

Graverij door dieren

Verschillende praktijkcases, inspectietechnieken en uitsplitsing invloed op overstromingskans



Graverij door dieren

Verskillende praktijkcases, inspectietechnieken en uitsplitsing invloed op overstromingskans

Graverij door dieren

Verskillende praktijkcases, inspectietechnieken en uitsplitsing invloed op overstromingskans

Opdrachtgever	RWS-WVL
Contactpersoon	Reindert Stellingwerff
Referenties	SITO-PS 2023 WWH02
Trefwoorden	Dierlijke graverijen, bever, waterkeringen, indirect mechanisme

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	06-12-2023
Projectnummer	11209262-001
Document ID	11209262-001-ZWS-0001
Pagina's	55
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

	Frans van den Berg Andre Koelewijn	

Samenvatting

Het is essentieel om Nederland waterveilig te houden. Nederland is een van de weinige landen in de wereld dat hiertoe beschermingsnormen heeft opgesteld. Mocht er iets mis gaan met de waterveiligheid dan heeft heel Nederland hier groot nadeel van: slachtoffers, economische schade, langdurige ontwrichting. Samen met vele andere partijen voert Deltares onderzoek uit naar de waterveiligheid. Dit gebeurt onder andere in het SITO-project Versterking Onderzoek Waterveiligheid (VOW) voor Rijkswaterstaat, waarvan dit rapport een deelproduct is.

Praktijkcases

Dierlijke graverijen in waterkeringen kunnen afhankelijk van locatie, graver en andere factoren een negatief effect hebben op de overstromingskans van de betreffende kering. In dit rapport is nader onderzoek uitgevoerd in de vorm van veldinventarisaties en gesprekken met dijkbeheerders om van een aantal aspecten van dierlijke graverijen een beeld te krijgen en kennis op te halen. Dit is in 2023 uitgevoerd door een bezoek aan diverse locaties bij de Waterschappen Limburg en Hunze en Aa's en bij Rijkswaterstaat Zuid-Nederland.

De observaties en toelichting door de beheerders tonen aan dat dierlijke graverijen in toenemende mate een bedreiging kunnen vormen voor waterkeringen, met name voor dijken. Bij bespreking van de problematiek met beheerders meldden zij dat wet- en regelgeving nog niet goed zijn toegesneden op de toenemende dreiging, waardoor tegenstrijdige belangen tussen waterveiligheid en ecologie belemmerend kunnen werken.

De bever is succesvol geherintroduceerd in Nederland. Iedere bever heeft een eigen territorium nodig waarin geen andere bevers worden geduld. Voor de bever geldt dat nog niet alle beverpopulaties met elkaar zijn verbonden, maar de kans daarop neemt toe met de jaren. Het vangen van de bever gebeurt nog steeds, maar er zijn nagenoeg geen plekken meer beschikbaar om de bever uit zetten in gebieden waar de bever zonder bezwaar kan leven. Niet alleen Nederland is vol, maar ook in het (Europese) buitenland is er doorgaans geen ruimte voor de bever.

Detectiemogelijkheden

Informatie is verzameld op de Kennisdag Dierlijke Graverij door het geven van een workshop. De deelnemers gaven aan dat de kans op het vinden van alle graverijen als zeer klein werd geschat: een groepsgemiddelde score van 1,3 op een schaal van 1 tot 5, waarbij voor 5 geldt dat alle graverijen gevonden worden. Door de deelnemers zijn verschillende detectiemethoden als goedwerkend aangemerkt, maar opvallend is dat voor sommige detectiemethoden deze juist weer door andere deelnemers als niet goedwerkend werden beschouwd. Consensus over de beste methoden bestaat nog niet. Misschien zijn verschillende methodes geschikt voor verschillende omstandigheden of is een combinatie van technieken het meest geschikt.

Door Deltares wordt gepleit voor een tweetrapsraket, waarbij eerst grof (over een lang traject) wordt gekeken waar de graverij zich bevindt, om vervolgens met een nauwkeurige detectiemethode de grootte en het ruimtelijk verloop te bepalen van de lokale situatie.

Voor de grove methode kan gebruik gemaakt worden van onder andere visuele methode, sonarbeelden, satellietbeelden, drones, glasvezels et cetera. Middels deze methode kunnen verdachte locaties, zoals verzakkingen worden opgespoord en vervolgens nader onderzocht worden met lokale nauwkeurige methoden. Deze methoden kunnen bestaan uit (een

combinatie van) visuele inspectie, hitte camera, rookbommen, vine robots et cetera, Hiermee kan bijvoorbeeld de ruimtelijk oriëntatie en het volume van de graverij worden bepaald.

Invloed op overstromingskansen

In mei 2023 is een tabel gepubliceerd waarin – met onderbouwing – is aangegeven binnen welke bandbreedte de overstromingskansen van de Nederlandse primaire waterkeringen in ongunstige zin beïnvloed kan worden gegeven de aanwezigheid van een graverij (en een hoogwater). Hierbij zijn vijf (groepen van) diersoorten onderscheiden en eveneens vijf verschillende initiële faalmechanismen.

Deze rapportage bevat hierop een aanvulling, door een splitsing te geven van de gepubliceerde tabel naar de samenstelling van de dijk: een kleibekleding met een zandkern, een kleidijk en een zanddijk. De eerstgenoemde variant is het meest kwetsbaar, met name voor graverijen door bevers en dassen voor de uitspoeling door een gat in de bekleding en voor terugschrijdende erosie (piping) in de ondergrond.

Doorkijk naar 2024

Voor 2024 worden de volgende twee activiteiten voorzien, gericht op verschillende doelgroepen die hier in de praktijk mee te maken hebben:

1. Een praktische handreiking, met als doelgroep de dijkbeheerder, om te bepalen welke schades tot welke problemen (faalmechanismen) leiden. Hierbij zal ook worden ingegaan op de vraag hoe op een effectieve wijze interventie kan plaatsvinden indien dat nodig is om het risico op een dijkdoorbraak binnen aanvaardbare grenzen te houden.
2. Een “(concept-) Toepassingskader dierlijke graverijen bij beoordeling en ontwerp”, waarmee de potentiële invloed van graverijen per onderscheiden directe faalmechanisme binnen een beperkte bandbreedte kan worden ingeschat per dijkstrekking. Dit dient zowel ter ondersteuning van de beoordeling als voor ontwerpen.

Tussen punt 1 en punt 2 zit een duidelijke correlatie die in de uitwerking meegenomen moet worden. Inspectie, detectie en maatregelen verkleinen de overstromingsrisico's.

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	8
1.1	Context	8
1.2	Doel	8
1.3	Aanpak	9
1.4	Leeswijzer	9
2	Praktijkcases	10
2.1	Inleiding	10
2.2	Observaties Waterschap Limburg	11
2.2.1	Algemeen	11
2.2.2	Observaties	11
2.3	Observaties Rijkswaterstaat Zuid-Nederland	11
2.3.1	Algemeen	11
2.3.2	Observaties	12
2.4	Observaties Waterschap Hunze en Aa's	12
2.4.1	Algemeen	12
2.4.2	Observaties	13
2.5	Opgedane inzichten	15
2.6	Vast te leggen gegevens over bevergraverijen in waterkeringen	15
3	Detectiemogelijkheden en maatregelen	17
3.1	Inleiding	17
3.2	Informatie van de beheerders	17
3.3	Workshop over detectiemethoden	19
3.4	Verdere ideeën over detectiemaatregelen	21
3.4.1	Algemeen	21
3.4.2	Vine robots	21
3.4.3	Hittecamera's met rookbommen	22
3.4.4	Speurhonden	22
3.4.5	Varende drone	23
3.4.6	Glasvezel	24
3.4.7	Van grof naar fijn	24
4	Invloed op overstromingskansen	26
4.1	Inleiding	26
4.2	Splitsing naar samenstelling dijk	26
4.2.1	Werkwijze en toepasbaarheid	26
4.2.2	Zandkern met kleibekleding	27
4.2.3	Kleidijk (kern en bekleding van klei)	29

4.2.4	Zanddijk (zonder klei)	30
4.2.5	Evaluatie	31
5	Conclusies	32
5.1	Cases	32
5.2	Detectiemethode	32
5.3	Invloed op overstromingskansen	33
5.4	Doorkijk naar 2024	33
	Referenties	34
A	Observaties Waterschap Limburg	36
A.1	Algemeen	36
A.2	Verschillende observaties langs de Niers	36
A.3	Overige observaties en mondelinge mededelingen	39
A.4	Oplossingsrichtingen	40
B	Observaties Rijkswaterstaat Zuid-Nederland	41
B.1	Algemeen	41
B.2	Verschillende observaties in het beheergebied	41
C	Observaties Waterschap Hunze en Aa's	46
C.1	Algemeen	46
C.2	Ontgraven van het beverhol	46
C.3	Verschillende observaties in het beheergebied	48
C.4	Verlag van het uitgraven en aanvullen van de bevergraverij	54

1 Inleiding

1.1 Context

In de Verenigde Staten is de bever de oplossing van vele problemen, zo stelde Daan Bos (lector Van Hall Larenstein) als dagvoorzitter bij de graverijendag van de STOWA op 28 juni 2023 Erosion? Flooding? Forest Fires? Too much CO₂? Daar hebben ze de bever omarmd als oplossing tegen vele kwalen, zie Figuur 1.1. En bevers kunnen als waterbouwers- via het bouwen van dammen en het omknagen van bomen – een belangrijke bijdrage leveren aan waterconservering, het vasthouden van water en het remmen van de waterafvoer. Dan moet je de bever wel de ruimte geven, want anders blijft die invloed beperkt.



Figuur 1.1 De bever als oplossing tegen vele kwalen (Bos, 2023).

De vraag is dan of dit in Nederland op dezelfde manier werkt: ‘Hoeveel ruimte geef je de bever als beschermde diersoort in Nederland en wat zijn hiervan de consequenties voor de lijninfrastructuur als waterkeringen en (spoor)wegen?’

Een vergelijkbare vraag geldt voor andere diersoorten die als natuurlijk gedrag graven, zoals de das – eveneens beschermd – en de vos en het konijn – niet beschermd, maar ook niet beschouwd als een plaagsoort die vrijelijk bejaagd mag worden. Plaagsoorten die ook graven in waterkeringen zijn beverratten, muskusratten, mollen, woelratten en muizen. Voor al deze diersoorten is het de vraag in hoeverre hun graafactiviteiten bedreigend kunnen zijn voor de primaire functies van waterkeringen en andere lijninfrastructuur, zoals wegen en spoorwegen.

1.2 Doel

Het hoofddoel voor de werkzaamheden beschreven in dit rapport richt zich op hoe de dijkbeheerder ondersteund kan worden bij zijn werkzaamheden in geval van een dierlijke graverij in de waterkering. Hierbij wordt vanuit de dijk (de asset) geredeneerd. Om het doel te bereiken zijn 3 onderdelen uitgewerkt:

- Het uitwerken van cases om tot een beschrijvingsformat te komen.
- Het opstellen van functionele eisen voor detectiemethodieken.
- Het bepalen wat welke toename van overstromingskans past bij verschillende opbouwen van een dijk.

1.3 Aanpak

Voor de 3 genoemde onderdelen bij het doel, is de navolgende aanpak gehanteerd:

1) Uitwerken Cases

In 2022 is door Van den Berg & Koelewijn een aantal cases/ observaties uitgevoerd bij 18 locaties bij 3 verschillende waterschappen (Waterschap Drents Overijsselse Delta, Waterschap Rivierenland en Waterschap Brabantse Delta). Het doel van dat onderzoek was om de effecten op de waterkering te kunnen kwantificeren. In het huidige onderzoek is een aanvullend aantal cases/ observaties uitgevoerd bij twee waterschappen Hunze en Aa's en Waterschap Limburg, en verder langs de bedijkte kanalen bij Rijkswaterstaat Zuid-Nederland (RWS-ZN). Hiermee is een meer landsdekkende indruk van de problematiek verkregen en een format voor beschrijving gegeven, waarmee een beheerder voldoende gegevens vast kan leggen voor uitbreiding van een waarnemingen bibliotheek.

2) Detectiemethodieken

In 2019 is een start gemaakt om de verschillende detectiemethodieken in kaart te brengen (Kieftenburg et al., 2019). Dit jaar ligt de focus op het verdere onderzoek naar de functionele eisen die gesteld kunnen worden aan geschikte detectiemethoden zoals die door de beheerders worden gezien. Deze informatie is opgehaald bij de locatiebezoeken met de verschillende dijkbeheerders en op de Kennisdag Graverij van de STOWA.

3) Invloed dijkopbouw op overstromingskans graverij

Op de bestaande tabel met schattingen van toename van overstromingskansen door graverij is een nuancering uitgevoerd door deze te splitsen naar type dijk. Dit kan bruikbaar zijn voor dijkbeheerders en is daarom ook in dit rapport opgenomen.

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zijn de verschillende observaties beschreven van de bezoeken bij de waterschappen en RWS-ZN. In hoofdstuk 3 zijn de resultaten van een workshop over detectiemethoden besproken en de verschillende kansrijke detectiemethoden. Hoofdstuk 4 geeft de invloed van graverij op de overstromingskansen, uitgesplitst naar verschillende dijktypen, en hoofdstuk 5 sluit af met de conclusie en een advies voor onderzoek in 2024.

2 Praktijkcases

2.1 Inleiding

Om een beeld te krijgen, en kennis op te halen, van de invloed van dierlijke graverijen op waterkeringen in dagelijkse omstandigheden is in 2023 een tweetal waterschappen en Rijkswaterstaat Zuid Nederland (RWS-ZN) bezocht. De waterschappen zijn Waterschap Limburg en Waterschap Hunze en Aa's.

In de navolgende paragrafen is een uitwerking gegeven van de gedane observaties bij de drie bezoeken. In de Bijlagen A, B en C is per case een uitgebreid verslag weergegeven, inclusief foto's van de bezochte waterschappen en RWS- ZN.



Figuur 2.1 Bezochte locaties (blauw= beheergebied Waterschap Limburg, groen= beheergebied Waterschap Hunze en Aa's, rood=beheergebied RWS-ZN). (bron:openstreetmap.org).

2.2 Observaties Waterschap Limburg

2.2.1 Algemeen

Bij het Waterschap Limburg (WL) is op 18 juli 2023 een aantal locaties bezocht waar dierlijke graverijen aanwezig waren. De dierlijke graverijen bestond uit graverijen van bevers, dassen en konijnen.

De locaties zijn gezamenlijk bezocht door:

- Marko Sanders (WL) muskus- en beverrattenbestrijder.
- André Koelewijn en Frans van den Berg (Deltares).

Bij het Waterschap Limburg zijn er ca. 17 muskus/beverratbestrijders actief.

De observaties zijn gedaan langs de rivier de Niers in en rondom Gennep. Deze rivier ontspringt in Duitsland en mondt bij Gennep uit in de Maas.

In Bijlage A is een verslag opgenomen van de verschillende observaties.

2.2.2 Observaties

De populatieschatting van de bever voor begin 2020 voor heel Limburg komt uit op ca. 900-1000 exemplaren (Kurstjens, 2020). Uit hetzelfde onderzoek volgt dat er sprake is van een gemiddelde toename van de populatie met 45,5% gedurende de periode 2016-2020.

In 1994 zijn 10 bevers door stichting ARK (<https://www.ark.eu/>) uitgezet in de Millingerwaard. Vanaf 2002 zijn ook bevers uitgezet in Limburg, waaronder ook in de Niers bij Gennep. De uitgezette bevers kwamen allen uit de omgeving van de Elbe en zijn bruin van kleur. Spoedig na de uitzetting werden er in 2002 ook bevers waargenomen met een zwarte pels. Deze waren waarschijnlijk afkomstig uit de Eiffel in Duitsland. Het is onbekend hoe deze hier terecht zijn gekomen. Ondertussen hebben de beide populaties zich gemixt. Het doel was destijds dat er een stabiele populatie van 600 -700 bevers zou ontstaan. Momenteel zijn er naar schatting ruim 2000 in het beheergebied van het Waterschap in Limburg aanwezig en de groei gaat nog door.

De bever wordt gevangen in speciale grote kooien met sensors, zodat er direct geacteerd kan worden als een bever in de kooi terecht komt. Vervolgens wordt bepaald of overplaatsing mogelijk is (een ander gebied, andere provincie, ander land, dierentuin of waar mogelijk). Zo'n 10 jaar geleden zijn er plannen geweest om de gevangen bevers in Drenthe en Groningen uit te zetten. Dit is destijds een enkele maal gebeurd, maar sindsdien niet meer. Er zijn ook plannen geweest om de bever naar Engeland te verplaatsen, maar dat plan is uiteindelijk nooit uitgevoerd.

Toekomst

Sanders geeft aan dat men landelijk veel eerder actie had moeten nemen met de problematiek rondom bever- en dassengraverijen. Het landelijk op te stellen beverprotocol biedt echter hoop voor de toekomst.

2.3 Observaties Rijkswaterstaat Zuid-Nederland

2.3.1 Algemeen

Bij Rijkswaterstaat Zuid-Nederland (RWS-ZN) is op 19 juli 2023 een aantal locaties bezocht waar dierlijke graverijen aanwezig waren. Het betreft hier scheepvaartkanalen en de aanliggende kanaaldijken, waar RWS-ZN het beheer over heeft. De dierlijke graverijen bestonden uit graverijen door bevers.

De bezochte locaties zijn:

- Aasterberg en omgeving (tussen het Julianakanaal en de Oude Maas).
- Julianakanaal in Echt-Susteren nabij de Illikhovenbrug (Verloren van Themaatweg).

De locaties zijn gezamenlijk bezocht door:

- Jasper Schutte (RWS-ZN).
- André Koelewijn en Frans van den Berg (Deltares).

Aan het overleg over de graverijen na het locatiebezoek namen ook Hans van Wanrooij (RWS-ZN) en Reindert Stellingwerff (RWS-WVL) deel.

In Bijlage B is een uitgebreid verslag opgenomen van de gedane observaties bij Rijkswaterstaat Zuid-Nederland.

2.3.2 Observaties

Het beheersgebied van Rijkswaterstaat Zuid Nederland bestaat sinds 2013 uit Limburg en Noord Brabant. Voor wat betreft de dierlijke graverijen zijn vooral de kanalen (Julianakanaal, Zuid-Willemsvaart, Máximakanaal, het Kanaal Wessems-Nederweert, de Noordervaart en het Wilhelminakanaal) en de (grens)Maas van belang. Het aantal bevers in het beheergebied is sinds 2018 (2000 bevers) gestegen naar ca. 3000 in 2023. Bij het uitzetten van de bever destijds is er geen enkele perceptie geweest wat dit voor de waterveiligheid op de lange termijn zou kunnen betekenen.

Door het groot aantal aanwezige bevers in het areaal, vooral in het Julianakanaal en het Maximakanaal, wordt er vooral reactief gereageerd. In de afgelopen 5 jaar zijn er zo'n 20 grote schadegevallen geweest die in totaal circa 4 miljoen Euro gekost hebben aan personele inzet en materiaal.

Toekomstperspectief

Met de provincies Limburg en Noord-Brabant wordt bekeken waar, vanuit het perspectief van de bever bekeken, een duurzame instandhouding zonder veiligheidsrisico's mogelijk is. Hierbij wordt ook rekening gehouden met andere belangen en wordt dit ook gekoppeld aan diverse interventie maatregelen. Om duurzame instandhouding van de bever in het gebied te waarborgen, wordt ook rekening gehouden met het faunabeheerplan. Dat is opgesteld voor de provincie Limburg, maar (nog) niet aanwezig voor de provincie Noord-Brabant.

De landelijk op te zetten risico-inventarisatiekaarten zullen vervolgens goede handvatten geven om aan te geven waar actie benodigd is tegen bevers en waar niet. Hiermee wordt duidelijk waar de bevers niet gewenst zijn en kunnen maatregelen getroffen worden om ze uit het gebied te weren.

Waterveiligheid vs. natuurwaarden

Rijkswaterstaat ondervindt veel tegenstrijdige issues in de wet- en regelgeving. Waterveiligheid en natuurwaarden kunnen in conflict met elkaar zijn zonder dat er duidelijk is welk belang dient te prevaleren. Om hiermee om te gaan worden olifanten- dan wel geitenpaadjes toegepast, en het toewerken naar een werkbaar kader gaat langzaam, zeker indien dit een brede maatschappelijke discussie inhoudt.

2.4 Observaties Waterschap Hunze en Aa's

2.4.1 Algemeen

Bij het Waterschap Hunze en Aa's (WHA) is op 25 juli 2023, een locatie bezocht waar een beverhol is geconstateerd in een regionale kering. De ontdekking vond plaats tijdens het

versterkingsproces van deze kering, doordat er een verzakking optrad bij het passeren van een voertuig. Het betreft de kadeversterking Lappenvoort Oosterland. Tijdens het bezoek werd het beverhol ontgraven en hersteld. De locatie bevindt zich ten zuiden van het meer Friese Veen. Zie Figuur 2.2.



Figuur 2.2 Locatie van het ontdekte beverhol ten zuiden van het Friesche Veen in Paterswolde (bron: openstreet map).

De locatie is gezamenlijk bezocht door:

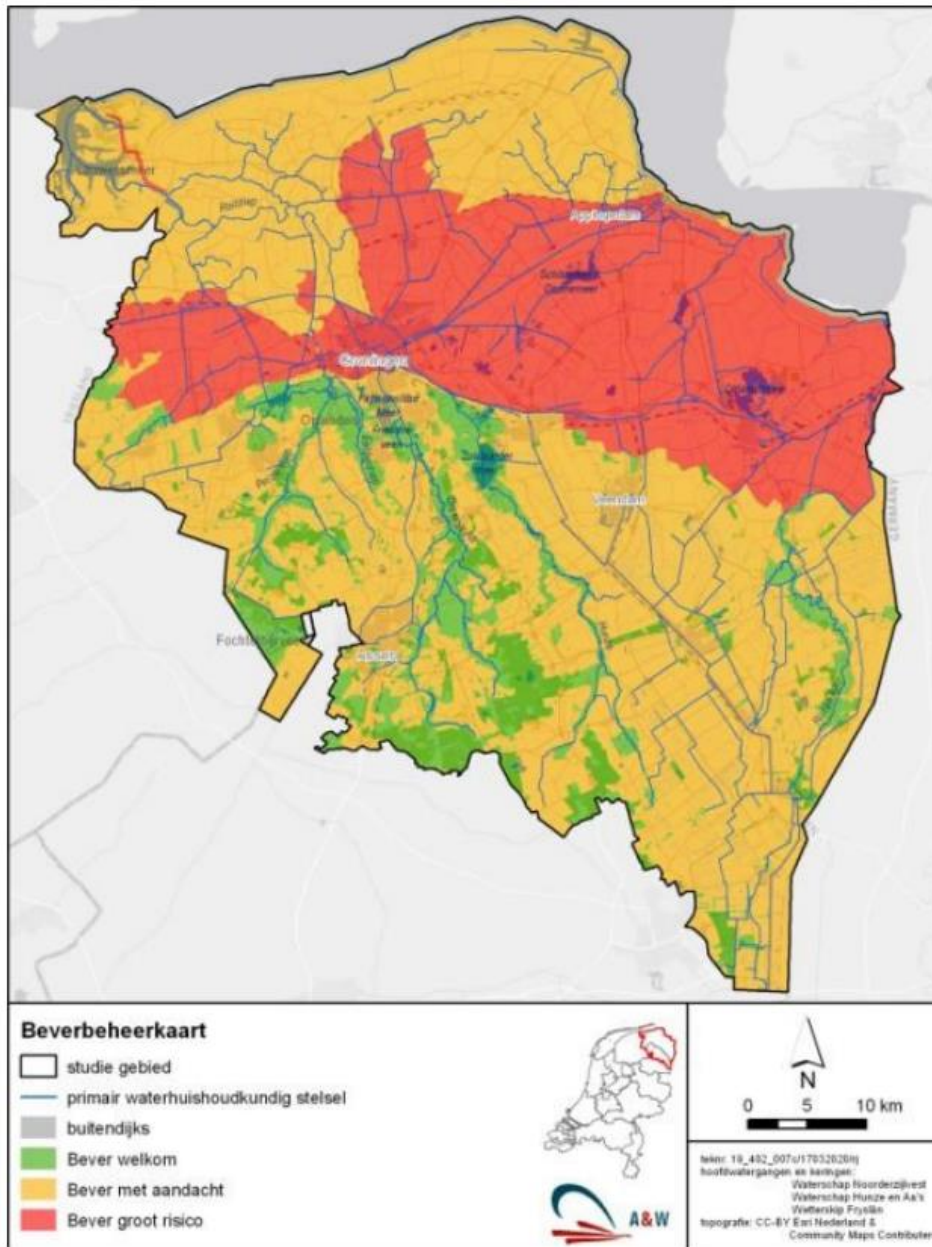
- Brenda Boerema, Marc Rothengatter en Gabriël Rammeloo (allen Waterschap Hunze en Aa's).
- André Koelewijn en Frans van den Berg (Deltares).

In Bijlage C is een uitgebreide weergave gegeven van de gedane observaties bij waterschap Hunze en Aa's.

2.4.2 Observaties

In het beheergebied van het Waterschap Hunze en Aa's zijn bevers uitgezet in de Hunze en in het Zuidlaardermeer in 2008. In het voorjaar van 2023 was de geschatte populatie 375 dieren. Op dit moment zijn, voor zover men weet, de bevers in het beheergebied nog niet verbonden met de rest van Nederland, zie ook Figuur 2.3. Binnen het beheergebied zijn er veel bevergraverijen, bijvoorbeeld langs de Hunze.

Met het beverbeheerplan (Bos et al., 2020) in de beheergebieden van Noorderzijlvest en Hunze en Aa's wordt beoogd om de bever te beschermen en worden richtlijnen gegeven hoe men op kan treden in voorkomende gevallen. Het resultaat is tevens een beverbeheerkaart in welke gebieden de bever welkom is en in welke gebieden niet. Zie Figuur 2.3.



Figuur 2.3 Beverbeheerkaart Noorderzijlvest en Hunze en Aa's (Bos, et al , 2020).

Vooral in de beekdalen is de bever welkom (groen). In de oranje gebieden verdient de aanwezigheid van de bever aandacht, dit zijn voornamelijk de landbouwgebieden. In de rode gebieden is de bever niet welkom omdat dit economisch kwetsbare gebieden zijn en/of gebieden waar het waterstandsverschil groter dan 1 m is in combinatie met smalle boezemkades.

2.5 Opedane inzichten

Aanvullend op de inzichten die vorig jaar zijn opgedaan (Van den Berg & Koelewijn, 2022), zijn uit de locatiebezoeken met de bijbehorende gesprekken nu de volgende inzichten opgedaan:

- Bij een (verzakte) steenbestorting is het nog steeds mogelijk dat een bever onder/door de steenbestorting zijn hol kan graven. De vaak geopperde gedachte dat een steenbestorting afdoende bescherming biedt tegen graverijen blijkt in de praktijk onjuist te zijn.
- De huidige wet- en regelgeving biedt, zeker bij tegenstrijdige belangen, nog te weinig houvast. Bij Rijkswaterstaat vormt dit sneller een probleem dan bij waterschappen, vanwege het bestuursmandaat. Bij waterschappen is gemakkelijker lokaal maatwerk mogelijk. Zowel op waterstaats- als op waterschapsniveau.
- Er is behoefte aan duidelijk(er) beleid. Tussen wetgeving en uitvoeringsregels zit nu te weinig vrijheid.
- In een territorium kunnen tot wel 100 graverijen aanwezig zijn, veel meer dan vaak wordt verondersteld. Het onderzoek van Kurstjens uit 2020 toont dit ook aan.
- Nog niet alle beverpopulaties in Nederland zijn met elkaar verbonden, maar de beschikbaarheid van geschikte gebieden om gevangen bevers uit te zetten is wel een kritische factor.
- Bij hoogwater gaan de bevers niet direct in het talud graven, wel als het waterniveau langere tijd hoger blijft. De weersomstandigheden zijn hier ook bij van invloed: bij guur weer zal een bever eerder gaan graven dan bij aangename omstandigheden.

2.6 Vast te leggen gegevens over bevergraverijen in waterkeringen

Op basis van de gerapporteerde cases van 2022 (Van den Berg & Koelewijn, 2022) en onderhavige rapportage van 2023 is hieronder een overzicht gegeven van de relevante informatie die nodig is bij een bevergraverij in een waterkering. Dit is een eerste aanzet op basis van de gerapporteerde cases en gesprekken met de dijkbeheerders, het is mogelijk dat hier nog aanvulling op mogelijk zijn.

Waarnemen:

- Vastleggen locatie (in X,Y coördinaten).
- Vastleggen moment graverij (ontdekkingsdatum en -tijdstip).
- Vaststellen weersgesteldheid (temperatuur, neerslag, etc.).
- Vastleggen welke detectiemethode is gehanteerd, en hoe het resultaat is verkregen.
- Vastleggen van foto's en kaart met de locatie.
- Vastleggen aanwezige biotoop en afstand tot andere hollen (indien aanwezig).
- Eventueel vastleggen in app (per waterschap verschillend).
- Omschrijving beveractiviteit (bv: 'De bever heeft vanuit de sloot vandaan tot helemaal boven in de kering gegraven en dit heeft tot gevolg dat de burcht aan de bovenzijde van de dijk is ingezakt. Dit houdt tevens in dat de kering ernstig is aangetast en we weten niet of de bever ook al onder de weg heeft gegraven.').
- Eerste inschatting geven van gevaar voor dijkveiligheid en terugkoppeling aan de contactpersoon die bepaalt of er direct actie ondernomen dient te worden (opschalen of niet).
- Aanpak schrijven over de vervolgsituatie met beslismomenten.

Ontmantelen:

- Vastleggen afweging van alternatieven.
- Bepalen en vastleggen ontmantelmethode (aandachtspunt is dat bij de gekozen ontmantelmethode de waterveiligheid gehandhaafd blijft).
- Benodigde ontheffingen aanvragen.

- Vastleggen ruimtelijke oriëntatie graverij en dwarsprofielen van de graverij.
- Vaststellen of er nog bevers of andere dieren in het hol aanwezig zijn.
- Vaststellen aantal dieren, familie, leeftijd.
- Bepalen volume uitgegraven grond. Vaststellen diameter en lengte gangenstelsel .
- Beschrijven resultaat: dier bestreden, verjaagd of verplaatst.

Herstel:

- Beschrijven van de herstelmethode.
- Aangeven (vul)materiaal (bijvoorbeeld gebiedseigen grond en mate van verdichting).
- Beschrijven of er na het herstel een (permanente) preventiemaatregel nodig is.
- Vastleggen van het gehele proces van waarnemen tot herstel.

3 Detectiemogelijkheden en maatregelen

3.1 Inleiding

Er leeft een sterke behoefte onder dijkbeheerders om dierlijke graverijen tijdig te kunnen detecteren, met name van de bever, om maatregelen te kunnen nemen voordat de situatie lokaal uit de hand loopt.

In dit hoofdstuk wordt in §3.2 eerst ingegaan op de informatie van de beheerders, zoals die bij de veldbezoeken naar voren is gekomen. Daarna worden in §3.3 de uitkomsten beschreven van een workshop gehouden tijdens de landelijke Kennisdag Dierlijke Graverij. In §3.4 worden verdere ideeën over detectiemaatregelen besproken.

3.2 Informatie van de beheerders

Uit de cases zijn de volgende oplossingsrichtingen naar voren gekomen:

Waterschap Limburg

- Het landschap zodanig aanpassen dat de bever het niet meer aantrekkelijk vindt. Denk hierbij aan het maken van een (zeer) flauw talud en het verwijderen van vegetatie.
- Goed geplaatste (ronde) stortsteen is een goede oplossing.
- Gaas in de teen van de dijk plaatsen om zo ondergraven onmogelijk te maken. Dit wellicht bij schaarlijken preventief toepassen.
- Bij een dassenhol is wegpesten een oplossing; hierbij wordt dan steeds een gedeelte van het hol dichtgegooid met zand om te kijken of er nog activiteit is.
- eDNA¹ wordt ook al gebruikt bij het Waterschap Limburg (net als bij meerdere waterschappen) om te zien waar een muskus- of beverrat zich bevindt.

Rijkwaterstaat Zuid Nederland

- De landelijk op te zetten risico-inventarisatiekaarten als onderdeel van de nationale beveraankpak door het Ministerie van I&W (Roorda, 2023) zullen goede handvatten geven om aan te geven waar actie benodigd is tegen bevers en waar niet. Hiermee wordt duidelijk waar de bevers niet gewenst zijn en kunnen maatregelen getroffen worden om ze uit de kering te weren.
- Met de provincies Limburg en Noord-Brabant wordt bekeken waar, vanuit het perspectief van de bever, een duurzame instandhouding zonder veiligheidsrisico's mogelijk is. Hierbij wordt ook rekening gehouden met andere belangen en wordt dit ook gekoppeld aan diverse interventie maatregelen. Om duurzame instandhouding van de bever in het gebied te waarborgen, wordt ook rekening gehouden met het faunabeheerplan². Deze is opgesteld voor de provincie Limburg, maar (nog) niet aanwezig voor de provincie Noord-Brabant.
- De huidige beschikbare deskundigheid bij veldinspecties (die bijvoorbeeld ook door muskusrattenbeheer en aannemers worden uitgevoerd) is beperkt. Voor de muskusrattenbestrijders is het opsporen van de bevers geen hoofdtaak, zij zien het als bijvangst en geven het door aan RWS, zodat zij kunnen besluiten of actie benodigd is.

¹ Dieren laten kleine beetjes DNA achter in hun omgeving, bijvoorbeeld door het afscheiden van uitwerpselen of slijm. Dit zogenaamde environmental DNA, ofwel eDNA, verschilt per soort en kan met nieuwe genetische detectiemethodes worden gesignaleerd. Op die manier is het mogelijk om de aanwezigheid van dieren aan te tonen op basis van simpele watermonsters.

² <https://limburg.faunabeheereenheid.com/algemeen/faunabeheerplan/>

- Het niet onderling mogen verrekenen van personele kosten tussen overheden is beperkend gebleken, ook om slagvaardig gezamenlijke inspectie / inspectie tot gemeenschappelijk nut op te kunnen zetten.
- Qua detectiemethodiek van de bevers wordt een tweetrapsraket gezien. In eerste instantie zou er een geschikte methode moeten zijn die over een groot gebied de aanwezigheid van de bever kan lokaliseren. Vervolgens zou er een methode moeten zijn die de graverij lokaal nauwkeuriger in kaart brengt. Vooral bij rietkragen en steenbestorting in de oever dient er een goede methodiek te zien om de graverijen te detecteren. Deze oevers met steenbestortingen zijn lastig om te monitoren, doordat er veelal ook begroeiing aanwezig is. Onderwatercamera's in minionderzeeboten, nemen vooral waar aan de voorkant van de boot en dat is onvoldoende om een goed beeld van de oever te krijgen, al zijn er elders (bij stuwdammen) ook methoden ontwikkeld waarmee met name zijwaarts kan worden gekeken tot betrekkelijk dicht onder de waterlijn.

Waterschap Hunze en Aa's

Met behulp van verschillende methoden wordt geïnspecteerd waar de bevers zich bevinden. Hierbij wordt naast visuele inspectie ook gebruikt gemaakt van onder andere grondradar, sonarapparatuur en drones. Door rietoevers en boomwortels zijn de graverijen moeilijk tot niet te vinden. Ook troebel water maakt het lastig om de graverijen te vinden. Uit een onderzoek met grondradar langs de Hunze zijn 28 bevergraverijen gevonden over een traject van 550 m.

Voor wat betreft functionele eisen voor beverdetectie wordt aangegeven dat er behoefte is aan snelle methodieken, waarbij detectie kan plaatsvinden vanuit de lucht, water en vanaf het land. Belangrijk is om de ingang te vinden van de bevergraverij onder water. Hier dient in eerste instantie op gefocust te worden. Na de eerste grove scan zou een gebied van circa 10-80 m over blijven waar dan nader onderzoek plaats kan vinden. De diepte van het nadere onderzoek moet dan minimaal 0,5 - 2 m zijn. Bij fluctuerend peil, zeker bij hoog water nog veel dieper.

Een nader te onderzoeken methode met mogelijke potentie is middels geur, de repulsieve methode. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het gebruik van mannelijke beverferomonen of geuren van de wolf. De bever heeft in het algemeen slechte ogen en is geurgedreven. Hierdoor reageert hij sterk op geuren.

Grondradar werkt niet goed door de verschillende grondlagen in de ondergrond, en met name bij een klei-afzetting werkt het niet goed. Warmtebeeld-drones laten de temperatuurverschillen tussen ondergrond en aanwezige gangen niet zien door de isolerende graszode.

Glasvezel is ook een detectiemethode om op lange lijnelementen, zoals keringen toe te passen. Graaf- en knaagtrillingen / geluiden kunnen goed gedetecteerd worden.

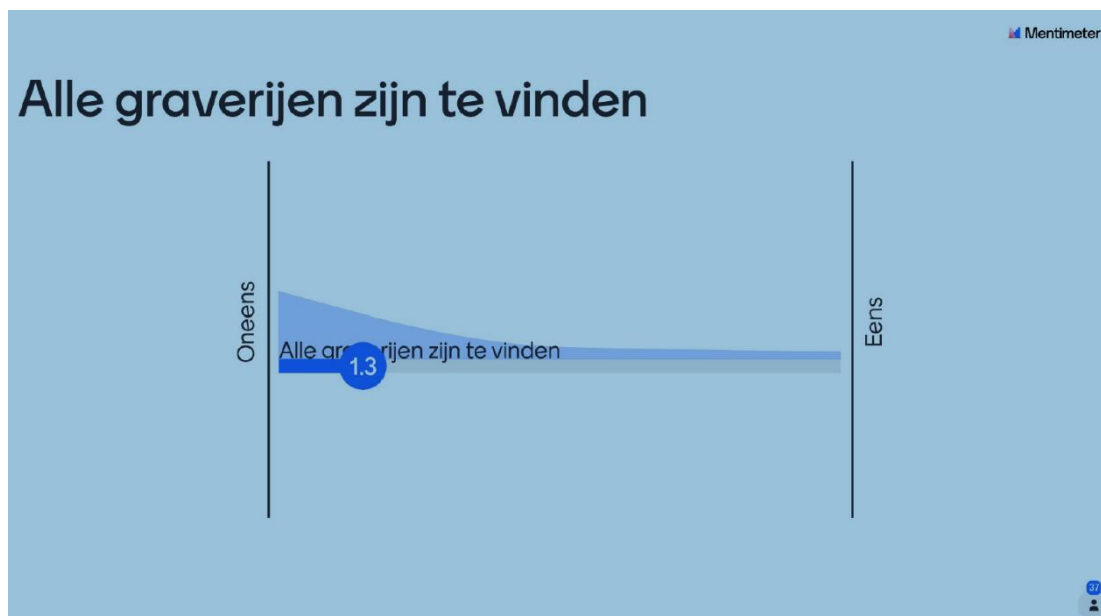
Van belang is ook om voorkeursplekken te creëren en de bever daar te houden.

Met het verschijnen van het beverbeheerplan (Bos et al., 2020) in de beheergebieden van Noorderzijlvest en Hunze en Aa's wordt beoogd om de bever te beschermen en worden richtlijnen gegeven hoe men op kan treden in voorkomende gevallen. Het resultaat is tevens een beverbeheerkaart in welke gebieden de bever welkom is en in welke gebieden niet. Zie Figuur C.9. Vooral in de beekdalen is de bever welkom (groen). In de oranje gebieden verdient de aanwezigheid van de bever aandacht, dit zijn voornamelijk de landbouwgebieden. In de rode gebieden is de bever niet welkom omdat dit economisch kwetsbare gebieden zijn en/of gebieden waar het waterstandsverschil groter dan 1 m is in combinatie met smalle boezemkades.

3.3 Workshop over detectiemethoden

Op de Kennisdag Dierlijke Graverij op 28 juni 2023 georganiseerd door het kenniscentrum bever³ hebben Frans van den Berg en André Koelewijn van Deltares een workshop gehouden. Het doel van deze workshop was om samen met de keringbeheerders vast te stellen wat nodig is om een graverij te detecteren. Hiertoe hebben zij een aantal vragen aan het publiek gesteld.

Op de eerste vraag of alle graverijen te vinden zijn, werd (op een schaal van 1-5) vooral ontkennend geantwoord door 37 deelnemers (29 maal 'zeer oneens', 5 maal 'oneens', 3 maal 'neutraal', niemand 'eens' of 'zeer eens'), zie Figuur 3.1.



Figuur 3.1 Mate van overeenstemming over de (on)vindbaarheid van graverijen.

Op de vraag **welke detectiemethoden goed werken** kwamen de volgende unieke antwoorden (65 in totaal) binnen, de antwoorden die dubbel gegeven zijn, zijn niet weergegeven. In de onderstaande tabel zijn per categorie de verschillende genoemde detectiemethodieken opgenomen.

Vooraf het onderdeel visuele inspectie werd vaak genoemd met 14 keer van 65 antwoorden.

Tabel 3.1 Goed werkende detectiemethoden volgens keringbeheerders.

Zintuigelijke waarneming	Platform	Monstername	Hulpmiddel	Technisch hulpmiddel
Visueel	Kano	eDNA	Speurhonden	Glasvezel
snorkelen	Helikopter		Sonde	Lidar
Prikstok	Onderwaterdrone		Afgraven	Zenderen/ chippen
Voelen			Rook	Electrische weerstandsmetingen
Luisteren			Lawine-alarm & schoorsteen veegset	Warmtecamera's

³ Een initiatief van STOWA, Rijkswaterstaat, ProRail, de Unie van Waterschappen, Interprovinciaal Overleg en de Zoogdiervereniging.

Op de vraag ‘**Welke methoden werken zelden of nooit?**’ kwamen de volgende antwoorden (in totaal 17) binnen, de antwoorden die dubbel zijn binnengekomen zijn niet weergegeven.

Tabel 3.2 Detectiemethoden die zelden of nooit werken volgens keringbeheerders.

Zintuigelijke waarneming	Platform	Monstername	Hulpmiddel	Technisch hulpmiddel
Visueel	-	-	-	Grondradar
Luisteren				Lidar
Literatuur				Sonar
Aannames				EM metingen
				Warmtecamera's
				Rioolcamera
				Koolmonoxidecamera

Opvallend zijn de dubbelingen van de verschillende detectiemethode in de beide voorgaande tabellen, dus een aantal deelnemers vonden dat een aantal detectiemethoden goed werkte en anderen vonden dat ze juist niet goed werkte.

Op de opmerking ‘**Ik miste een techniek! Namelijk:**’ kwamen de volgende reacties binnen (totaal 29; de antwoorden die dubbel zijn binnengekomen zijn niet weergegeven):

Tabel 3.3 Detectiemethoden die gemist werden in de opsommingen volgens keringbeheerders.

Zintuigelijke waarneming	Platform	Monstername	Hulpmiddel	Technisch hulpmiddel
Ruiken		eDNA	Rook	Sonar
Actieve inspecteurs			Bijen	seismografie
vrijwilligers			Recidieve storingen/ meldingen die gemeld worden	glasvezeltrillingen
Wachten tot dijk verzakt			Zender	EW-metingen
			Data afstemming	Warmtebeeld/ IR
			Citizen science	Koolmonoxide metingen
			Grondtemperatuur	Röntgen
			eNose	Peilalarm voor beverdammen
			Muskusrattenbestrijders	AI/ modellering

Uit de discussie die volgde na de peilingen, kwamen de volgende punten naar boven:

- Wat doen bevers tijdens hun leven? Goed het **gedrag bestuderen** (o.a. met literatuur) en met behulp van **AI** er proberen achter komen waar de holen zitten. De windrichting speelt een rol bij het gedrag van bevers.
- Voor het opstellen van de functionele eisen is het van belang om te weten wat de nauwkeurigheid van de uit te voeren metingen is; welke diepte en over welke breedte:
 - Een rioolcamera kan wellicht helpen om de grootte en ruimtelijke loop van het gangenstelsel te bepalen. Door middel van het uitvoeren van een onderzoek met een

aantal proefmetingen kan er wellicht een aanzet gemaakt worden voor een landelijk protocol voor de meettechniek.

- Een verschil maken in de detectie van de warme- en koude omstandigheden.
- Zorgen dat er een aparte habitat komt voor de bevers en zorgen dat zij daar blijven, denk hierbij aan de risico-inventarisatiekaart.
- De graverij zelf al vanaf het begin proberen te detecteren en niet wachten tot het hol al gegraven is.
- Hoe vaak moet inspectie plaatsvinden om graverijen goed te kunnen vinden? Dagelijks/ wekelijks?
- Van belang is ook hoeveel geld kan of wil je besteden aan inspectie en hoeveel mensen heb je nodig.
- Kijk ook eens bij andere disciplines, zoals health care.

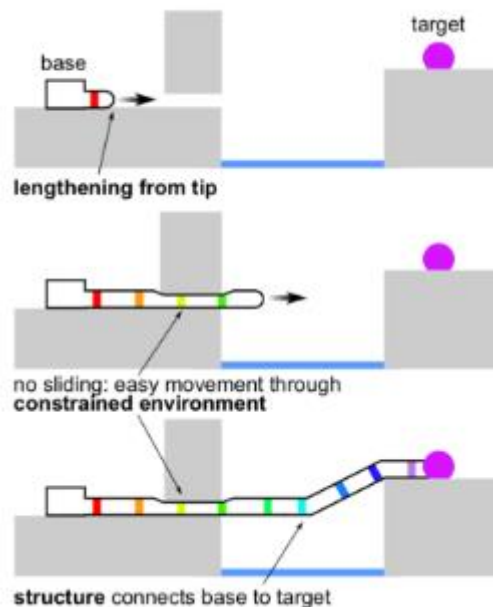
3.4 Verdere ideeën over detectiemaatregelen

3.4.1 Algemeen

In deze paragraaf wordt een nadere uiteenzetting gegeven van een selectie van veelbelovende ideeën over detectiemaatregelen en een aanzet voor het gebruik van de verschillende detectiemethoden.

3.4.2 Vine robots

Vine Robots zijn zachte continuüm-robots die zijn ontworpen met het oog op goedkope fabricage en voor het navigeren door moeilijke omgevingen. In tegenstelling tot traditionele robots, die door oppervlaktecontact bewegen om te lopen of rennen, vertrouwt de wijnstokrobot op groei voor beweging. Net als een wijnstok en andere planten heeft de robot een gearde wortel of "basis" en kan hij continu groeien terwijl hij uitzet om materiaal aan de punt toe te voegen. Hiermee kan deze robot wellicht ingezet worden om hollen te inspecteren. Zie ook Figuur 3.2.



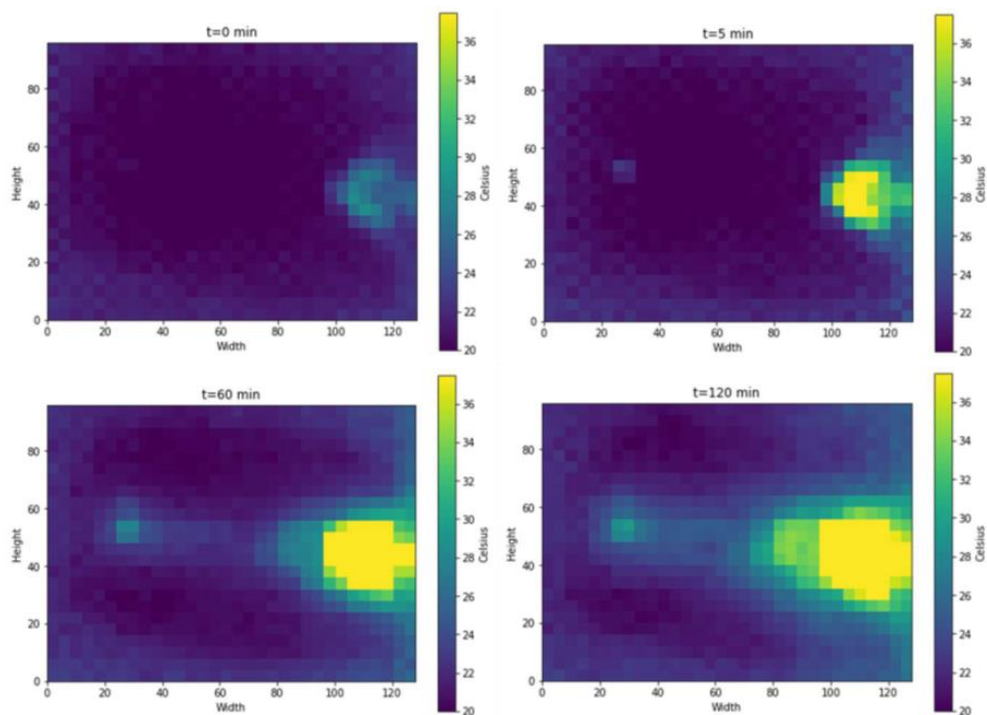
Figuur 3.2 Voorbeeld van een toepassing van een vine robot om door zijn omgeving te navigeren (Hawkes et al, 2017).

Zie ook www.vinerobots.org en Blumenschein et al. (2017).

3.4.3 Hittecamera's met rookbommen

Een veelbelovende techniek om anomalieën waar te nemen die niet zichtbaar zijn voor het menselijk oog, is de thermische camera. Deze techniek wordt al op veel terreinen toegepast om temperatuurverschillen te detecteren. Eén gebied waarop de techniek van pas komt, is de detectie van waterlekken. Kwel, een belangrijke indicator voor het pipingmechanisme van dijkdoorbraken, kunnen worden gedetecteerd met thermische beeldvorming (Rösingh et al., 2017; Van Klaarbergen, 2022).

Een nieuwe toepassing van thermische beeldvorming om temperatuurveranderingen op het grondoppervlak te detecteren als gevolg van warme lucht die door een dierenhol stroomt, werd getoond door Prins (2022); Sommige van deze resultaten zijn te zien in Figuur 3.3. Verder onderzoek en testen is nodig om de toepasbaarheid en de haalbaarheid van deze techniek voor het detecteren van dierenholen op veldschaal te bewijzen.



Figuur 3.3 Bovenanzicht van waargenomen temperatuur met thermische camera tijdens warmte-experiment. Warme lucht wordt vanaf de rechterkant in een kunstmatig tunnelsysteem (dat dierenholen voorstelt) geïnjecteerd (duidelijke warme plek op warmtebeeld). Warme lucht verlaat de tunnel aan de rechterkant (duidelijk lokaal warmer punt in thermisch beeld). (Prins, 2022).

Met behulp van alleen rookbommen krijg je een redelijk beeld van de onderlinge verbondenheid van holen (en zijn ook niet eerder gedetecteerde uitgangen alsnog te vinden).

3.4.4 Speurhonden

Het inzetten van goed getrainde speurhonden kan een mogelijkheid zijn om snel te detecteren of een gevonden beverhol leeg is of niet. De huidige methode is om in de ingang van het hol een aantal stokken neer te zetten. Als deze na een paar dagen er nog staan, dan is het hol blijkbaar verlaten en mag het hol worden ontgraven en aangevuld. Deze methode kost veel tijd en er kan niet direct worden ingegrepen bij de ontdekking van het beverhol. Bij

gebruikmaking van een speurhond wordt er veel tijd gewonnen. Waterschap Aa en Maas heeft al ervaring met een speurhond⁴.

Door Ronald Wolters van hetzelfde waterschap wordt aangegeven dat zij ook bezig met een onderzoek om met behulp van honden die getraind zijn om o.a. drugs en mensen te vinden in te kunnen zetten om ondergrondse beverholen te vinden. Holen die je met het blote oog dus niet ziet. Hiervoor zijn echter wel de beste speurhonden voor nodig die eerst een paar maanden hierop getraind moeten worden. Door dit intensieve speurwerk hebben de honden regelmatig rust nodig. Een drugshond heeft bijvoorbeeld na iedere 20 minuten werken 40 minuten rust nodig.

3.4.5 Varende drone

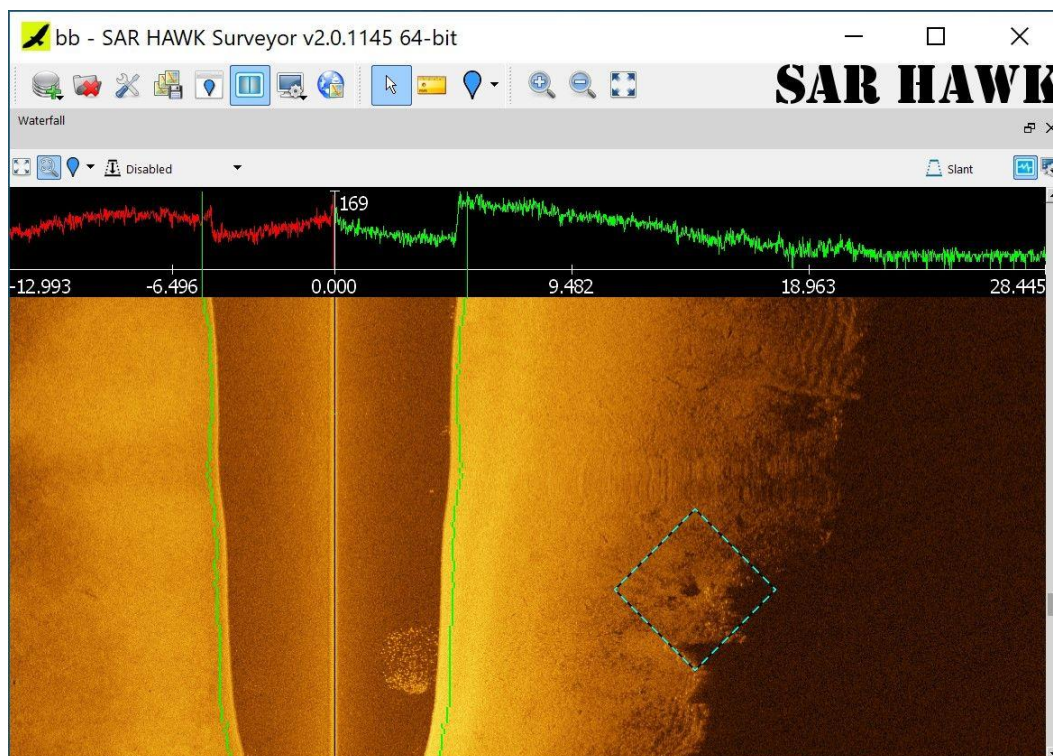
Verschillende mogelijkheden zijn aanwezig om onderwaterinspectie uit te voeren middels een varende drone om verdachte plekken te detecteren.

Met behulp van de Sonar Emily is op een aantal locaties proeven uitgevoerd. Deze hebben plaatsgevonden bij onder andere Waterschap Rivierenland en Waterschap Aa en Maas. Bij Waterschap Aa en Maas zijn bij het onderzoek beverholen, knaagsporen, glijsporen, een wissel en een wintervoorraad gevonden (Zonneveld, 2023). In Figuur 3.4 is het gevonden sonarbeeld weergegeven waar een beverhol is gevonden. Verder onderzoek naar de kansrijkheid als detectiemethode dient nog te worden uitgevoerd.

De transducer (de ontvanger) zit onder aan de drone en kan zo middels sonargolven de omgeving 'scannen'. Begroeiing van bijvoorbeeld waterlelies is geen probleem om dat deze dunne stelen hebben, maar bij bijvoorbeeld riet, waar nog lucht in zit, kan het signaal niet achter dit riet komen. Voor oevers met steenbestorting is het nog moeilijk om hier graverijen te vinden doordat de schaduw van het (steenbestortings)blok een goede detectie in de weg staat. Het signaal kan live worden gevolgd middels een ontvanger aan de kant en wordt tevens opgenomen.

In de Verenigde Staten worden momenteel al proeven uitgevoerd om met behulp van AI specifieke situaties te detecteren en vast te leggen. Dit zou op termijn ook voor dierlijke graverijen een optie kunnen zijn.

⁴ <https://www.omroepbrabant.nl/nieuws/4319870/hond-tessa-speurt-naar-beverholen-voor-het-waterschap>



Figuur 3.4 Sonarbeeld langs een watergang bij Aa en Maas met rechts in het gestippelde vierkant een beverhol
(bron: https://www.linkedin.com/posts/lennaert-zonneveld-78377524_gisteren-heb-ik-met-scaup-drone-solutions-activity-7090772309489131520-jYLr?).

3.4.6 Glasvezel

Met behulp van glasvezelkabels is het mogelijk om over een lange afstand trillingen te meten. Doordat de glasvezel bij een trilling uittrekt of inkrimpt treden er veranderingen op in het teruggekaatste licht en dat is meetbaar. Bij een graverij zullen ook trillingen optreden en deze kunnen worden gedetecteerd. ProRail is momenteel bezig met proeven op dit gebied langs het spoor (Bogaert, 2022).

Langs de waterkeringen zijn er momenteel nog geen onderzoeken gaande naar deze methodiek. Het is een uitdaging om meerdere waterkeringen continu te monitoren met meerdere sensoren, zoals een glasvezelkabel feitelijk is, en om snel te handelen bij wijzingen en afwijkingen van de glasvezelkabel. Hiervoor zijn verschillende platforms ontworpen die nader onderzoek vereisen. Een van deze is Fridén et al (2023) die een platform ontworpen heeft om automatische detectieafwijkingen van de sensor en de kering mogelijk te maken. Deze methode is ontwikkeld voor dammen, maar is ook bruikbaar voor waterkeringen

3.4.7 Van grof naar fijn

Het detecteren van dierlijke graverijen en in het bijzonder van een bevergraverij in een waterkering zal via een tweetrapsraket worden uitgevoerd. Hierbij zal eerst grof (over een lang traject) wordt gekeken waar de graverij zich bevindt, om vervolgens met een nauwkeurige detectiemethode de grootte en het ruimtelijk verloop te bepalen van de lokale situatie.

Voor de grove methode kan gebruik gemaakt worden van onder andere visuele methode, sonarbeelden, satellietbeelden, (varende)drones, glasvezels, speurhonden et cetera. Middels deze methode kunnen verdachte locaties, zoals verzakkingen worden opgespoord en vervolgens nader onderzocht worden met lokale nauwkeurige methoden. Deze methoden

kunnen bestaan uit (een combinatie van) visuele inspectie, warmtecamera al dan niet met rookbommen, vine robots et cetera. Hiermee kan bijvoorbeeld de ruimtelijk oriëntatie en het volume van de graverij worden bepaald.

4 Invloed op overstromingskansen

4.1 Inleiding

In juni 2022 is een eerste aanzet gemaakt voor een indicatieve tabel met de invloed van graverijen door verschillende diersoorten op de overstromingskans van een dijk. Dit is gedaan op basis van de proeven in het kader van het EU-Interreg '2 Zeeën'-project 'Polder2C's', eerdere proeven op en observaties bij dijken, en internationale vakliteratuur (ten dele beschrijvingen en analyses van dijkdoorbraken ten gevolge van dierlijke graverijen). Deze tabel bleek in een duidelijke behoefte te voorzien om duiding te kunnen geven aan de orde van grootte van de invloed zowel van verschillende diersoorten als voor verschillende faalmechanismen. In mei 2023 is een licht uitgebreide versie van voornoemde tabel uitgebracht, waarbij ook een onderbouwing is opgenomen (Koelewijn, 2023).

Het betreft echter nog 'werk in uitvoering', waarbij de onderbouwing nog wel enige tijd van een bredere basis mag worden voorzien. Bovendien zijn de gevonden bandbreedtes betrekkelijk groot, waarbij in diverse kringen het vermoeden rees dat met name voor dijken die geheel uit klei bestaan, er kleinere bandbreedtes gevonden zouden kunnen worden.

In de voorbereiding op de workshop op de Kennisdag Dierlijke Graverij op 28 juni 2023 (zie §3.3) en op presentaties bij ENW-commissie Veiligheid (20 juni 2023) en ENW-commissie Techniek (23 juni 2023) is daarom een splitsing gemaakt van de tabel naar de samenstelling van de dijk. Deze is ook op deze Kennisdag gepresenteerd. Om het resultaat binnen een relevante context terugvindbaar vast te leggen, is dit hierna beschreven, in aanvulling op het doel van dit rapport zoals beschreven in §1.2.

Overigens is bij beide ENW-commissies terecht opgemerkt dat lengte-effecten niet zorgvuldig hierin zijn verwerkt en dat vooral de jaarlijkse kans bij de meer extreme situaties veelal te hoog zal uitpakken, doordat de daarbij vereiste hoge waterstanden niet vaak genoeg voorkomen. Bij dat laatste is wel opgemerkt dat naast de piekwaterstand bij deze problematiek vooral de hoogwaterduur een belangrijke rol speelt. De graverijen leiden immers vooral tot veranderingen in de snelheid waarmee infiltratie, uitspoeling en erosie van het dijklichaam optreden. Een langdurend hoogwater zoals op de Rijntakken in februari 1995 kan daardoor tegenwoordig gemakkelijker tot complicaties leiden door dierlijke graverijen dan het kortdurende hoogwater op de Maas in juli 2021, hoewel dat laatste hoogwater tot waterstanden dicht onder de kruin (of zelfs erboven!) leidde.

4.2 Splitsing naar samenstelling dijk

4.2.1 Werkwijze en toepasbaarheid

In lijn met de werkwijze die is aangehouden in de eerdere rapportage (Koelewijn, 2023) is telkens uitgegaan van de situaties waarvoor veldobservaties en/of analyses beschikbaar waren, waarna telkens de meest aanverwante situaties zijn beredeneerd op basis van de voor het mechanisme gangbare modellen, met inachtneming van de overeenkomsten en verschillen met situaties waarvoor meer concrete gegevens beschikbaar zijn.

Een concreet voorbeeld van deze werkwijze: voor macrostabiliteit in combinatie met een beverburcht is een concrete case met analyserende berekeningen beschikbaar (wiel bij Wamel) en zijn er daarnaast ook meerdere berekeningen beschikbaar voor hypothetische, maar wel concreet mogelijke situaties met graverijen door bevers (regionale keringen in Groningen en Drenthe). Daarnaast zijn er berekeningen gemaakt voor de Drielse Dijk ten

westen van Arnhem, voor een circa 7 meter hoge dijk, bestaande uit een zandkern met kleibekleding (Van den Berg, 2022). Bij de schematisering is gebruik gemaakt van buitenlandse literatuur: documentatie over een beverburcht in Duitsland die bij opkomend hoogwater telkens verder naar boven werd uitgebouwd – onzichtbaar onder de kleibekleding van deze circa 7 meter hoge dijk met een zandkern – en een beschrijving van een dijk in Noord-Italië die door dierlijke graverijen lijkt te zijn bezwaken. Ook deze dijk was circa 7 meter hoog en bestond uit een zandkern met kleibekleding. Gelet op de aanwezigheid van bevers in de voorgelegen (brede) uiterwaard bij de Drielse Dijk zijn bevergraverijen hier bij opkomend hoogwater, of eventueel al eerder, niet bepaald denkbeeldig.

Uit deze cases is vervolgens een *bandbreedte* afgeleid voor de invloed op de overstromingskans. Daarbij is de inschatting gemaakt dat een nog problematischer situatie dan bij Wamel haast ondenkbaar is. Daarom de voor die situatie gevonden uitkomst naar boven afgerond naar het dichtstbijzijnde tiental.

Voor andere bezwijkmechanismen en andere diersoorten was er veelal minder informatie beschikbaar. De praktijksituaties die wel beschikbaar waren, hebben een groot gewicht gekregen, voor de rest zijn de inschattingen van de bandbreedte per combinatie van diersoort en faalmechanisme vooral naar rato ingeschat.

Bij toepassing van de tabellen op andere situaties zal steeds moeten worden nagegaan hoe extreem de invloed zou kunnen zijn, mede door de situatie te vergelijken met de door Koelewijn (2023) beschreven situatie(s). De uitkomst kan dan bijvoorbeeld best zijn 'een factor 100 achteruitgang' als in de van toepassing zijnde tabel een bandbreedte van 1 – 100 000 vermeld staat.

4.2.2 Zandkern met kleibekleding

De veiligheid van een waterkering die is opgebouwd als een dijklichaam met een zandkern met een kleibekleding leunt in belangrijke mate op de ondoorlatendheid van de kleibekleding, zodat er sprake is van een goed tegen erosie beschermde, stevige zandkern, die over het algemeen aan de landzijde ook goed gedraineerd is. Deze zandkern fungeert op zijn beurt weer als een solide ondersteuning van de kleilaag aan de buitenzijde. In Figuur 4.1 is een voorbeeld te zien van een dergelijke dijk, na gedeeltelijk afgraven.



Figuur 4.1 Voorbeeld van een primaire waterkering bestaande uit een zandkern met kleibekleding: de IJsseldijk ter hoogte van het Reevediep (foto: Bianca Hardeman).

Graverijen in de kleibekleding zullen in belangrijke mate afbreuk doen aan het functioneren van dit op zichzelf goed doordachte systeem, met name als de graverijen geheel door de kleibekleding heen gaan en daarbij ook nog omvangrijk en/of talrijk zijn. In Tabel 4.1 is de geschatte bandbreedte van de invloed van dierlijke graverijen op de overstromingskans per faalmechanisme aangegeven voor primaire waterkeringen in Nederland die op deze wijze zijn opgebouwd. De beperking tot primaire waterkeringen in Nederland hangt samen met de gehanteerde correlaties om bijvoorbeeld een stabiliteitsfactor om te rekenen naar een overstromingskans. Die correlaties lijken overigens vooral van toepassing op rivierdijken (zowel boven- als benedenrivierengebied) en minder op zeedijken. Toepassing op regionale dijken binnen Nederland of op buitenlandse dijken is mogelijk, mits de verschillen in opbouw en samenstelling in acht worden genomen – al dan niet door enkele specifieke berekeningen te maken, bijvoorbeeld volgens de systematiek zoals toegepast door Koelewijn (2023).

Onderstaande tabel is overigens identiek aan de tabel die in dat rapport is gepresenteerd – in veel gevallen betreffen de beschikbare cases deze kwetsbare dijkopbouw, daarnaast geldt dat de beide andere typen dijkopbouw (geheel klei of geheel zand) minder kwetsbaar zijn voor de veranderingen veroorzaakt door dierlijke graverijen. De kleuren geven per vakje de ernst aan, uitgaande van de bovengrens van de bandbreedte: > 1: geel, > 30: oranje, > 10 000: rood. Piping (uitspoeling door een gat dat zich onder het dijklichaam door vormt) wordt alleen relevant geacht voor bevers, aangezien die diep genoeg kunnen graven en dat ook onder de waterlijn doen.

Tabel 4.1 *Geschatte bandbreedte van de invloed van dierlijke graverijen op de overstromingskans per faalmechanisme voor primaire waterkeringen in Nederland opgebouwd als een zandkern met kleibekleding.*

Dier - graaflocatie	Binnenwaartse macrostabiliteit	Opdrukken deklaag**	Erosie deklaag***	Uitspoeling door gat in bekleding	Piping (BEP)
Bever					
- landzijde	0.01 – 1	0.000 1 – 1	*	1 – 100 000	1 – 10 000
- waterzijde	1 – 1000	1 – 1000	1 – 100	1 – 100	1 – 100 000
- beide zijden	0.1 – 100	0.001 – 100	1 – 1000	10 – 1 000 000	1 – 10 000 000
Das					
- landzijde	0.01 – 1	0.001 – 1	3 – 1000	1 – 100 000	*
- waterzijde	1 – 10 000	1 – 10 000	3 – 1000	1 – 1000	*
- beide zijden	0.1 – 1000	0.001 – 10 000	3 – 10 000	3 – 10 000 000	*
Mol					
- landzijde	0.1 – 1	0.01 – 1	1 – 100	1 – 1000	*
- waterzijde	1 – 30	1 – 10	1 – 100	1 – 100	*
- beide zijden	1 – 10	0.01 – 10	1 – 1000	1 – 10 000	*
Vos en konijn					
- nabij kruin	0.1 – 3	0.3 – 10	3 – 1000	1 – 100	*
- laag, landzijde	0.01 – 1	0.001 – 1	3 – 1000	1 – 1000	*
- laag, waterzijde	*	*	*	*	*
Woelrat en muis					
- landzijde	0.1 – 1	0.1 – 1	1 – 3	1 – 10	*
- waterzijde	1 – 3	1 – 3	1 – 3	1 – 3	*
- beide zijden	0.1 – 3	0.1 – 3	1 – 3	1 – 30	*

* een dergelijke graverij op deze locatie en/of diepte die invloed heeft op dit faalmechanisme is in het algemeen zeer onwaarschijnlijk.

** wegspoelen door waterdruk door de dijk heen ('van binnenuit').

*** wegspoelen door erosie van buitenaf, tot en met bresvorming en -groei.

4.2.3 Kleidijk (kern en bekleding van klei)

Als de klei geheel opgebouwd is uit klei, dan is het effect van een beschadiging van de klei aan de buitenkant veel minder groot dan bij een dijk met een zandkern. Nog steeds wordt het meeste effect verwacht van de veranderingen in de (tijdsafhankelijke) waterdrukverdeling in de dijk voor de situatie met graverij ten opzichte van de situatie zonder, maar het effect is vermoedelijk veel kleiner. "Vermoedelijk", omdat dit een inschatting betreft op basis van engineering judgement, voortbouwend op de ervaring opgedaan bij het samenstellen van Koelewijn (2023) en enige ervaring met het gedrag van dergelijke kleidijken, zowel op basis van beoordelingen als met grootschalige veldexperimenten.

De bandbreedtes zijn aangegeven in Tabel 4.2. In veel gevallen zijn de waarden een stuk kleiner dan in de voorgaande tabel. De kansverandering op een overstroming als gevolg van piping door bevergraverijen, aangegeven in de laatste kolom, is onveranderd, aangezien dit faalmechanisme zich in de ondergrond afspeelt en daarmee losstaat van de opbouw van het dijklichaam. De betekenis van de kleuren is hetzelfde gebleven, met toevoeging van groen voor kansen niet groter dan 1 (een gunstige invloed op het beschouwde faalmechanisme, echter wel met een grotere kans dan voorheen op andere faalmechanismen).

Tabel 4.2 Geschatte bandbreedte van de invloed van dierlijke graverijen op de overstromingskans per faalmechanisme voor primaire waterkeringen in Nederland die geheel opgebouwd is uit klei.

Dier - graaflocatie	Binnenwaartse macrostabiliteit	Opdrukken deklaag**	Erosie deklaag***	Uitspoeling door gat in bekleding	Piping (BEP)
Bever					
- landzijde	0.01 – 1	*	*	1 – 10	1 – 10 000
- waterzijde	1 – 100	1 – 10	1 – 3	1 – 10	1 – 100 000
- beide zijden	0.1 – 100	1 – 10	1 – 10	1 – 1 000	1 – 10 000 000
Das					
- landzijde	0.01 – 1	*	3 – 100	1 – 1000	*
- waterzijde	1 – 1000	1 – 100	3 – 100	1 – 100	*
- beide zijden	0.1 – 1000	1 – 100	3 – 1000	1 – 100 000	*
Mol					
- landzijde	0.3 – 1	0.1 – 1	1 – 10	1 – 10	*
- waterzijde	1 – 10	1 – 3	1 – 10	1 – 3	*
- beide zijden	1 – 10	0.1 – 3	1 – 100	1 – 30	*
Vos en konijn					
- nabij kruin	0.3 – 3	*	3 – 100	1 – 100	*
- laag, landzijde	0.1 – 1	0.1 – 1	3 – 100	1 – 100	*
- laag, waterzijde	*	*	*	*	*
Woelrat en muis					
- landzijde	*	*	*	1 – 3	*
- waterzijde	*	*	*	1 – 3	*
- beide zijden	*	*	*	1 – 10	*

* een dergelijke graverij op deze locatie en/of diepte die invloed heeft op dit faalmechanisme is in het algemeen zeer onwaarschijnlijk.

** wegspoelen door waterdruk door de dijk heen ('van binnenuit').

*** wegspoelen door erosie van buitenaf, tot en met bresvorming en -groei.

4.2.4 Zanddijk (zonder klei)

Ook voor zanddijken is een aparte tabel gemaakt; Tabel 4.3. Daarbij is er rekening mee gehouden dat zanddijken in de praktijk niet bestaan uit vrijwel zuiver zand zoals zichtbaar in de kern van de dijk op de foto in Figuur 4.1, maar met een wat grotere kleifractie. De bandbreedtes in deze tabel liggen over het algemeen dichter bij die van Tabel 4.1 dan bij Tabel 4.2 het geval is. Dit heeft een drietal oorzaken: ten eerste wordt een zanddijk ingeschat als gevoeliger voor eenzelfde formaat graverij dan een kleidijk, ten tweede is dit type dijk minder bekend voor de auteurs (reden om wat voorzichtig te zijn en de maximale waarde niet te veel te willen reduceren), en ten derde is de inschatting dat de algehele veiligheidsmarge bij dit type dijken wat minder groot is dan bij de beide andere typen in sommige gebieden het geval is (mede in samenhang met het vereiste veiligheidsniveau van het achterland ter plaatse), zodat een al te hoge waarde onrealistisch zou zijn (de overstromingskans kan immers nooit groter zijn dan 1).

In één geval is een hogere bovengrens aangegeven dan in de oorspronkelijke tabel uit Koelewijn (2023), namelijk voor een graverij door dassen aan de waterzijde die leidt tot uitspoeling door een gat in de bekleding (of: toplaag). Deze is een orde van grootte vergroot (dus met een factor 10), omdat zandiger materiaal bij golven en stroming gemakkelijk zal worden meegevoerd, met alle gevolgen van dien als het hoogwater lang genoeg aanhoudt.

Tabel 4.3 Geschatte bandbreedte van de invloed van dierlijke graverijen op de overstromingskans per faalmechanisme voor primaire waterkeringen in Nederland die geheel opgebouwd is uit zand.

Dier - graaflocatie	Binnenwaartse macrostabiliteit	Opdrukken deklaag**	Erosie deklaag***	Uitspoeling door gat in bekleding	Piping (BEP)
Bever					
- landzijde	0.1 – 1	0.01 – 1	*	1 – 10 000	1 – 10 000
- waterzijde	1 – 1000	1 – 100	1 – 100	1 – 1000	1 – 100 000
- beide zijden	0.1 – 100	0.01 – 100	1 – 1000	1 – 100 000	1 – 10 000 000
Das					
- landzijde	0.01 – 1	0.001 – 1	3 – 1000	1 – 100 000	*
- waterzijde	1 – 10 000	1 – 1000	3 – 1000	1 – 10 000	*
- beide zijden	0.1 – 1000	0.01 – 1000	3 – 10 000	3 – 1 000 000	*
Mol					
- landzijde	0.1 – 1	0.1 – 1	1 – 100	1 – 1000	*
- waterzijde	1 – 30	1 – 10	1 – 100	1 – 100	*
- beide zijden	1 – 10	0.1 – 10	1 – 1000	1 – 10 000	*
Vos en konijn					
- nabij kruin	0.1 – 3	0.3 – 10	3 – 1000	1 – 100	*
- laag, landzijde	0.01 – 1	0.001 – 1	3 – 1000	1 – 1000	*
- laag, waterzijde	*	*	*	*	*
Woelrat en muis					
- landzijde	0.1 – 1	0.3 – 1	1 – 3	1 – 10	*
- waterzijde	1 – 3	1 – 3	1 – 3	1 – 3	*
- beide zijden	0.1 – 3	0.3 – 3	1 – 3	1 – 30	*

* een dergelijke graverij op deze locatie en/of diepte die invloed heeft op dit faalmechanisme is in het algemeen zeer onwaarschijnlijk.

** wegspoelen door waterdruk door de dijk heen ('van binnenuit').

*** wegspoelen door erosie van buitenaf, tot en met bresvorming en -groei.

4.2.5 Evaluatie

Bij de voorgaande tabellen dient bedacht te worden dat deze weliswaar een bruikbare indicatie kunnen geven van de invloed van dierlijke graverijen op de overstromingskans bij een dijk, maar de waarden daarin kennen een betrekkelijk smalle basis. Dat is niet alleen omdat voor meerdere faalmechanismen er nog geen algemeen toepasbaar probabilistisch model beschikbaar is, maar vooral doordat de empirische basis beperkt is. Hoewel dat in het algemeen gezien mag worden als een gunstige situatie (immers, hoe minder overstromingen, hoe beter), mag het toch zinvol worden geacht om de basis onder deze tabellen te versterken en de tabelwaarden waar nodig en waar mogelijk te verbeteren. Dit kan zonder (overstromings)problemen zowel door het doorrekenen van meer situaties, als door de (door)ontwikkeling van modellen voor met name het opdrukken van de deklaag, de erosie van de deklaag en uitspoeling door een gat in de bekleding/toplaag. Empirisch onderzoek naar de veranderingen in de grondwaterstroming binnen de dijk onder invloed van (meer) graverijen kan bij deze evaluatie ook een belangrijke rol spelen.

5 Conclusies

5.1 Cases

Bij de Waterschappen Limburg en Hunze en Aa's en RWS Zuid Nederland zijn bezoeken gebracht en observaties gedaan. Op basis van gesprekken en de observaties worden de volgende conclusies getrokken:

- Op alle bezochte locaties is de bever aanwezig en kunnen de graverijen een gevaar opleveren voor de waterkering, waardoor een mogelijke toename van de overstromingskans van de waterkering mogelijk is.
- Door de aanwezigheid van grote aantallen bevers wordt soms reactief gereageerd bij meldingen en wordt er niet actief gezocht naar bevergraverijen. Bij waterschappen waar nog weinig bevers zijn wordt actief gezocht naar bevergraverijen en direct gereageerd op meldingen van bevergraverij.
- Bij een (verzakte) steenbestorting is het nog steeds mogelijk dat een bever onder/door de steenbestorting zijn hol kan graven. De vaak geopperde gedachte dat een steenbestorting afdoende bescherming biedt tegen graverijen blijkt in de praktijk onjuist.
- Rijkswaterstaat ondervindt veel tegenstrijdige issues in de wet- en regelgeving. Waterveiligheid en natuurwaarden kunnen in conflict met elkaar zijn zonder dat er duidelijk is welk belang dient te prevaleren. Om hiermee om te gaan worden olifanten- dan wel geitenpaadjes toegepast, en het toewerken naar een werkbaar kader gaat langzaam, zeker indien dit een brede maatschappelijke discussie inhoudt.
- In een territorium kunnen tot wel 100 graverijen aanwezig zijn, veel meer dan vaak wordt verondersteld. Het onderzoek van Kurstjens uit 2020 toont dit ook aan.
- Nog niet alle beverpopulaties in Nederland zijn met elkaar verbonden, maar het is wel in toenemende mate een probleem om geschikte gebieden te vinden om gevangen bevers uit te zetten.
- Bij hoogwater gaan de bevers niet direct in het talud graven, wel als het waterniveau langere tijd hoger blijft. De weersomstandigheden zijn hier ook bij van invloed: bij guur weer zal een bever die verdreven is door het hoogwater eerder een hol gaan graven dan bij aangename omstandigheden.
- Landelijke Risico-inventarisatiekaarten, die nu door het Directoraat Generaal Water en Bodem van het Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat worden opgesteld, bieden perspectief voor de toekomst doordat er duidelijkheid komt waar de bever wel en niet mag komen en er hierdoor gericht beverwerende maatregelen genomen kunnen worden. Zie ook het voorbeeld zoals is opgesteld voor de Waterschappen Noorderzijlvest en Hunze en Aa's. (zie ook Figuur 2.3).

5.2 Detectiemethode

Op de Kennisdag Dierlijke Graverij is informatie verzameld door het geven van een workshop. Tevens is er uit de gesprekken met de beheerders van de bezochte waterschappen en RWS-Zuid Nederland informatie opgehaald:

- De deelnemers gaven aan dat de kans op het vinden van alle graverijen als zeer klein werd ingeschat: 1,3 op een schaal van 1 tot 5, waarbij voor 5 geldt dat alle graverijen gevonden worden.
- Door de deelnemers zijn verschillende detectiemethoden als goedwerkend aangemerkt, maar opvallend is dat voor sommige detectiemethoden deze juist weer door de andere deelnemers als niet goedwerkend werden beschouwd.
- Er zijn veel verschillende technieken genoemd. Naast zintuigelijk onderzoek zijn ook (technische) hulpmiddelen en het gebruik van diverse platforms nodig.

- Er is nog geen consensus over één geschikte techniek die overal effectief is. Een combinatie van technieken zou een oplossing kunnen zijn.
- Er is een duidelijke wens om middels een tweetrapsraket de dierlijke graverij op te sporen, waarbij eerst grof (over een lang traject) wordt gekeken waar de graverij zich bevindt om vervolgens met een nauwkeurige detectiemethode de grootte en het ruimtelijk verloop te bepalen op lokaal niveau. Hierbij werd nog niet aangegeven welke detectiemethoden zouden kunnen worden gebruikt.

5.3 Invloed op overstromingskansen

Dat dierlijke graverijen een bedreiging kunnen vormen voor waterkeringen, met name voor dijken, is in 2023 verder duidelijk geworden. Deze graverijen doorbreken waterremmende lagen en zorgen voor kortsluiting tussen buiten- en binnenwater. Hoewel gerekend tot de indirecte mechanismen, blijken ze afhankelijk van de plaatselijke situatie tot een forse toename in de overstromingskans te kunnen leiden. De graverij heeft met andere woorden invloed op directe mechanismen als piping, macrostabiliteit of integriteit van de dijkbekleding.

In deze rapportage is een uitsplitsing gemaakt naar dijkopbouw van een eerder gepubliceerde tabel met bandbreedtes van de invloed op de overstromingskans voor verscheidene combinaties van diersoorten en faalmechanismen. Deze tabellen dienen als een eerste indicatie en kunnen de komende jaren hopelijk worden aangescherpt en beter worden onderbouwd dan nu mogelijk is. In de tabellen komt al wel naar voren dat een dijk die volledig uit klei is opgebouwd, minder kwetsbaar is voor graverijen dan dijken met een zandkern, al dan niet afgedekt met een kleibekleding.

5.4 Doorkijk naar 2024

Voor 2024 worden de volgende twee activiteiten voorzien binnen het SITO- onderzoek onderdeel VOW, gericht op verschillende doelgroepen die hierin de praktijk mee te maken hebben:

1. Een praktische handreiking, met als doelgroep de dijkbeheerder, om te bepalen welke schades tot welke problemen (faalmechanismen) leiden. Hierbij zal ook worden ingegaan op de vraag hoe op een effectieve wijze interventie kan plaatsvinden indien dat nodig is om een dijkdoorbraak te voorkomen. Behalve voortbouwen op de activiteiten uit 2023 en eerder, zal hierbij ook de kennis benut worden uit het International Handbook for Emergency Response on Flood Defences.
2. Een "(concept-) Toepassingskader dierlijke graverijen bij beoordeling en ontwerp", waarmee de potentiële invloed van graverijen per onderscheiden direct faalmechanisme binnen een redelijke bandbreedte kan worden ingeschat voor concrete dijkstrekkings. Dit dient zowel ter ondersteuning van de beoordeling als voor ontwerpen. De doelgroep bestaat in dit geval uit medewerkers van waterschappen en ingenieursbureaus betrokken bij toetsing en/of ontwerp.

Beide onderdelen versterken elkaar, door een gemeenschappelijke basis. Het is de verwachting dat binnen de beschikbare (doorloop-)tijd en budget wel tot een geschikte praktische handreiking (onderdeel 1) zal kunnen worden gekomen, maar dat voor een meer definitieve versie van het toepassingskader (onderdeel 2) eerst wat 'best practices' opgebouwd moeten worden met behulp van de concept-versie.

Referenties

- Bogaert, 2022. Michiel van den Bogaert, Calamiteiten door Bevers en Dassen bij het Spoor, ProRail, presentatie tijdens Kennisdag Graverij in Waterkeringen: Waterveiligheid en ecologie: natuurlijk een uitdaging / een natuurlijke uitdaging op 28 juni 2023.
- Bos et al., 2020. D. Bos, R. de Jong, H. van Hemert, V. Dijkstra & G. Kurstjens Beverbeheerplan Groningen en Drenthe 2021-2025 rapport 19-402
https://www.provinciegroningen.nl/fileadmin/user_upload/Documenten/Downloads/Downloads_2021/Beverbeheerplan_Drenthe_Groningen_2021-2025.pdf.
- Blumenschein et al., 2017. Blumenschein, L.H., Okamura, A.M., Hawkes, E.W. (2017). Modeling of Bioinspired Apical Extension in a Soft Robot. In: Mangan, M., Cutkosky, M., Mura, A., Verschure, P., Prescott, T., Lepora, N. (eds) Biomimetic and Biohybrid Systems. Living Machines 2017. Lecture Notes in Computer Science(), vol 10384. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-63537-8_45.
- Fridén et al, 2023. H. Fridén, A. Jacobsen, D. Glebe, A. Bjork, Development and application of data-driven surveillance of sensors and dams, Symposium "Management for Safe Dams" - 91st Annual ICOLD Meeting – Gothenburg 13-14 June 2023.
- Hawkes et al, 2017. E. W. Hawkes, L. H. Blumenschein, J. D. Greer and A. M. Okamura, A Soft Robot That Navigates Its Environment Through Growth, In Science Robotics 2(8) 2017 DOI: 10.1126/scirobotics.aan3028.
- Klaarbergen, van, I. C. (2022). Quantifying thermal imaging data for piping detection: analyzing the flow rate and the size of the temperature spots in thermal images of seepage at dykes (MSc thesis, University of Twente). URL: http://essay.utwente.nl/92012/1/Van_Klaarbergen_MA_ET.pdf.
- Koelewijn et al., 2022. Koelewijn, A.R., Rikkert, S.J.H., Peeters, P., Depreiter, D., van Damme, M., & Zomer, W., Overflow Tests on Grass-Covered Embankments at the Living Lab Hedwige-Prosperpolder: An Overview. Water, 14(18), 2859.
- Koelewijn, 2023. Koelewijn, A. Invloed van dierlijke graverijen op de overstromingskans, een kwantitatieve inschatting, rapportage 11208057-050-GEO-0002 d.d. 26-05-2023, 49 pp., https://publications.deltares.nl/11208057_050_0002.pdf.
- Kurstjens, 2020. Gijs Kurstjens i.s.m. Willy de Koning e.a., Monitoring beverpopulatie Limburg 2020, 18 augustus 2020.
- Prins, (2022). P. Prins, Detection of animal burrows in a dike. Creating and detecting animal burrows made in the lab. BSc thesis. TU Delft.
- Roorda, 2022. Hennie Roorda, Naar een nationale beveraankpak, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, presentatie tijdens Kennisdag Graverij in Waterkeringen: Waterveiligheid en ecologie: natuurlijk een uitdaging / een natuurlijke uitdaging op 28 juni 2023.
- Rösingh et al., (2017). Rösingh, O., Enschedé, M., Groenouwe, I., Reichart, N., Zomer, W., Rinsema, J. (2017). Infraroodmetingen bij dijken. Haalbaarheidsstudie voor de POV Piping. VOF Dijk Monitoring Nederland. Document nummer: 170719RAP.V11.

- Rothengatter, M. 2023. Powerpointpresentatie Bevers Hunze en Aa's door Marc Rothengatter op 25 juli 2023 Bij Hunze en Aa's.
- Van den Berg, 2022. Frans van den Berg, Effect bevergraverij op faalmechanismen dijken, rapport 11207915-001-GEO-0002, Deltares, Delft, 20 mei 2022.
- Van den Berg & Koelewijn, 2022. F.P.W. van den Berg, A.R. Koelewijn, Degradatie van dijken door dieren en droogte, Uitwerking observaties graverijen en scheuren, Deltares, rapport met kenmerk 11208034-002-ZWS-0001 d.d. 28-11-2022 https://publications.deltares.nl/11208034_002_0001.pdf.
- Zonneveld, 2023. Lennaert Zonneveld, Lokaliseren ingang beverholen met sidescan sonar, rapport met kenmerk SCP231015-001, d.d. 15-10-2023.

A Observaties Waterschap Limburg

A.1 Algemeen

Bij het Waterschap Limburg (WL) is op 18 juli 2023 een aantal locaties bezocht waar dierlijke graverijen aanwezig waren. De dierlijke graverijen bestonden uit graverijen van bevers, dassen en konijnen.

De locaties zijn gezamenlijk bezocht door:

- Marko Sanders (WL) muskus- en beverrattenbestrijder.
- André Koelewijn en Frans van den Berg (Deltares).

Bij het Waterschap Limburg zijn er ca. 17 muskus/beverratbestrijders actief.

De observaties zijn gedaan langs de rivier de Niers in en rondom Gennep. Deze rivier ontspringt in Duitsland en mondt bij Gennep uit in de Maas.

A.2 Verschillende observaties langs de Niers

- Bij hoogwater gaan de bevers niet direct in het talud graven wel als het waterniveau langer hoger blijft.
- In 1994 zijn 10 bevers door stichting ARK (<https://www.ark.eu/>) uitgezet in de Millingerwaard.

Vanaf 2002 zijn ook bevers uitgezet in Limburg, waaronder ook in de Niers bij Gennep. De uitgezette bevers kwamen allen uit de omgeving van de Elbe en zijn bruin van kleur. Spoedig na de uitzetting werden er ook bevers waargenomen met een zwarte pels. Deze waren waarschijnlijk afkomstig uit de Eiffel in Duitsland. Het is onbekend hoe deze hier terecht zijn gekomen. Ondertussen hebben de beide populaties zich gemixt. Het doel was destijds dat er een stabiele populatie van 600 -700 bevers zou ontstaan. Momenteel zijn er naar schatting circa ruim 2000 in het beheergebied van het Waterschap in Limburg aanwezig en de groei gaat nog door.

In het begin van hun aanwezigheid werd er nauwelijks door de bever aan hardhouten bomen geknaagd. Nu komt het regelmatig voor dat zelfs aan eiken wordt geknaagd⁵. Op de foto in Figuur A.1 is te zien dat er ook aan een forse populier is geknaagd.

⁵ <https://www.gelderlander.nl/maasland/bevers-aan-het-werk-langs-de-niers-bij-gennep~a9d8f741/>
<https://www.gelderlander.nl/gennep/bevers-opnieuw-actief-langs-de-niers-bij-gennep~a6599504/>
<https://www.bezoekgennep.nl/nieuws/bevers-actief-in-bergen-en-gennep>



Figuur A.1 Door bever aangetaste boom langs de Niers aan de Genneperhuisweg in Gennepe.



Figuur A.2 Een omgeknaagde boom langs de Niers (Foto: Marco Sanders).

Vanuit de muskus- en beverratten bestrijding wordt er al 10 jaar gewaarschuwd voor de grote toename van de bevers in het beheergebied van het Waterschap.

Het komt ook regelmatig voor dat bevers in afsluiters in de dijk gaan zitten. Het is ook al voorgekomen dat bevers door kunststof afsluiters heen knagen. Bij de Niersdijk langs de Niers heeft ook een bever bij een afsluiter gezeten. Bij de Niersdijk, nabij dijkpaal 55.111 zijn ook veel locaties waar bevers holen hebben gegraven. In Figuur A.3 is de begroeiing aan de teen van de dijk goed te zien. De bomen aan de teen van de dijk zijn ook al behoorlijk aangetast door de bever. Een aantal bomen die door het knagen bijna om zouden vallen zijn door het Waterschap preventief verwijderd.



Figuur A.3 Niersdijk met veel vegetatie in de teen van de dijk. Hier is ook een aantal bevergraverijen waargenomen.

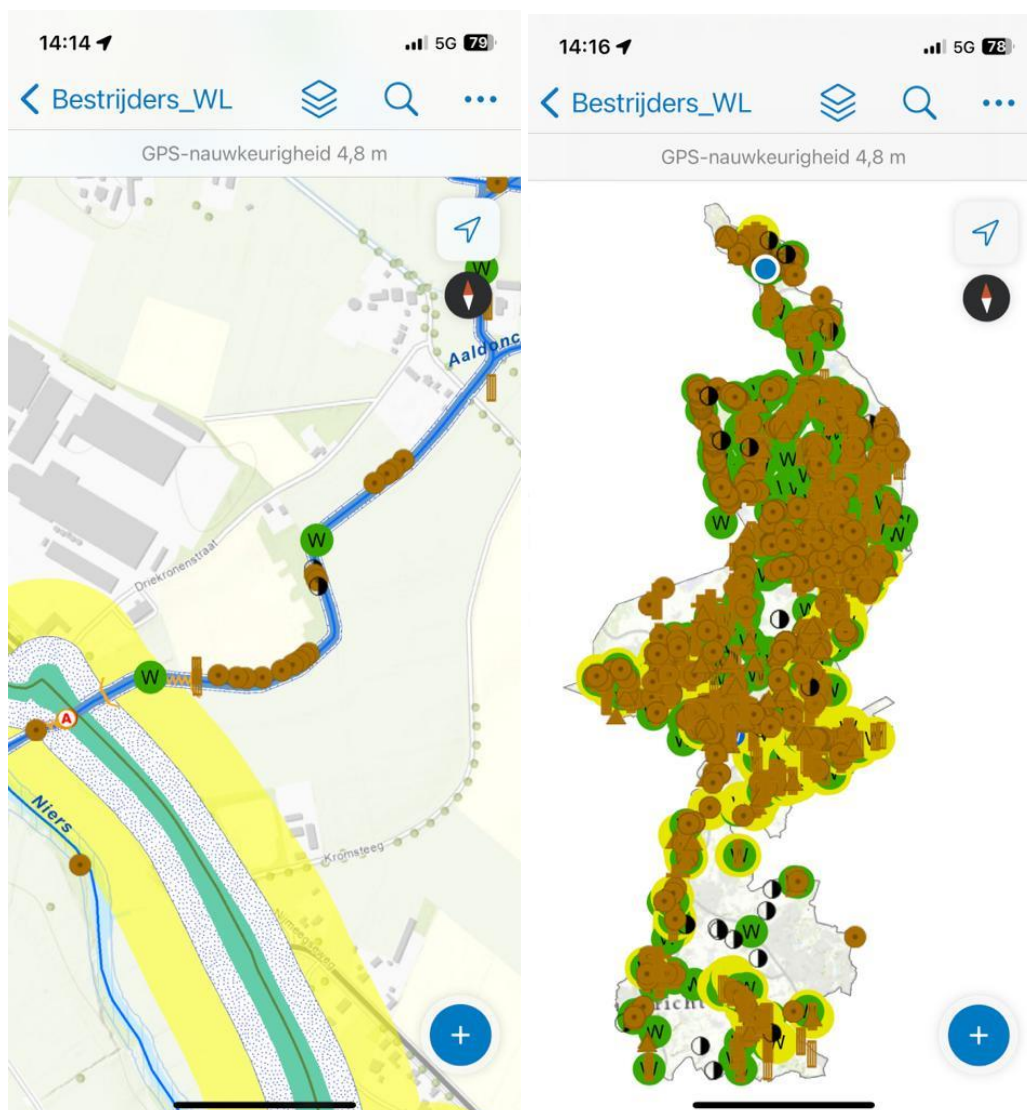
Nabij de kruin van de dijk aan de Nierskade is ook een verzakking waargenomen. Dit is in Figuur A.4 goed te zien. Op deze locatie bevindt zich ook een uitlaat, waarvan de klep zich in de nabijheid van deze locatie bevindt.



Figuur A.3 Een verzakking nabij de kruin van de dijk, wellicht veroorzaakt door bevergraverij.

A.3 Overige observaties en mondelinge mededelingen

- Veel schaar dijken in beheergebied Waterschap Limburg.
- In het afgegraven hoogveengebied de Peel op de grens met de Maas komen ook bevers voor. Om er voor te zorgen dat het Maaswater niet kan mengen met het water in de Peel is er langs de Peeldijken gaas aangebracht om er ieder geval voor te zorgen dat er geen doorbraak kan komen door graafschade.
- Nabij Evertsoord in Horst aan de Maas zijn onder het wegdek van het fietspad bevergraverijen aangetroffen. Nadat het wegdek is afgegraven zijn circa 60 holen aangetroffen. De herstelwerkzaamheden hebben ca. 650k Euro gekost.
- Bij laagwater van de Maas zijn langs de oude steenfabriek aan de Bloemenstraat in Milsbeek 23 ingangen van bevergraverijen ontdekt. De bever groef ook onder de bestaande keerwand aldaar. Uiteindelijk is ook begroeiing in de vorm van struiken weggehaald en zijn er basaltstenen gestort. Momenteel zijn er daar geen bevers meer gevestigd.
- Door het waterschap wordt er gebruik gemaakt van een app om de dierenactiviteiten van voornamelijk de bever en de dassen in op te nemen. Zie Figuur A.5.



Figuur A.4 Afdruk van de dieren app van het waterschap. Links: situatie langs de Niers Rechts: vastgelegde bevergraverijen in het beheergebied van WL.

- Marko geeft aan dat men landelijk veel eerder actie had moeten nemen met de problematiek rondom bever- en dassen graverijen. Het landelijk beverprotocol biedt echter hoop voor de toekomst.
- De bever wordt gevangen in extra grote kooien, voorzien van een sensor, waardoor direct actie kan worden genomen door het Waterschap wanneer er een bever in de kooi belandt.
- Als er ergens een bever weggevangen wordt, wordt er bepaald of overplaatsing mogelijk is (een ander gebied, andere provincie, ander land, dierentuin of waar mogelijk).
- Zo'n 10 jaar geleden zijn er plannen geweest om de gevangen bevers in Drenthe en Groningen uit te zetten. Dit is destijds een enkele maal gebeurd, maar sindsdien niet meer. Er zijn ook plannen geweest om de bever naar Engeland te verplaatsen, maar dat plan is uiteindelijk nooit uitgevoerd.
- Behalve de bever vormt ook de beverrat een probleem. De beverrat leeft in het zelfde gebied als de bever. De beverratten verschuilen zich soms ook in verlaten beverholen. De muskusrat is ook hier nog actief. De muskusrat heeft 3-4 worpen per jaar. Per worp ca. 4-10 jongen, gemiddeld 7 jongen. Aan het van het seizoen zijn er ca. 25 jonge muskusratten over per paar.
- In tegenstelling tot bij de bever en de beverrat, waarbij het uitgegraven zand wordt uitgewaaid in de sloot/ rivier, is dit bij de muskusrat niet het geval. Hierdoor is de locatie van de muskusrat veelal makkelijker te zien dan bij de bever/ beverrat.
- Het doel van de waterschappen is om de muskusrat in 2035 tot aan de landsgrens helemaal te hebben verbannen.

A.4 Oplossingsrichtingen

De volgende oplossingsrichtingen voor de besproken problematiek zijn aangedragen:

- Landschap zodanig aanpassen dat de bever het niet meer aantrekkelijk vindt.
- Goed geplaatste (ronde) stortsteen is een goede oplossing.
- Gaas in de teen van de dijk plaatsen om zo ondergraven onmogelijk te maken. Dit wellicht bij schaarlijken preventief toepassen.
- Bij een dassenhol is wegpesten een oplossing; hierbij wordt dan steeds een gedeelte van het hol dichtgegooid met zand om te kijken of er nog activiteit is.
- eDNA⁶ wordt ook al gebruikt bij het Waterschap Limburg (net als bij meerdere waterschappen) om te zien waar een muskus- of beverrat zich bevindt.

⁶ Dieren laten kleine beetjes DNA achter in hun omgeving, bijvoorbeeld door het afscheiden van uitwerpselen of slijm. Dit zogenaamde environmental DNA, ofwel eDNA, verschilt per soort en kan met nieuwe genetische detectiemethodes worden gesignaleerd. Op die manier is het mogelijk om de aanwezigheid van dieren aan te tonen op basis van simpele watermonsters.

B Observaties Rijkswaterstaat Zuid-Nederland

B.1 Algemeen

Bij Rijkswaterstaat Zuid-Nederland (RWS-ZN) is op 19 juli 2023 een aantal locaties bezocht waar dierlijke graverijen aanwezig waren. Het betreft hier kanalen en kanaaldijken waar RWS-ZN het beheer over heeft. De dierlijke graverijen bestond uit graverijen van bevers.

De bezochte locaties zijn:

- Omgeving Aasterberg (tussen het Julianakanaal en de Oude Maas).
- Julianakanaal in Echt-Susteren nabij de Illikhovenbrug (Verloren van Themaatweg).

De locaties zijn gezamenlijk bezocht door:

- Jasper Schutte (RWS-ZN).
- André Koelewijn en Frans van den Berg (Deltares).

Aan het overleg op kantoor in Roermond over de graverijen na het locatiebezoek namen ook Hans van Wanrooij (RWS-ZN) en Reindert Stellingwerff (RWS-WVL) deel.

B.2 Verschillende observaties in het beheergebied

- In het jaar 2018 waren er nog ca. 2000 bevers in het beheergebied van RWS-ZN. Momenteel zijn er ca. 3000 bevers aanwezig. Bij de herintroductie van de bever is geen beheerplan opgesteld, vandaar dat de bever nu nagenoeg in het gehele beheergebied aanwezig is. Jos Rademakers is namens stichting Ark⁷ betrokken geweest bij de herintroductie van de bever. Het idee was destijds dat bij ca. 1200 Bevers in Limburg (Maas en zijrivieren) er voldoende bevers aanwezig zijn voor duurzame instandhouding. Destijds was er nog geen evenwichtige verspreiding ('wenskaarten'). Bij het uitzetten van de bever is er geen enkele perceptie geweest wat dit voor de waterveiligheid op de lange termijn zou kunnen gaan betekenen.
- Natuurorganisaties benoemden grote delen van met name Zuid Limburg als onwenselijk voor de bever, vanwege ongewenste effecten voor aanwezige zeldzame orchideeën (ontkalking).
- Herintroductie van de otter zou pas acceptabel moeten zijn als er een haalbaar en realistisch beheerplan ligt (dat was er niet bij de introductie van de bever).
- Bevers die in waterkeringen graven kunnen worden gevangen, maar er zijn geen plekken voorhanden waar ze weer uitgezet kunnen worden. Alle potentiële uitzetlocaties zijn inmiddels Europa-breed bezet.
- Wanneer er geen enkel alternatief meer is en de waterveiligheid komt in het geding dan kunnen, na het verkrijgen van de juiste vergunningen, bevers worden afgeschoten. Tot nu toe zijn er circa 100-200 bevers in Limburg afgeschoten, ondanks de strenge voorwaarden om tot afschieten over te mogen gaan.
- De laatste 5 jaar zijn er circa 20 (bekende) dierlijke graafincidenten geweest die tot actie hebben geleid. Momenteel zijn er zoveel graafincidenten van onder andere bevers, dat alleen reactief gehandeld wordt als er door een eigen inspectie of door waarneming door een externe partij op wordt geattendeerd. Er wordt dan alleen direct actie ondernomen als de overstromingskans van de waterkering toeneemt ten gevolge van de graverij. Hierbij wordt ook middels een kosten-baten-afweging een oordeel over geveld.
- Bij de Ur (beek die loopt van Stein tot aan de Maas en stroomt langs Julianakanaal) is er een aantasting van de teen geconstateerd door bevergraverijen. De oplossingsmaatregel is een stenen wand (stapelmuur), deze is aangebracht. Het plaatsen van een houten

⁷ <https://www.ark.eu/>

beschoeiing was geen optie en taludverflauwing was niet mogelijk in verband met een tekort aan ruimte. Het aanbrengen van gaas werd niet geaccepteerd door de ILT.

- De herstelkosten ten gevolge van bevergraverijen bedragen al meerdere miljoenen. Denk hierbij ook aan kosten voor inzet van ecologen voor begeleiding, nagraafkosten, aanvullen, repareren, etc.
- Niet alleen in de oevers van de kanalen zijn bevers aanwezig maar ook onder de vluchtstrook van de A73 zijn bevers waargenomen. Deze vluchtstrook is door de graverijen compleet ingezakt.
- Twintig gevallen in 5 jaar, hoeveel geld is daarmee gemoeid?
 - De verzakking van de vluchtstrook langs de A73, circa 600 kE.
 - Aanpassing van talud Julianakanaal bij Ur, bijna 300 kE.
 - Aanpassing oever Julianakanaal bij Stein, circa 150 kE.
 - Circa 2-3 miljoen kanaal Wessem-Nederweert.Dit zijn alleen de bekende gevallen waarbij besloten is om actie te ondernemen. Daarnaast nog vaste kosten voor graverijen (w.o. gerichte inspecties). Aa en Maas zit nu aan 6 ton per jaar, en dat is sterk groeiende!
- Voor RWS-infrastructuur zijn er veel beleidsdoelen en ambities in de opgaven, bijvoorbeeld Natura 2000 rondom de Grensmaas of de Kaderrichtlijn Water (KRW). Problemen die op kunnen treden zijn bijvoorbeeld een belangrijke Geulduiker die verstopt raakt door beverdammateriaal met wateroverlast of overstromingen verder bovenstrooms tot gevolg.
- Inmiddels is het wel langzamerhand duidelijker waar de problemen met de bevergraverij waarschijnlijk zijn om op te treden, vooral bij kanalen in Zuid-Nederland. De vragen waar nu over nagedacht wordt zijn: Waar speelt het exact in het areaal, en wat dan?
- De landelijk op te zetten risico-inventarisatiekaarten zullen goede handvatten geven om aan te geven waar actie benodigd is tegen bevers en waar niet. Hiermee wordt duidelijk waar de bevers niet gewenst zijn en kunnen maatregelen getroffen worden om ze uit het gebied te weren.
- Met de provincies Limburg en Noord-Brabant wordt bekeken waar, vanuit het perspectief van de bever, een duurzame instandhouding zonder veiligheidsrisico's mogelijk is. Hierbij ook rekening houdend met andere belangen en ook gekoppeld aan diverse interventie maatregelen. Om duurzame instandhouding van de bever in het gebied te waarborgen, wordt ook rekening gehouden met het faunabeheerplan⁸. Deze is opgesteld voor de provincie Limburg, maar (nog) niet aanwezig voor de provincie Noord-Brabant.
- Er zijn veel tegenstrijdige issues in de wetgeving voor RWS. Waterveiligheid en natuurwaarden lopen elkaar in de weg. Hierdoor worden olifanten- dan wel geitenpaadjes toegepast, of langzaam aan gewekt aan een werkbaar kader, desnoods via een brede maatschappelijke discussie.

Detectie

- Het ophalen en vastleggen van de geschikte functionele eisen voor graverijdetectie is een belangrijk doel voor deze rapportage. Bij RWS-ZN is dit in belangrijke mate reactief. Kernvraag: wat wil je weten? Er is waarschijnlijk (nog) niet één techniek die een antwoord geeft op alle vragen vanuit de dijkbeheerder. Huidige beschikbare deskundigheid bij veldinspecties (ook door muskusrattenbeheer en aannemers) is wel beperkend, al is de bijvangst nu wel omvangrijk. Voor de muskusrattenbestrijders is het opsporen van de bevers geen hoofdtaak, zij zien het als bijvangst en geven het door aan RWS, zodat zij kunnen besluiten of actie benodigd is.
- Het niet onderling mogen verrekenen van personele kosten tussen overheden is beperkend gebleken, ook om slagvaardig tot gezamenlijke inspectie / inspectie tot gemeenschappelijk nut op te kunnen zetten.

⁸ <https://limburg.faunabeheereenheid.com/algemeen/faunabeheerplan/>

- Qua detectiemethodiek van de bevers ziet Jasper een tweetrapsraket. In eerste instantie zou er een geschikte methode moeten zijn die over een groot gebied de aanwezigheid van de bever kan lokaliseren. Vervolgens zou er een methode moeten zijn die de graverij nauwkeuriger in kaart brengt. Vooral bij rietkragen en steenbestorting in de oever dient er een goede methodiek te zien om de graverijen te detecteren. Deze oevers met steenbestortingen zijn lastig om te monitoren, doordat er veelal ook begroeiing aanwezig is. Onderwatercamera's in minionderzeeboten, nemen vooral waar aan de voorkant van de boot en dat is onvoldoende om een goed beeld van de oever te krijgen.
- Als er veel oeverbegroeiing aanwezig is, zal dit voor de bever een aantrekkelijke plek zijn om zich te vestigen. Voldoende voedsel en begroeiing die het zicht op een graverij aan het zicht onttrekt zijn belangrijke voorwaarden voor een vestigingsplek voor de bever. Zie Figuur B.1 . Ook aan de overzijde van het kanaal waar een oever van stortsteen is zijn bevers aanwezig. Zie Figuur B.2.



Figuur B.1 Begroeide oever langs het Julianakanaal nabij de Illikhovenbrug in Echt-Susteren is een ideale vestigingsplaats voor bevers.



Figuur B.2 Oever met stortsteen langs het Julianakanaal nabij de Illikhovenbrug in Echt-Susteren. Ook op de locatie graven de bevers een gang onder water tussen de losse stortstenen.

Bij Aasterberg in het gebied tussen de Oude Maas en het Julianakanaal zijn ook veel bevers actief. Zie Figuur B.3 en Figuur B.4.



Figuur B.3 Door bevers aangetaste populier langs de Grensmaas/ Julianakanaal.



Figuur B.4 Oever van de Oude Maas nabij Aasterberg. Te zien is veel vegetatie met mogelijke bevergraverijen.

- Bij een oeverreconstructie langs het Maximakanaal zijn wiepen gebruikt die niet voldoende verhit waren voor het aanbrengen onder de oeverconstructie. Hierdoor zijn de wiepen gaan uitlopen, waardoor een ideaal leefgebied voor de bevers ontstond. Indien RWS de uitgelopen wiepen wil verwijderen en de bevers zouden ten gevolge hiervan voedseltekort hebben, dan dient RWS volgens de RVO de bevers bij te voeren.
- Het idee van hoogwatervluchtplaatsen voor bevers is, bij het grote aantal bevers dat in het beheergebied van RWS-ZN aanwezig is, bij lange na niet voldoende, mocht deze innovatie verder uitgerold worden.
- Liever grootschalige aanpak van landschap (ver) buiten kritische infrastructuur, waar kritische instandhouding gemakkelijk mee kan worden behaald.

C Observaties Waterschap Hunze en Aa's

C.1 Algemeen

Bij het Waterschap Hunze en Aa's (WHA) is op 25 juli 2023 een locatie bezocht waar een beverhol is geconstateerd in een regionale kering. De ontdekking vond plaats tijdens het versterkingsproces van deze kering, doordat er een verzakking optrad bij het passeren van een voertuig. Het betreft de kadeversterking Lappenvoort Oosterland. Tijdens het bezoek werd het beverhol ontgraven en hersteld. De locatie bevindt zich ten zuiden van het meer Friescheveen. Zie Figuur C.1.



Figuur C.1 Locatie van het Friesche Veen in Paterswolde (bron: openstreet map).

De locatie is gezamenlijk bezocht door:

- Brenda Boerema, Marc Rothengatter en Gabriël Rammeloo (allen Waterschap Hunze en Aa's).
- André Koelewijn en Frans van den Berg (Deltares).

C.2 Ontgraven van het beverhol

Nadat er geconstateerd was dat er een verzakking was op de kruin van de kade is er na onderzoek gebleken dat er een bevergraverij aan de verzakking ten grondslag lag. Hierna zijn er stokken voor de ingang van de graverij geplaatst conform het beverprotocol. Zie Figuur C.2. Na een aantal dagen is geconstateerd, dat er geen verandering was in de positie van de aangebrachte stokken. De bever was dus niet in/uit het hol geweest en dus niet aanwezig.

Het uitgraven van het hol kan daarom beginnen. Het ontgraven van het beverhol wordt middels een graafmachine uitgevoerd en voor het fijne precisiewerk met de hand en een spade. Zie Figuur C.3. Uit het onderzoek volgde dat er één kamer in de graverij aanwezig was, maar verder geen zijgangen. De graverij was verlaten en heeft een lengte van circa 9 meter.

Na het compleet uitgraven van de graverij inclusief de vooroever, werd de graverij weer aangevuld met gebiedseigen grond en zorgvuldig verdicht. De werkzaamheden voor de versterking kunnen verder worden uitgevoerd. Door de bevercoördinator van het Waterschap, Brenda Boerema, is een verslag gemaakt van het uitgraven en aanvullen van de bevergraverij. In de bijlage is dit verslag opgenomen.



Figuur C.2 Stokken voor de ingang van de bevergraverij ter controle van de aanwezigheid van de bever.

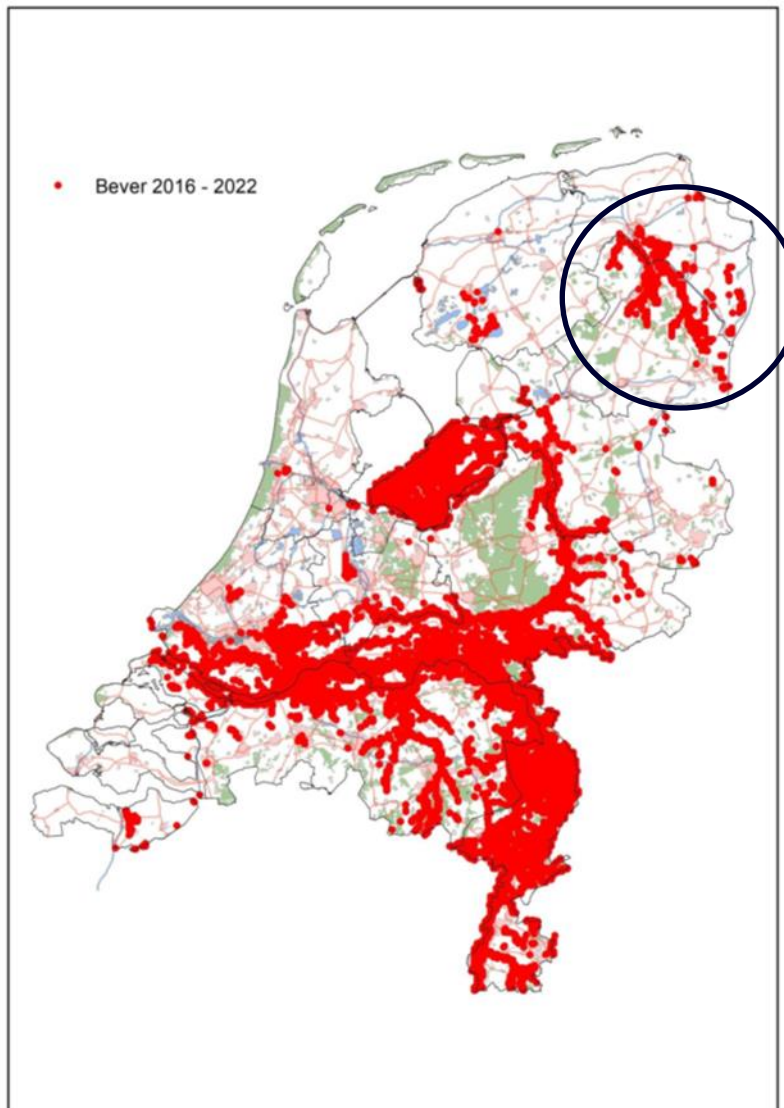


Figuur C.3 Ontgraven bevergraverij op de achtergrond een stok met een oranje vlaggetje die de ingang van de graverij weergeeft.

C.3 Verschillende observaties in het beheergebied

Door Marc Rothengatter wordt een presentatie gegeven over de bevers in het beheergebied van Hunze en Aa's:

- Hunze en Aa's heeft 27 km zeedijken en 850 km overige dijken.
- In 2008 zijn de bevers uitgezet in de Hunze en het Zuidlaardermeer. In het voorjaar van 2023 is de geschatte populatie 375 dieren. Op dit moment zijn, voor zover men weet, de bevers in het beheergebied nog niet verbonden met de rest van Nederland.
- De verspreiding van de bever in het beheergebied van het Waterschap is in Figuur C.4 weergegeven.



Figuur C.4 Verspreidingsgebied bever in Nederland, rechtsboven in de cirkel het beheergebied van Hunze en Aa's, (bron: M. Rothengatter, 2023).

- Gesproken over knaagschade, dammen en het veranderende landschap door de bever. De dammen die de bever maken, kunnen tot 2 km van de burcht vandaan liggen en een breedte hebben van 4 tot 50 m. Door het aanbrengen van 3 beverdammen in het Gasterse Diep is een groot gebied onderwater gezet door de bevers. In 2021 waren er 7 dammen, in 2022 waren er 16, voor dit jaar (2023) worden er meer verwacht. Tot nu toe zijn er 18 geteld en als het zomerpeil verlaagd wordt naar het winterpeil, zullen er meer beverdammen ontstaan. In Figuur 5.16 is een overzicht gegeven van de beverdammen in de hoofdgangen van de Drentsche Aa.
- Langs de Hunze bevinden zich veel beverholen bij elkaar (zie Figuur C.5 en Figuur C.7) soms verblijven ze er voor één nacht, soms voor een langere periode. De Hunze maakt deel uit van het boezemsysteem en via een lek in de dijk kan heel het boezemsysteem hierdoor leeg lopen. Met grondradar en sonar zijn de oevers van de Hunze geïnspecteerd. Zie de rechterzijde van Figuur C.6. De lichte inhammen aan de linkerkzijde van het plaatje zijn de bevergraverijen.
- Ondanks dat er weinig voedsel/ bomen aanwezig zijn, zijn er toch op veel locaties bevers waargenomen. Door het hoge gras zijn de verzakkingen van bevergraverijen niet altijd goed zichtbaar en kan dat leiden tot schade door verzakkende landbouwmachines. De

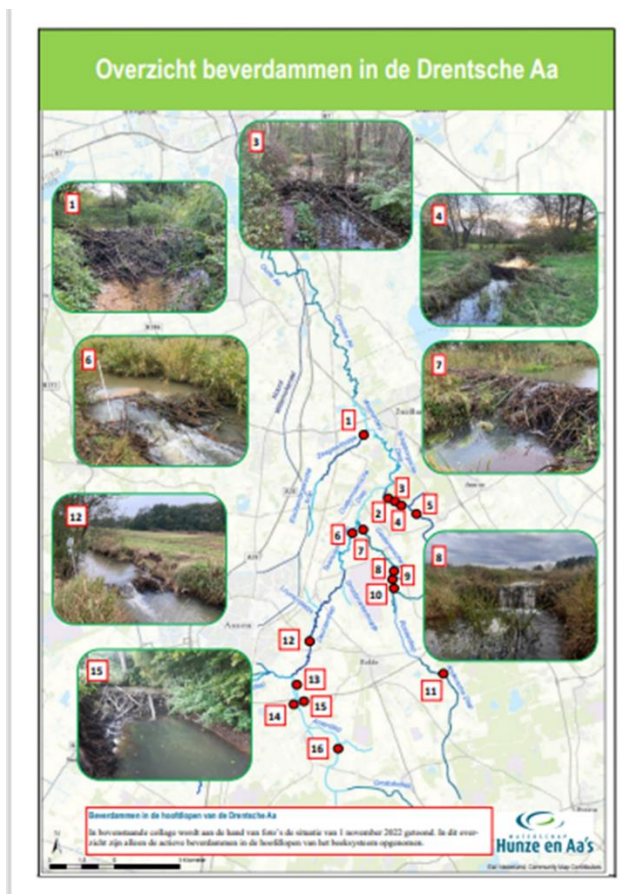
conflictsituatie die hier ontstaat is tussen het niet maaien (natuurbeheer) of wel maaien zodat de verzakking zichtbaar is (veiligheid). Ook is de personele veiligheid van degene die op de trekker zit en de dijken maait in het geding. Als er dermate veel oeverholten zitten in een bepaald traject, dan kan het gevaarlijk worden omdat de trekker wegzakt en omvalt. Vanuit kadeveiligheid dienen de dijken gemaaid te worden om een goede grasmat te hebben en inspectie te kunnen uitvoeren.



Figuur C.5 Ontgraven en herstellen beverholten langs de Hunze over een lengte van 550 m (bron: M. Rothengatter, 2023).



Figuur C.6 Ontgraven beverhol langs de Hunze - rechts beelden van de sonar over de kade langs de Hunze waarvan de dikkere streepjes horizontaal de bevergangen zijn (bron: M. Rothengatter, 2023).



Figuur C.7 Beverdammen langs de hoofdgangen van de Drentsche Aa (bron: Waterschap Hunze en Aa's).

- Bij hoogwater zoeken de bevers een droge plek. Het hoog water treedt niet alleen op de winter maar ook in de zomer. Hier heeft het waterschap ervaring mee. Bij hoogwater en bevers in de dijk, worden er noodmaatregelen getroffen. Momenteel is er echter nog geen pasklare noodmaatregel beschikbaar. Het opzoeken en dichtzetten van de ingang met een landbouwzeil is niet effectief gebleken bij hoogwater in februari 2022. Tijdens hoogwater op 23 februari 2022 stroomde water via de beverburcht en via een 35 meter lange bevergang verderop uit het binnentalud. Afdichten van de ingangen (onder water) van een beverburcht met folie is onmogelijk door de takken waaruit zo'n burcht is opgebouwd.
- In Duitsland is al veel ervaring met bevers, daar zouden wij in Nederland van kunnen leren. Ze lopen daar 10 jaar voor op Nederland. In Oderbruch (op de grens met Polen) zitten de bevers overal. Elke vierkante meter heeft daar een functie, soms tegengesteld dat maakt lastig om een evenwicht te vinden.

Detectie

Met behulp van verschillende methoden worden geïnspecteerd waar de bevers zich bevinden. Hierbij wordt naast visuele inspectie ook gebruikt gemaakt van onder andere grondradar, sonarapparatuur en drones. Door rietoevers en boomwortels zijn de graverijen moeilijk tot niet te vinden. Ook troebel water maakt het lastig om de graverijen te vinden. Uit een onderzoek met grondradar langs de Hunze zijn over een traject van 550 m 28 bevergraverijen gevonden.

Voor wat betreft functionele eisen voor beverdetectie wordt aangegeven dat er behoefte is aan snelle methodieken, waarbij detectie kan plaatsvinden vanuit de lucht, water en vanaf het land. Belangrijk is om de ingang te vinden van de bevergraverij onder water. Hier dient in

eerste instantie op gefocust te worden. Na de eerste grove scan zou een gebied van circa 10-80 m over blijven waar dan nader onderzoek plaats kan vinden. De diepte van het nadere onderzoek moet dan minimaal 0,5- 2 m zijn. Bij fluctuerend peil, zeker bij hoog water nog veel dieper.

Door het Waterschap wordt ook gebruik gemaakt van een beverapp. Hiermee wordt op een kaart de volgende gegevens weergegeven; oeverhol, burcht, beverdam, dichtgestopte duiker en vraatsporen. Een voorbeeld van een kaart met registraties van beveractiviteiten is weergegeven in Figuur C.8.

Een nader te onderzoeken methode met mogelijke potentie is middels geur, de repulsieve methode. Denk hierbij bijvoorbeeld aan het gebruik van mannelijke beverferomonen of geuren van de wolf. De bever heeft in het algemeen slechte ogen en is geurgedreven. Hierdoor reageert hij sterk op geuren.

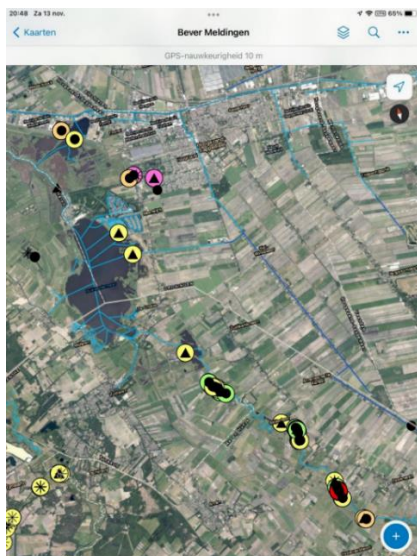
Grondradar werkt niet goed door de verschillende grondlagen in de ondergrond en met name bij een klei afzetting werkt het niet goed. Warmtebeeld drones laten de temperatuurverschillen tussen ondergrond en aanwezige gangen niet zien door de isolerende graszode..

Glasvezel is ook een detectiemethode om op lange lijnelementen, zoals keringen toe te passen. Graaf- en knaagtrillingen/ geluiden kunnen goed gedetecteerd worden.

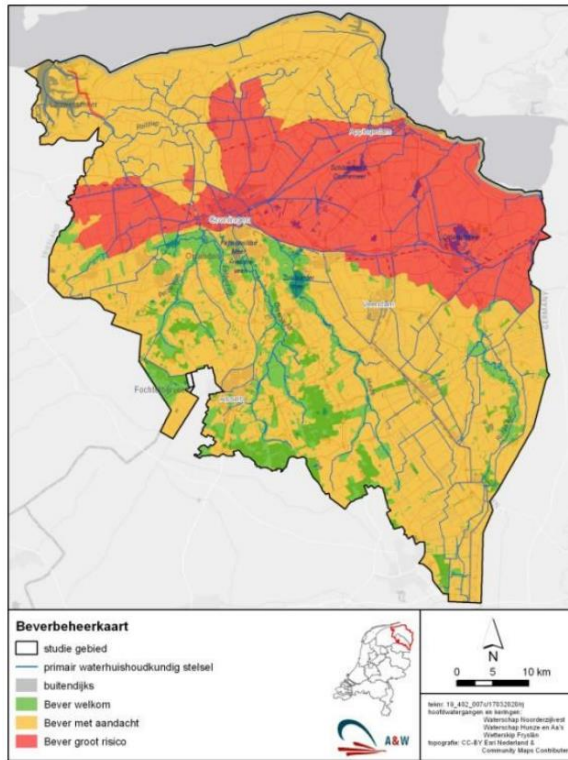
Van belang is ook om voorkeursplekken te creëren en de bever daar te houden.

Met het verschijnen van het beverbeheerplan (Bos. D. et al, 2020) in de beheergebieden van Noorderzijlvest en Hunze en Aa's wordt beoogd om de bever te beschermen en worden richtlijnen gegeven hoe men op kan treden in voorkomende gevallen. Het resultaat is tevens een beverbeheerkaart in welke gebieden de bever welkom is en in welke gebieden niet. Zie Figuur C.9.

Vooraf in de beekdalen is de bever welkom (groen). In de oranje gebieden verdient de aanwezigheid van de bever aandacht, dit zijn voornamelijk de landbouwgebieden. In de rode gebieden is de bever niet welkom omdat dit economisch kwetsbare gebieden zijn en/of gebieden waar het waterstandsverschil groter dan 1 m is in combinatie met smalle boezemkades.



Figuur C.8 Kaart met registraties van beveractiviteiten (bron: Waterschap Hunze en Aa's).



Figuur C.9 Beverbeheerkaart Noorderzijlvest en Hunze en Aa's (Bos, D. et al , 2020).

C.4 Verslag van het uitgraven en aanvullen van de bevergraverij

LOGBOEK

Hol in Kering Friescheveen

Locatie	 <p>https://goo.gl/maps/ftdZAcEbJKy8F2H19</p>
Datum	19 juli 2023
Tijd	nvt
Situatie	<p>Binnen het project voor de kadeversterking is de aannemer met de kraan in de kering gezakt. Als we de stappen uit het beverprotocol volgen is er geen acuut gevaar. We gaan ontmoedigen en repareren en daarna worden de werkzaamheden voor de kadeversterking voortgezet.</p> 
Besluit	<p>De kade moet versterkt worden. Omdat er geen acuut gevaar is wordt eerst gekeken of het een verlaten hol is. Indien dit niet duidelijk is, worden stokken voor de ingang van het hol geplaatst. Ook wordt verder vanaf het hol gezocht of er nog</p>

	meer ingangen zijn. Als na 3 dagen blijkt dat er geen activiteit is, wordt het hol open gegraven en herstelt.
Besluit genomen door Teamhoofd	Er is geen acuut risico, daarom worden eerst ontmoedigingsmaatregelen genomen zoals het plaatsen van stokjes voor de ingang. De aannemer en de projectleider van het waterschap zijn op de hoogte en zorgen dat er geen werkzaamheden rond het hol worden uitgevoerd voordat duidelijk is of het hol verlaten is.
Besluit genomen door ecooloog/ beverdeskundige	nvt
Provincie	21-07-2023 – 15.03uur Melding gedaan naar VTHLoket van Drenthe en Cindy de Jonge
Uitgevoerde werkzaamheden	<p>20-07-2023 Eerst in het veld onderzocht of het hol bewoond is, er is geen activiteit aan getroffen. Stokjes geplaatst en na 3 dagen kijken of het hol in gebruik is.</p> 

24-07-2023 – Stokjes zijn onaangeroerd, er is geen activiteit in het hol.



Foto's situatie bij
aanvang van
werkzaamheden

25-07-2023



Foto's tijdens
uitgevoerde
werkzaamheden



Foto's na
uitgevoerde
werkzaamheden



Bijzonderheden

Geen

Deltares is een onafhankelijk kennisinstituut voor toegepast onderzoek op het gebied van water en ondergrond. Wereldwijd werken we aan slimme oplossingen voor mens, milieu en maatschappij.

Deltares

www.deltares.nl