10 categorieën	Landschapskenmerken en habitat eisen als, oeverlengte, houtige begroeiing, moeras- en ruigtesoorten, steile oever, aanwezigheid zoet water, 20-30 meter landinwaards, voedsel, wegen, grote kunstwerken
Hölscher et al. 2022	Inzicht omvang risico, urgentie en risicobeperkingen (graafschade keringen)	Waterschap	Kans op graafschade aan keringen	Hoog, mogelijk, beperkt	Steenbekleding, damwand met en zonder overhoogte, aanwezigheid voorland.
Terpstra et al. 2022	Preventiemaatregelen tegen incidenten met bevers in spoor	Sporen Groningen en het noorden Drenthe	Kans op trein x gevolg bevergraverij	Hoog, middelmatig, laag	Geschiktheid leefgebied, aanwezigheid van bevers, kwetsbaarheid van talud en implementatie van maatregelen
Dorst et al.	Inzicht graafschade op waterkeringen en risicobeperkende maatregelen	Kanalen areaal van RWS Zuid-Nederland	Kans op bever x gevolg dat bever kan veroorzaken	Verwaarloosbaar, laag, medium, hoog, zeer hoog	Voor kans: Type oever, Aanwezigheid fauna voorzieningen, Aanwezigheid water binnendijks, Bodemsoort waterkering, Begroeiing en Aanwezigheid beschermingsmaatregelen. Voor gevolg: Afname kerend vermogen overstromingen en scheepvaart, verzakkende wegen kabels en leidingen, omvallende bomen, uitvoerbaarheid beheer en onderhoud, verzakkende kunstwerken en ecologische schade.
Van de Wouw	In kaart brengen kwetsbare keringen	Waterschap	Kans op bever x gevolg graafschade	Laag, middelmatig, hoog, zeer hoog	Kwetsbaarheid voor graverij op grond van aard van de kering, kwetsbaarheid graverij op grond afstand tot water, kwetsbaarheid voor graverij bij hoogwater, geschiktheid leefgebied bever, kwetsbaarheid graverij bij infrastructuur, kwetsbaarheid graverij nabij vaste dam (waterscheiding), aanwezigheid bever, impact op grond van waterkerende hoogte.

Resultaten veldonderzoek

Tijdens het veldonderzoek zijn er 300 steekproeven langs de waterlopen genomen (Figuur 4). Deze steekproeven bevonden zich in rayon Raam Noord wat zich in het noorden van het werkgebied van waterschap Aa en Maas bevindt. Tijdens deze steekproeven is per steekproefpunt gekeken of de locatie geschikt habitat is voor de bever en of de oever van de waterloop kwetsbaar is voor bevergraverij.

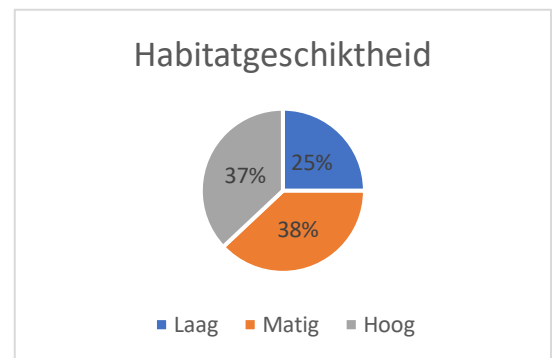
Resultaten habitatgeschiktheid

Uit de analyse van de habitatgeschiktheid blijkt het volgende:

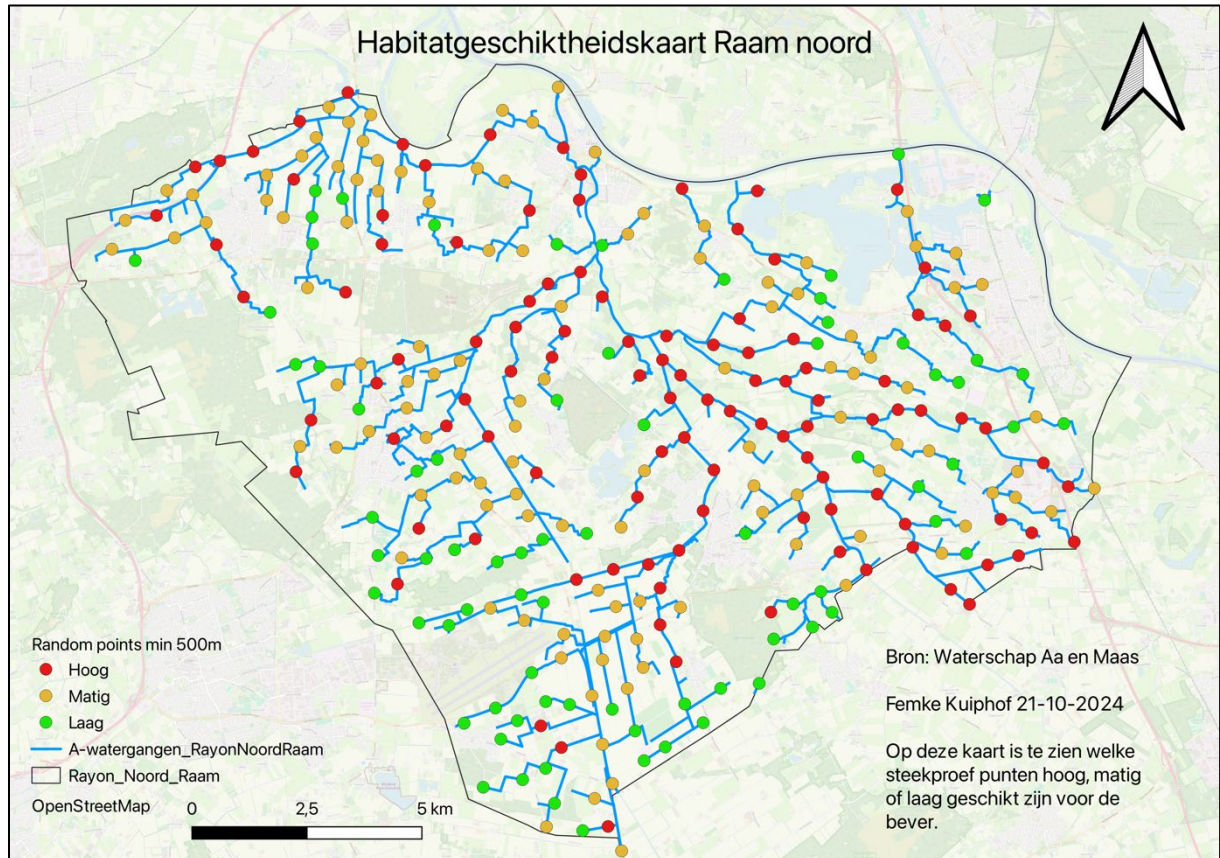
- **25%** van de onderzochte locaties werd gekwalificeerd als laag geschikt habitat voor de bever.
- **38%** van de locaties bleek matig geschikt te zijn.
- **37%** van de locaties werd beoordeeld als hoog geschikt habitat voor de bever.

Deze percentages geven aan dat op meer dan de helft van de steekproeflocaties (75%) matig tot hoog geschikt habitat aanwezig is.

Op 25% van de locaties is een te lage waterstand waardoor het habitat daar laag geschikt is. De verdeling van de habitat geschiktheid over het onderzoeksgebied is weergegeven in figuur 6 deze laat zien dat vooral de hoofdlopen optimaal geschikt zijn.



Figuur 3: Een weergave van de habitatgeschiktheid in procenten.



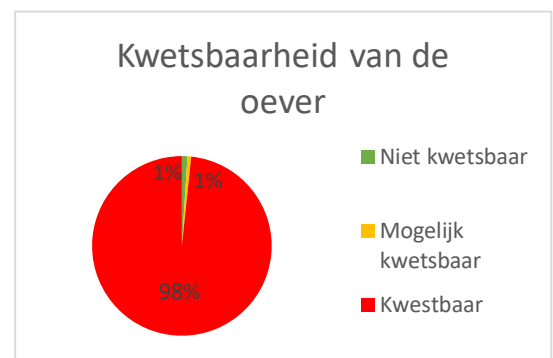
Figuur 4 Kaart die laat zien welke steekproefpunten Hoog, matig of laag geschikt habitat voor de bever nabij hebben binnen rayon Raam noord

Resultaten kwetsbaarheid van de oever

De resultaten van kwetsbaarheid van de oever laten zien dat:

- **98%** van de onderzochte oevers is geclassificeerd als kwetsbaar voor bevergraverij.
- **1%** van de oevers wordt als mogelijk kwetsbaar beschouwd.
- Slechts **1%** van de oevers blijkt niet kwetsbaar te zijn.

Vrijwel alle oevers in het rayon Raam Noord lopen significant risico op schade door bevergraverij op basis van de kwetsbaarheid van de oever. Het kleine aandeel niet kwetsbare en mogelijk kwetsbare oever geeft aan dat de bever in dit gebied vrijwel overal de mogelijkheid heeft om graafschade te veroorzaken.



Figuur 5: Een weergave van de kwetsbaarheid van de oever in procenten.

Conclusie

Conclusie vergelijking risicoanalyses

De vergelijking van risicoanalyses toont zowel overeenkomsten als verschillen tussen de methoden. Alle analyses hebben als doel inzicht te bieden in risico's en schade door bevers.

De huidige risicoanalyse van Aa en Maas bestrijkt zowel schade door dambouw als graverij en omvat alle watergangen, terwijl andere analyses zich beperken tot graverij en specifiek keringen binnen het werkgebied van het waterschap.

De huidige analyse gebruikt een gevolgenanalyse om impactlocaties te identificeren, terwijl andere analyses, zoals die van Terpstra et al. (2022), Van Dorst et al. (2024) en van de Wouw (2023), kans én gevolg combineren. Dit geeft een completer beeld van het risico.

Er zijn aanzienlijke verschillen in gebruikte criteria; alleen het criterium 'verkeerswegen' komt overeen, zoals bij van Dorst et al. (2024). Andere analyses leggen meer nadruk op kans, terwijl de huidige analyse focust op gevolgen. Onder andere analyses komen criteria als habitatgeschiktheid en oeverkwetsbaarheid vaker terug, maar met uiteenlopende definities. Een gedeelde standaard is een afstand van minimaal 20 meter tussen waterloop en kering als lager risico.

De verschillen in definities, indeling en classificatie van criteria bieden ruimte voor nieuwe toevoegingen aan de risicoanalyse.

Conclusie veldonderzoek

Het veldonderzoek had als doel te bepalen welke delen van het onderzoeksgebied geschikt zijn voor bevers en welke kwetsbaar zijn voor graverij, om te beoordelen of de criteria habitatgeschiktheid en oeverkwetsbaarheid in de risicoanalyse moeten worden opgenomen.

In rayon Raam Noord blijkt 75% van de steekproeflocaties matig tot hoog geschikt als beverhabitat, terwijl 25% ongeschikt is door een te lage waterstand. Dit maakt een kwart van de locaties vrijwel ongeschikt als leefgebied en ondersteunt het gebruik van habitatgeschiktheid als criterium voor de risicoanalyse. Hierdoor kan 25% van het gebied als laag risico worden aangemerkt, wat zorgt voor efficiënter middelengebruik binnen het waterschap.

Het onderzoek naar oeverkwetsbaarheid toont aan dat 99% van de locaties kwetsbaar is voor bevergraverij (98% kwetsbaar en 1% mogelijk kwetsbaar), terwijl slechts 1% niet kwetsbaar is. Omdat vrijwel het gehele gebied kwetsbaar is, voegt dit criterium weinig waarde toe aan de risicoanalyse. Het identificeren van enkele niet-kwetsbare locaties levert te weinig op, waardoor opname van dit criterium niet zinvol is.

Discussie

Het doel van dit onderzoek was tweeledig: enerzijds werd onderzocht welke criteria in de huidige analyse overeenkomen met die in de analyses van andere waterschappen en waterbeherende organisaties. Daarnaast werd beoordeeld of de criteria "habitatgeschiktheid" en "geschiktheid van de oever" waardevolle toevoegingen zouden kunnen zijn voor de risicoanalyse van Aa en Maas.

Discussie literatuuronderzoek

De verschillende risicoanalyses hebben als gemeenschappelijk doel het in kaart brengen en beheersen van risico's. Toch verschillen ze sterk in aanpak. Waar andere analyses de kans op schade benadrukken, richt de huidige analyse zich vooral op de gevolgen van beverschade. Hoewel de focus op gevolgen belangrijk is, biedt deze zonder kansberekening een onvolledig beeld. Om de huidige analyse beter aan te laten sluiten bij het doel van waterschap Aa en Maas, is het essentieel om een kans x gevolg analyse toe te passen. Dit wordt al gedaan in de analyse van Van de Wouw (2023) en van Van Dorst et al. (2024), hier wordt gebruik gemaakt van een risicomatrix om de kans en het gevolg van graafschade tegenover elkaar te zetten. Ook het artikel van Aven (2010) laat zien dat een kans x gevolg methode het meest volledige risico weergeeft.

Daarnaast is er geconstateerd dat de huidige analyse breder kijkt dan alleen naar de keringen binnen het waterschap, dit in tegenstelling tot andere risicoanalyses. Het doel van waterschap Aa en Maas is om risico's voor het gehele gebied (en alle waterschapstaken) in kaart te brengen, omdat niet alleen bij de keringen overlast van de bever wordt ervaren. Een analyse van risico's in het hele werkgebied is daarom noodzakelijk (van Bragt, persoonlijke communicatie, 28-11-2024).

Ook is gebleken dat in de huidige analyse zowel naar de schade van dambouw wordt gekeken als naar de schade door graverij (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd). In tegenstelling tot andere analyses waar alleen wordt gekeken naar de schade door graverij (Bijlage 2). Dit zorgt ervoor dat er in de andere analyses geen criteria zijn opgenomen om het risico op dambouw in te schatten. Waterschap Aa en Maas ervaart echter ook overlast door dambouw binnen het werkgebied (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd). Een analyse die zowel de risico's op graverij als dambouw analyseren is daarom noodzakelijk.

De criteria die gebruikt zijn komen in zekere mate overeen. Om de huidige risicoanalyse te verbeteren is gekeken naar welke criteria passen bij het doel van waterschap Aa en Maas. Habitatgeschiktheid is een criterium die in alle analyses terugkomt en de kans op graverij aangeeft. Ook de implementatie van maatregelen/aanwezigheid van beschermingsmaatregelen is een criterium dat veel terugkomt, samen met aanwezigheid van voorland (Hölscher et al. 2022; Terpstra et al. 2022; Van Dorst et al. 2024; Van de Wouw 2023). Deze criteria dragen allemaal bij aan het prioriteren van het risico op graverij. Verkeerswegen is een criterium die al opgenomen is in de huidige risicoanalyse maar ook terugkomt in de analyse van Dorst et al. (2024). Voor een volledig beeld van de risico's is het van belang om dit criterium terug te laten komen in de volgende risicoanalyse.

De definities van criteria komen grotendeels overeen tussen de analyses. Zo wordt habitatgeschiktheid vaak bepaald op basis van de aanwezigheid van bos of groen. De analyses van Terpstra et al. 2022 en Van der Wouw hanteren dezelfde definitie. Wel is dit criterium enkel gebaseerd op expert opinies en vuistregels en niet onderbouwd met literatuur.

Voor andere criteria, zoals de aanwezigheid van bevers, wordt dezelfde methode gehanteerd (aanwezig: hoog risico, afwezig: laag risico). Dit criterium draagt echter minder bij aan de prioritering van risico's, aangezien het risico hoog blijft bij een geschikt habitat. Het criterium 'aanwezigheid van voorland' wordt alleen in de studie van Van der Wouw duidelijk gedefinieerd. Aangezien dit criterium helpt bij het prioriteren van risico's, is deze definitie nuttig voor bredere toepassing.

Er zijn geen andere toepasbare criteria gevonden die bijdragen aan het doel van waterschap Aa en Maas. Bovendien ontbreken duidelijke definities van criteria in de analyse van Larooij (2022), waardoor deze niet vergeleken kunnen worden.

Discussie veldonderzoek

Tijdens het veldonderzoek zijn waardevolle inzichten naar voren gekomen wat betreft de criteria habitat geschiktheid en kwetsbaarheid van de oever.

De resultaten met betrekking tot habitatgeschiktheid tonen aan dat 25% van de onderzochte locaties als laag risico kan worden beschouwd. Dit biedt een belangrijk handvat voor het prioriteren van preventieve maatregelen. Het is echter relevant om op te merken dat alle steekproefpunten zijn geselecteerd langs waterlopen die door het waterschap worden beheerd. De rivier de Maas, waar de primaire keringen van het waterschap zich bevinden, valt buiten het beheer van het waterschap en is daarom niet meegenomen in de steekproef. Dit kan invloed hebben op het percentage locaties dat als kwetsbaar voor graverij wordt beschouwd.

Het criterium *habitatgeschiktheid* is gebaseerd op expertkennis over bevers. Veel definities zijn echter nog breed geformuleerd, omdat er een gebrek is aan exacte gegevens (Swinnen et al., 2017). Zo is bijvoorbeeld de minimale waterdiepte die een bever nodig heeft nog niet precies vastgesteld. Hoewel er richtlijnen bestaan, is het onbekend hoe deze zich vertalen naar situaties waarin geschikt habitat schaars is (Macfarlane et al., 2017). Het advies is daarom om meer onderzoek te doen naar habitatgeschiktheid. Belangrijke punten zijn dan steilheid van de oever voor kans op graverij, het belang van bosjes en hoeveel daarvan, en de minimale waterstand die nodig is voor de bever in de Nederlandse situatie.

Advies

Om tot een verbeterde risicoanalyse te komen is het volgende advies opgesteld. Dit advies is toegespitst op het doel wat waterschap Aa en Maas voor ogen heeft met de risicoanalyse. De analyse als beschreven in dit advies geeft een uitgebreid beeld van de risico's die de bever kan veroorzaken. De analyse is opgesteld voor het gehele werkgebied van waterschap Aa en Maas en daarbij ook alle watergangen en keringen binnen het beheer daarvan.

Uit de resultaten van het literatuuronderzoek is gebleken dat de meest complete risicoanalyse bereikt wordt met een kans x gevolg berekening. De risicoanalyses die van deze berekening gebruik maken doen dit in de vorm van een risicomatrix. Daarbij lijkt de risicomatrix van van de Wouw (2023) het meest volledig door de duidelijke beschrijving van de criteria. Het advies is daarom om deze matrix te volgen in de verbeterde risicoanalyse zijn (bijlage 6). Daarbij worden ook de risico gradaties overgenomen die in deze matrix gebruikt.

Voor zowel graafschade als dambouw is een risicoanalyse wenselijk. Dit omdat het waterschap veel overlast ervaart van dambouw (van Bragt, persoonlijke communicatie, 28-11-2024). Daarom is het advies om een aparte risicoanalyse op te stellen voor dambouw en graafschade.

Dit om diverse redenen: 1) voor dambouw en graafschade verschillende criteria gebruikt worden 2) niet elke locatie die hoog risico is voor graafschade ook hoog risico voor dambouw. 3) voor de onderlinge vergelijkbaarheid op regionaal of landelijk niveau is het wenselijk als risico's op ongevallen door graverij apart worden beschouwd.

Voor zowel dambouw als graafschade wordt er wel een kans x gevolgen berekening opgesteld.

Met het opstellen van dit advies is rekening gehouden met de landelijke vergelijkbaarheid. Dit is terug te zien in een aantal aspecten zoals het apart houden van dambouw en graverij in de risicoanalyses. De kaarten van andere waterschappen die zich alleen op graverij richten zijn dan nog steeds met elkaar te vergelijken.

Daarnaast is ook in de nationale beveraanpak geadviseerd om een bever risicoanalyse te maken. Hierin wordt ook geadviseerd om een kans x gevolgen analyse te maken en dit te combineren in een risicomatrix. Dit komt ook overeen met de aanpak die wordt aanbevolen wat de landelijke vergelijkbaarheid bevordert (Stam et al., ongepubliceerd).

Risicoanalyse graafschade

Het wordt aanbevolen het risico op (ongevallen door) graafschade te bepalen op basis van de volgende criteria voor kans en gevolg.

Kans criteria:

1. Habitatgeschiktheid (Terpstra et al. 2022)
2. Kwetsbaarheid voor graverij op grond afstand tot water, bij normale waterstanden
3. Kwetsbaarheid voor graverij op grond aard kering/oever
4. Kwetsbaarheid voor graverij bij hoogwater op grond van waterhoogte

Gevolgen criteria:

5. Impact op grond van wegtype (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd)
6. Impact op grond van kunstwerken

Een uitwerking van de criteria is opgenomen in bijlage 4. De genoemde criteria worden samengevoegd in een risico matrix weergegeven in Tabel 13

Tabel 13 Risicomatrix voor het risico op graafschade. Een groene kleur verwijst naar een laagrisico, een gele of oranje kleur naar matig risico en een rode kleur verwijst naar een hoog risico. De beslis regel geeft aan welke kleur de criteria moeten hebben om in een bepaalde categorie te vallen.

	Impact door graafschade			
Cumulatieve kans op graverij in kering/oever	Laag	Middelmatig	Hoog	Beslisregel
Laag				Criterium 1 of 3 groen Criterium 2 of 4 groen of geel
Middelmatig				Criterium 1, 2 of 4 oranje
Hoog				Criterium 1, 2 of 3 rood
Beslisregel	Criterium 5: geel en 6 groen	Criterium 5 of 6: oranje	Criterium 5 of 6: rood	

Wat niet is opgenomen in de risico matrix maar wel kan helpen bij het prioriteren van de risico's is de waarde van het achterland. Er kan hierbij onderscheid gemaakt worden tussen stedelijk gebied, landbouw of natuur. Aanbevelen wordt om dit wel mee te nemen in de risicoanalyse.

Risicoanalyse dambouw

De criteria die worden gebruikt om het risico van dambouw te bepalen zijn ook op basis van kans en gevolg. De gebruikte criteria voor kans zijn:

1. Habitatgeschiktheid
2. Waterdiepte (Graham et al., 2020)
3. Breedte watergang (Graham et al., 2020)

De criteria die worden gebruikt om de gevolgen in kaart te brengen zijn als volgt:

4. Impact op grond van NBW-normen
5. Impact op grond van wegtype
6. Impact op grond van riool overstort
7. Impact op grond van kunstwerken
8. Impact van ecologische schade

De criteria zijn uitgewerkt in bijlage 5 en worden samengevoegd in de risicomatrix in Tabel 14.

Het criterium ecologische schade is nog niet vast te stellen op vaste punten omdat deze gevolgen nog niet volledig in kaart zijn gebracht. Daarom wordt er geadviseerd om dit te doen op basis van expert judgement. Plekken waar ecologische belangen in gevaar komen

door bever activiteit worden handmatig aangemerkt op de kaart. Hierbij kan gedacht worden aan plekken waar invasieve exoten als japanse duizendknoop voorkomen.

Tabel 14 Risicomatrix voor het risico op schade door dambouw. Een groene kleur verwijst naar een laagrisico, een gele of oranje kleur naar matig risico en een rode kleur verwijst naar een hoog risico. De beslis regel geeft aan welke kleur de criteria moeten hebben om in een bepaalde categorie te vallen.

	Impact			
Kans op dambouw in waterloop	Laag	Middel	Hoog	Beslisregel
Laag				criterium 1, 2 en 3 groen
Middelmatig				criterium 1, 2 of 3 oranje
Hoog				criterium 1,2 of 3 rood
Beslisregel	Criterium 4, 5, 6 en 7 groen	Criterium 4 of 5 oranje	Criterium 4, 5,6 of 7 rood	

Aan de hand van de risicomatrix en de uitgewerkte criteria kan er een risico kaart worden gemaakt waarop de hoogste prioriteit te zien is. De criteria die zijn opgenomen in de bijlage leiden tot een risicoanalyse die de kans op beverschade voorspelt. De criteria zijn afgestemd op het doel en het werkgebied van waterschap Aa en Maas en komen daarom niet volledig overeen met de andere risicoanalyses die zijn gemaakt.

Aan de hand van de risicoanalyse kan er bepaald worden wat de kosten zouden zijn om alle hoog, matig en lage risicogebieden te beschermen. Dit kan worden gedaan op basis van de kosten die genoemd zijn in de huidige risicoanalyse. Deze zijn opgesplitst in herstelwerkzaamheden en preventieve acties een voorbeeld van hoe deze kosten eruit kunnen zien is weergegeven in Tabel 15 en 16. De kosten in de tabel zijn als voorbeeld en kunnen nog niet gebruikt worden voor echte berekeningen.

Tabel 15 Kosten herstellen van beverschade (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd)

Herstelwerkzaamheden	Prijs
Verwijderen dammen in duikers	€ 350,-
Herstellen graverij	€ 300,-
Baggeren waterloop	€ 3.500, -

Tabel 16 Kosten preventieve acties tegen beverschade (waterschap Aa en Maas, ongepubliceerd)

Preventieve acties	Kosten materiaal + inhuur	Uren eigen personeel

Aanbieden aantrekkelijke alternatieve verblijfplaats binnen territorium (inrichting)	± € 5.000 – € 30.000 per locatie afhankelijk van meekoppelkansen	geen structurele capaciteitsvraag
Grondverwerving en herinrichting van de eerste 20 meter van de oever (grondverwerving à € 10 per m ²)	± € 350.000 per km watergang (één zijde)	geen structurele capaciteitsvraag
Leefomgeving minder interessant maken (snoeien struikgewas/bomen)	± € 500 per boom	geen eigen inzet
Bomen beschermen met gaas	± € 50,- per boom	Afh. van aantal bomen
Graverij onmogelijk maken met beverwerend gaas in oever/kering	± € 200.000 – € 250.000 per km (bij aanbreng in beide oevers) ± € 150.000 – € 200.000 per km (aanbreng in teen kering/in één oever)	geen structurele capaciteitsvraag
Monitoring en inspectie – alleen voorafgaand aan maaiwerkzaamheden	± € 30 per km per jaar	0,3 uur per km per jaar
Monitoring en inspectie – maandelijks monitoren/periodiek opschalen	± € 360 per km per jaar (bij maandelijks monitoren)	3,6 uur per km per jaar (bij maandelijks monitoren)
Aanleg hoogwatervluchtplaatsen	± 100.000 per locatie (zeer variabel afhankelijk van situatie)	1 fte per jaar voor alle locaties samen

Literatuurlijst

- Aa en Maas in cijfers*. (n.d.). Waterschap Aa En Maas. <https://www.aaenmaas.nl/overons/aa-maas-cijfers/>
- Aven, T. (2010). On some recent definitions and analysis frameworks for risk, vulnerability, and resilience. *Risk Analysis*, 31(4), 515–522. <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01528.x>
- Bayoumi, A., & Meguid, M. A. (2011). Wildlife and Safety of Earthen Structures: A review. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 11(4), 295–319. <https://doi.org/10.1007/s11668-011-9439-y>
- Brasington, T. (2023). *Beavers: Ecology, Behaviour, Conservation, and Management*. 2022.
- FrankRosell and RóisínCampbell-Palmer. *Journal of Wildlife Management*, 87(6). <https://doi.org/10.1002/jwmg.22420>
- Brazier, R. E., Puttock, A., Graham, H. A., Auster, R. E., Davies, K. H., & Brown, C. M. L. (2020). Beaver: Nature's ecosystem engineers. *Wiley Interdisciplinary Reviews Water*, 8(1). <https://doi.org/10.1002/wat2.1494>
- Faunabeheereenheid Limburg. (2017). Faunabeheerplan Bever 2017-2020. In *Faunabeheerplan Bever 2017-2020* (p. 2) [Report]. <https://limburg.faunabeheereenheid.com/wp-content/uploads/sites/8/2016/06/FBP-Bever-2017-2020-Limburg-PDF.pdf>
- Graham, H. A., Puttock, A., Macfarlane, W. W., Wheaton, J. M., Gilbert, J. T., Campbell-Palmer, R., Elliott, M., Gaywood, M. J., Anderson, K., & Brazier, R. E. (2020). Modelling Eurasian beaver foraging habitat and dam suitability, for predicting the location and number of dams throughout catchments in Great Britain. *European Journal of Wildlife Research*, 66(3). <https://doi.org/10.1007/s10344-020-01379-w>
- Hölscher, R., De Gruiter, M., Evers, W., & Van Dijk, G. J. (2022). *Risico Inventarisatie Bevers: Een zoektocht naar een gewenst evenwicht*. WDOD.
- Kenniscentrum bever. (n.d.). *Knelpunten en oplossingen*. Kenniscentrum Bever. <https://www.kenniscentrumbever.nl/knelpunten-oplossingen/burchthol-op-ongewenste-plek?solution=solution-87>
- Klavers, H. C. (2024, September 25). *De invloed van bevergraverij op de waterveiligheid* [Press release]. H2O/Waternetwerk. Retrieved December 3, 2024, from <https://www.h2owaternetwerk.nl/vakartikelen/de-kans-op-bevergraverij-in-de-keringen-van-hoogheemraadschap-schieland-en-de-krimpenerwaard>

- Kurstjens, G., Niewold, F., Kurstjens Ecologisch adviesbureau, & Niewold Wildlife Infocentre. (2011). *De verwachte ontwikkelingen van de beverpopulatie in Nederland: naar een bevermanagement* (By Faunafonds). http://www.biesbosch.nu/magazine/PDF_bestanden/Naar%20een%20bevermanagement.pdf
- Larooij, A. (2022). *Risicoanalyse graafschade waterkeringen door zoogdieren bij waterschap Aa en Maas*.
- Macfarlane, W. W., Wheaton, J. M., Bouwes, N., Jensen, M. L., Gilbert, J. T., Hough-Snee, N., & Shivik, J. A. (2017). Modeling the capacity of riverscapes to support beaver dams. *Geomorphology*, 277, 72–99. <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2015.11.019>
- Nederlands Soortenregister*. (n.d.). https://www.nederlandsesoorten.nl/linnaeus_ng/app/views/species/nsr_taxon.php?id=139028&cat=172
- Rosell, F., & Campbell-Palmer, R. (2022). Beavers. In *Oxford University Press eBooks*. <https://doi.org/10.1093/oso/9780198835042.001.0001>
- Saveljev, Stubbe, M., Stubbe, A., Unzhakov, & Kononov. (2020). *Natural Movements of Tagged Beavers in Tyva*. Russian Journal of Ecology. https://www.academia.edu/download/44496911/Natural_Movements_of_Tagged_Beavers_in_T20160406-32549-10qpqty.pdf
- Seljee, F., Ward, S. F., Sijsma, I., De Jong, R., & Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek. (2023). Prognose populatieontwikkeling van de bever in Fryslân. In *A&W-rapport 23-073* [Report]. <https://www.altwym.nl/wp-content/uploads/2024/04/AW-rapport-23-073-Prognose-beverpopulatie-fryslan-Definitief-15-12-2023.pdf>
- Stam, M., Jacobs, D., & Zwikstra, W. (ongepubliceerd.). *Nationale beveraankpak*.
- Swinnen, K. R. R., Strubbe, D., Matthysen, E., & Leirs, H. (2017). Reintroduced Eurasian beavers (*Castor fiber*): colonization and range expansion across human-dominated landscapes. *Biodiversity and Conservation*, 26(8), 1863–1876. <https://doi.org/10.1007/s10531-017-1333-9>
- Taylor, J. D. (2018). *The Eurasian Beaver Handbook: Ecology and Management of Castor fiber*. Róisín Campbell-Palmer, Derek Gow, Ruairidh Campbell, Helen Dickinson, Simon Girling, John Gurnell, Duncan Halley, Simon Jones, Skip Lisle, Howard Parker, Gerhard Schwab, and Frank Rosell. 2016. Pelagic Publishing, Exeter, U.K. 202 pp. \$49.07 paperback. ISBN 978-1-78427-113-8. *Journal of Wildlife Management*, 82(6), 1321–1322. <https://doi.org/10.1002/jwmg.21454>

- Terpstra, M., De Jonge-Stegink, C., Dijkstra, V., & Bos, D. (2021). Beverbeheerplan Groningen en Drenthe. In *Beverbeheerplan Groningen En Drenthe* (Report rapport 19-402). Provincie Groningen/Groningen. <https://www.altwym.nl/wp-content/uploads/2021/03/DEF-hoog-resolutie-en-toegankelijke-versie-Beverbeheerplan-Groningen-en-Drenthe-2021-2025-v10-.pdf>
- Terpstra, M., De Jonge-Stegink, C., Dijkstra, V., & Bos, D. (2022). *Regionale risico-inventarisatie bevergraverij in spoortaluds*. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek bv.
- Ulevičius, A., Jasiulionis, M., Jakštienė, N., & Žilys, V. (2009). Morphological alteration of land reclamation canals by beavers (*Castor fiber*) in Lithuania. *Proceedings of the Estonian Academy of Sciences Biology Ecology*, 58(2), 126. <https://doi.org/10.3176/eco.2009.2.06>
- Van de Wouw, N. (2023). *Kwetsbaarheid van keringen voor graverij door de bever (Castor fiber) binnen de provincie Fryslân*. Hogeschool Van Hall Larenstein.
- Van Den Berg, F., Deltares/ SITO, & Meindert Van. (2022). *Veiligheidsraamwerk dierlijke graverijen in waterkeringen* (pp. 2–29). https://publications.deltares.nl/11208018_002_0001.pdf
- Van Dorst, M., Van der Linden, J., & Groot, S. (2024). *Risicoanalyse en maatregelen bever en das. Rijkswaterstaat kanalen Noord-Brabant en Limburg*.
- Waterschap Aa en Maas. (ongepubliceerd). *Beverplan Waterschap AA en Maas*.
- Waterschap Aa en Maas. (z.d.). *Ontdek ons werk*. Geraadpleegd op 11 september 2024, van <https://www.aaenmaas.nl/onswerk/>

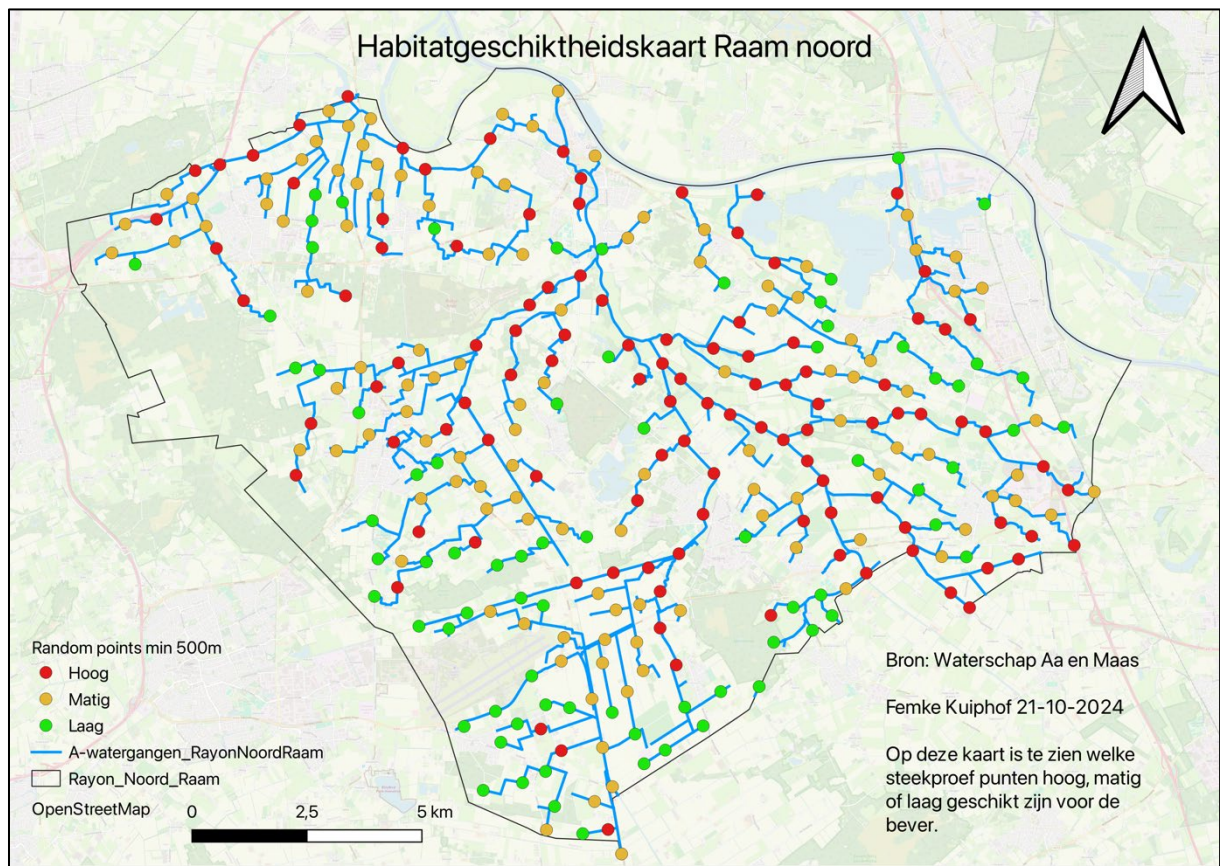
Bijlage 1: Huidige risicoanalysekaart

Bijlage 2: Vergelijking tussen criteria

Tabel 17: Overeenkomsten en verschillen tussen criteria van de verschillende risicoanalyses

	Habitat geschiktheid	Beschermingsmaatregelen, Kwetsbaarheid oever/kering	Aanwezigheid voorland	Aanwezigheid bevers
Hölscher et al. 2022		Laag: Damwand of steenbekleding Hoog: geen damwand of steenbekleding	Laag: voorland aanwezig Hoog: geen voorland aanwezig	
Terpstra et al. 2022	Laag: geen water/bos of alleen bos Middelmatig: Alleen water Hoog: zowel water als bos	Hoog: kwetsbaar Laag: afwezig		Hoog: aanwezig Laag: afwezig
Van Dorst et al. 2024	Begroeiing Groen: >20 van kanaal Geel: 10-20 van kanaal Oranje: 0-10 van kanaal Bodemsoort: Geel: klei/leem Oranje: zand	Laag: plekken waar maatregelen zijn genomen Groen: staal, beton Geel: stortsteen Oranje: hout, rijkendam, natuurvriendelijke oever		
Van de Wouw 2023	Laag: geen water/bos of alleen bos Middelmatig: Alleen water Hoog: zowel water als bos	Niet kwetsbaar: damwand van kunststof of staal of graafwerend gaas aanwezig Kwetsbaar: niet graafwerend of tolerant tegen graverij	Bijna niet kwetsbaar: 30-50 m en >50 m tot water Matig kwetsbaar: 20-30 m tot water Kwetsbaar: 10-20 m tot water Zeer kwetsbaar: 0-10 m tot water	Laag: afwezig Hoog: aanwezig

Bijlage 3: Steekproefpunten kaart rayon Raam-noord



Figuur 6 Kaart die laat zien welke steekproefpunten Hoog, matig of laag geschikt zijn voor de bever binnen rayon Raam noord

Bijlage 4: Criteria kans en gevolg bij graverij in oever/keringen

In deze bijlage zijn de tabellen weergegeven die de criteria beschrijven. In deze tabellen is te zien per criteria wat de weging is van het criterium en hoe deze gedefinieerd wordt. Dit is gedaan voor zowel graverij als dambouw.

Tabel 18 Criterium 1: kwetsbaarheid voor graverij op grond van habitatgeschiktheid

Habitatgeschiktheid	Toelichting	Aanwezigheid water of bos/struweel <20 m	Kans op schade door bevergraverij
Laag	De bever zal hier niet komen	Geen water en geen bos/struweel	Geen
Laag		Alleen bos/struweel	Geen
Middelmatig	Bevers kunnen hier komen, afhankelijk van aanwezigheid voedsel en dekking	Alleen water	Niet te verwaarlozen kans
Hoog	Bevers zullen hier komen, er is water, voedsel en dekking	Zowel water als bos/struweel <20 m	Grote kans

Tabel 19 Criterium 2: Kwetsbaarheid voor graverij op grond afstand tot water, bij normale waterstanden

Kwetsbaarheid	Toelichting	Afstand tot water	Kans op schade aan kering/oever door bevergraverij
Bijna niet kwetsbaar	De afstand van water tot kering is te groot bij normale waterstanden	>50 m	Geen
Matig kwetsbaar	Een bever kan in de kering graven, maar de kans is gering	30-50 m	Zeer kleine kans
Kwetsbaar	Een bever kan in de kering graven	20-30 m	Kleine kans
Zeer kwetsbaar	Een bever kan in de kering graven	10-20 m	Niet te verwaarlozen kans
Zeer kwetsbaar	Een bever kan in de kering graven	0-10 m	Grote kans

Tabel 20 Criterium 3: Kwetsbaarheid voor graverij op grond van de aard kering

Kwetsbaarheid	Toelichting	Aard kering, graafwerendheid	Kans op schade aan de kering/oever door bevergraverij
Niet kwetsbaar	Een bever kan niet in de kering graven	Doelmatig graafwerend of tolerant tegen graverij, damwand van kunststof of staal of graafwerend gaas aanwezig	Geen
Kwetsbaar	Een bever kan in de kering graven	Niet graafwerend of tolerant tegen graverij, geen damwand van kunststof of staal of graafwerend gaas aanwezig	Graverij niet uit te sluiten

Tabel 21 Criterium 4: Kwetsbaarheid voor graverij bij hoogwater op grond van waterhoogte

Kwetsbaarheid	Toelichting	Waterhoogte en afstand tot water bij hoogwater	Kans op schade aan de kering/oever door bevergraverij
Nauwelijks kwetsbaar	Zolang het water niet tot aan de teen van de kering staat is er weinig aan de hand. Pas vanaf het moment dat de kering met de voet in het water komt, loopt men het risico dat bevers in de kering gaan graven	Maatgevend hoogwater niet tot kernzone	Geen
Kwetsbaar	Een bever kan in een kering graven	Maatgevend hoogwater deels tot kernzone	Zeer kleine kans
Kwetsbaar	Een bever kan in de kering graven	Maatgevend hoogwater tot kernzone	Niet te verwaarlozen kans

Tabel 22 Criterium 5: Impact nabijheid van weg type

Impact	Toelichting	Afstand tot oever/kering	Gevolgen van bevergraverij
Laag	Onverharde wegen, voet- en fietspaden	Onverharde wegen of voet- en fietspaden <20 m van oever/kering	Klein
Matig	Lokale wegen	Lokale wegen <20 m van oever/kering	Niet te verwaarlozen gevolgen
Hoog	Rijks- en N-wegen	Rijks- of N-wegen <20 m van oever/kering	Grote gevolgen

Tabel 23 Criterium 6: impact nabijheid van kunstwerken

Impact	Toelichting	Risicozone tot sluis/stuw/vispassage/brug/kering	Gevolgen
Laag	Graverij buiten 20 meter rondom kunstwerk	Sluis/duiker/stuw/vispassage	Klein
Matig	Graverij binnen 20 meter rondom kunstwerk	Duiker/stuw/vispassage	Niet te verwaarlozen gevolgen
Hoog	Graverij binnen 20 meter rondom keringen	Kering	Grote gevolgen

Bijlage 5: Criteria kans en gevolg bij dambouw

Tabel 24: Criterium 1 kans op dambouw op basis van waterdiepte

Kwetsbaarheid	Toelichting	Waterdiepte	Kans op schade door dambouw
Laag	De waterdiepte is te groot om een dam te kunnen bouwen	Waterstand >1,5	Geen
Matig	Waterdiepte is te laag om dambouw met zekerheid uit te sluiten	Waterstand 0,7-1,5	Klein
Hoog	Waterdiepte is te laag om dambouw uit te sluiten	Waterstand <0,7 m	Groot

Tabel 25 criterium 2: kans op dambouw op basis van de breedte van de watergang

Kwetsbaarheid	Toelichting	Breedte watergang	Kans op schade door dambouw
Laag	De breedte van de watergang is te breed om een dam te bouwen	Breedte watergang >8 m	Geen
Matig	De breedte van de watergang is te small om met zekerheid uit te kunnen sluiten dat dambouw optreedt	Breedte watergang 5-8 m	Klein
Hoog	De breedte van de watergang is te small om dam bouw te kunnen uitsluiten	Breedte watergang <5 m	Groot

Tabel 26 Criterium 3 kans op dambouw op basis van habitatgeschiktheid

Habitatgeschiktheid	Toelichting	Aanwezigheid water of bos/struweel <20 m	Kans op schade door dambouw
Laag	De bever zal hier niet komen	Geen water en geen bos/struweel	Geen
Laag		Alleen bos/struweel	Geen
Middelmatig	Bevers kunnen hier komen, afhankelijk	Alleen water	Niet te verwaarlozen kans

	van aanwezigheid voedsel en dekking		
Hoog	Bevers zullen hier komen, er is water, voedsel en dekking	Zowel water als bos/struweel <20 m	Grote kans

Tabel 27 Criteria 4 gevolgen door dambouw op basis van NBW-normen

Impact	Toelichting	NBW-norm	Gevolg door dambouw
Klein	Het overstromen van het perceel heeft geen grote gevolgen	Geen NBW-nomen	Geen
Matig	Het overstromen van het perceel heeft aanzienlijke gevolgen	NBW50	Niet te verwaarlozen gevolg
Hoog	Het overstromen van het perceel heeft grote gevolgen	NBW100	Groot

Tabel 28 Criteria 5: gevolgen van dambouw op basis van wegtype

Impact	Toelichting	Verkeerswegen	Gevolgen door dambouw
Laag	Onverharde wegen, voet- en fietspaden	Onverharde wegen of voet- en fietspaden	Klein
Matig	Lokale wegen	Lokale wegen	Niet te verwaarlozen gevolgen
Hoog	Rijks- en N-wegen	Rijks- en N-wegen	Grote gevolgen

Tabel 29 Criterium 6 gevolgen van dambouw op basis van de aanwezigheid van een riool overstort

Impact	Toelichting	Aanwezigheid riool overstort	Gevolgen door dambouw
Laag	Er is geen riool overstort aanwezig bij de waterloop	Afwezig	Geen
Hoog	Er is wel een riool overstortaanwezig bij de watergang	Aanwezig	Groot

Tabel 30 Criterium 7: impact nabijheid van kunstwerken

Impact	Toelichting	Risicozone tot duiker/ stuw/vispassage	Gevolgen
Laag	Dambouw buiten 20 meter rondom kunstwerk	Duiker/stuw/vispassage	Klein
Hoog	Dambouw binnen 20 meter rondom kunstwerk	Duiker/stuw/vispassage	Groot

Tabel 31 Criterium 8: ecologische schade door dambouw

Impact	Toelichting	Voorbeelden	Gevolgen dambouw
Laag	Geen ecologische gevolgen		Geen
Matig	Ecologische gevolgen die geen grote impact hebben	Minder optimaal habitat voor doelsoorten KRW door verandering stroomsnelheid	Niet te verwaarlozen gevolgen
Hoog	Ecologische gevolgen die grote impact hebben	Verspreiding van exoten	Grote gevolgen

Bijlage 6: Risicomatrix Van de Wouw (2023)

	Impact			
Cumulatieve kans op graverij in kering	Laag	Middelmatig	Hoog	Beslisregel
Laag				criterium 2 en criterium 3 beide geel
Middelmatig				criterium 2 en/of 3 oranje
Hoog				criterium 2 of 3 rood
Beslisregel	Criterium 9 groen of geel	Criterium 9 oranje	Criterium 9 rood	

Figuur 7 Risicomatrix door van de Wouw (2023)