

Graverij door dieren in waterkeringen

Een kwantitatieve analyse en overzicht huidige kennis



Graverij door dieren in waterkeringen

Een kwantitatieve analyse en overzicht huidige kennis

Graverij door dieren in waterkeringen

Een kwantitatieve analyse en overzicht huidige kennis




Opdrachtgever	Rijkswaterstaat Water, Verkeer en Leefomgeving
Contactpersoon	Myron van Damme
Referenties	Zie literatuur
Trefwoorden	Waterkering, graverij, veiligheid, zorgplicht

Documentgegevens

Versie	1.0
Datum	02-12-2021
Projectnummer	11206793-002
Document ID	11206793-002-ZWS-0002
Pagina's	40
Classificatie	
Status	definitief

Auteur(s)

Frans van den Berg		

Doc. Versie	Auteur	Controle	Akkoord	Publicatie
1.0	Frans van den Berg	André Koelewijn	Goaitske de Vries	
				

Samenvatting

Dit voorliggende rapport is een uitbreiding van de KPP-rapportages over dierlijke graverijen uit 2019 en 2020.

In deze rapportage is het kwantificeren van de risico's van dierlijke graverijen op de waterveiligheid onderzocht. Tijdens het onderzoek is dat niet volledig haalbaar gebleken, daarom is het een doel om te bepalen wat er verder nodig is om risico's van dierlijke graverij te kunnen kwantificeren. Om dit doel te bereiken is er tevens een niet uitputtend overzicht van de huidige stand van zaken betreffende dierlijke graverijen in dijken opgenomen. Hierbij ligt de focus op Nederland, maar worden ook buitenlandse ervaringen meegenomen.

De vraag die uiteindelijk beantwoord dient te worden voor graverij in bekledingen is of deze een relevante bijdrage levert aan de overstromingskans, en hoe er een rationele strategie kan worden ontwikkeld om hiermee om te gaan.

Het onderzoek heeft plaatsgevonden door middel van een literatuuronderzoek, het houden van een schriftelijke enquête onder waterkeringbeheerders, veldbezoeken en gesprekken met beheerders.

Uit dit onderzoek volgt dat de risico's van dierlijke graverijen moeilijk eenduidig te kwantificeren zijn. Dit komt doordat er te veel variabelen zijn om hier een duidelijke uitspraak over te kunnen doen. Variabelen die een rol spelen zijn onder andere; soort dijk (zand, klei), staat er permanent water tegen de dijk of niet, soort dier, locatie graverij, invloed op welk faalmechanisme.

Uit observaties en inspecties volgt dat de kans dat een dier en dus graverij in een kering aanwezig is tijdens hoogwater zeer groot is. Tevens is gebleken uit diverse cases en overloop- en overslagproeven dat als er een dierlijke graverij in een kering aanwezig is de kans op falen groter is dan bij een vergelijkbare kering zonder graverijen.

Wat verder gesteld kan worden, op basis van een literatuuronderzoek in Nederland en het buitenland en een enquête onder waterkeringbeheerders, dat graverij in bekledingen een relevante bijdrage levert aan de overstromingskans en dat er maatregelen nodig zijn om deze aan te pakken. Voorgesteld wordt om deze maatregelen onder te verdelen in vier verschillende categorieën:

- *Proactief*
Maatregelen die de blootstelling aan het risico op dijkdoorbraken door dieractiviteit verminderen.
- *Preventie*
Maatregelen die de kans op dijkdoorbraak door dieractiviteit verkleinen.
- *Wees voorbereid*
Maatregelen die vooraf kunnen worden genomen om de impact te verminderen bij het bezwijken van een dijk door dieractiviteit.
- *Repressie*
Maatregelen die snel kunnen worden toegepast tijdens een overstroming.

Om op bovenstaande zaken meer grip te krijgen wordt aanbevolen om:

- De enquête op te volgen met diepte-interviews van de beheerders, al dan niet in combinatie met concrete voorvallen van ontdekte dierlijke graverijen die ingemeten en gekarakteriseerd kunnen worden voordat de dijk wordt hersteld. De verzameling van cases die hiermee kan worden opgebouwd zal verder helpen om inspectie-, monitoring- en herstelmethode te verbeteren, maar ook om waar nodig, mogelijk en gewenst de ontwerp- en beoordelingscriteria aan te passen.
- Op basis van de informatie uit onderhavig rapport kan verder worden vastgesteld hoe er verder met dierlijke graverijen in waterkeringen moet worden omgegaan. Deze vaststelling dient te worden uitgevoerd met de verschillende stakeholders (HWBP, DGWB, RWS en de waterschappen).

Inhoud

	Samenvatting	4
1	Inleiding	7
1.1	Context	7
1.2	Doel	8
2	Inventarisatie beschikbare kennis	9
2.1	Inleiding	9
2.2	Kans op dierlijke graverijen en inspectie	9
2.2.1	Kans op detectie	9
2.2.2	Methoden van detectie	13
2.3	Effecten graverijen op faalkans	14
2.3.1	Inleiding	14
2.3.2	Graserosie op kruin en talud	14
2.3.3	Interne erosie en microinstabiliteit	21
2.4	Bestrijding en protocollen	22
3	Conclusies en aanbevelingen	27
3.1	Conclusies	27
3.2	Aanbevelingen	28
	Literatuur	29
	Bijlagen	32
A	Enquete formulier	33
B	Resultaten enquête	36

1 Inleiding

1.1 Context

In het kader van het KPP thema Versterking Onderzoek Waterveiligheid (VOW), onderzoek dat Deltares in opdracht van en in samenspraak met Rijkswaterstaat uitvoert rond het thema Waterveiligheid, worden diverse onderwerpen op de kaart gezet. Deze onderwerpen zijn van belang of kunnen dit gaan worden in de toekomst rond de waterveiligheid van keringen. Eén van de onderwerpen daarbij, is die van de invloed van graverijen van dieren in de waterkering op de waterkerende functie.

De waterkeringen worden momenteel en in de toekomst steeds scherper beoordeeld. Tegelijkertijd verwaarlozen we de invloed van dierlijke graverijen en wordt dit als een zorgplichtprobleem beschouwd. De faalkans van een dijk wordt echter gegeven door de som van de kans op falen met graverij en de kans op falen zonder graverijschade. Om hier een kwantitatief antwoord op te geven is meer inzicht in de graverij benodigd. Op dit moment zijn er nog weinig richtlijnen en literatuur voor handen waarin dit kwantitatief wordt benaderd. Wel is er in de waterkeringwereld momenteel veel aandacht voor het onderwerp graverijen. Ook in de media is er veel aandacht over dierlijke graverij in waterkeringen: “Duitse uitvinding moet beverschade voorkomen”¹ kopte RTV Drenthe op 11 oktober 2021 over de proef met honderden meters gaas die bevers moet verhinderen om in de waterkering te kunnen graven bij het Waterschap Hunze en Aa’s.

Op dit onderwerp is in 2019 voor het thema VOW een Quick Scan uitgevoerd naar de verschillende detectiemethodieken van dierlijke graverijen uitgevoerd door Annette Kieftenburg [Kieftenburg, 2019].

De focus van dit project was hierbij gericht op het bepalen van de beschikbare technieken rondom het meten van holtes, en het kunnen waarnemen van bevers in het bijzonder. Daarbij is niet louter aandacht besteed aan geofysische methoden, maar is ook gekeken naar bestaande andere methoden die direct of mogelijk ook indirect de aanwezigheid van bevers verraden. Het resultaat van deze Quick Scan was dat snel handelen vereist is (meten van de aanwezigheid van graverijen, beslissen op basis van een protocol, herstel van de ontstane schade) om te voorkomen dat pas ingegrepen wordt als er al een groot, ontwikkeld gangenstelsel is gegraven.

In 2020 is door André Koelewijn hier een vervolg aan gegeven [Koelewijn, 2020]. Op basis van de resultaten van een werksessie met beheerders/ experts van de keringen zijn 5 faalpaden voor graverijen vastgesteld. Bij 4 van deze 5 scenario’s is er bij tijdelijk ingrijpen na detectie nog mogelijkheid tot het voorkomen van falen. De verwachting van de deelnemers aan deze werksessie was overigens wel dat hiermee geen volledig overzicht was verkregen, mede vanwege de focus op een specifieke case.

Verder zijn de voorlopige resultaten van de verschillende proeven van het living lab Hedwige- en Prosperpolder beschreven, waarbij muizenholen, mollengangen en vossenholen zijn aangetroffen

¹ <https://www.rtvdrenthe.nl/nieuws/174364/Duitse-uitvinding-moet-beverschade-voorkomen>

1.2 Doel

Dit voorliggende rapport is een uitbreiding van de in paragraaf 1.1 genoemde rapportages uit 2019 en 2020 en betreft een niet uitputtend overzicht van de huidige stand van zaken betreffende dierlijke graverijen in dijken. Hierbij ligt de focus op Nederland, maar worden ook buitenlandse ervaringen meegenomen.

Bij de verschillende golf- en overslagproeven (erosieproeven) is bij een aantal proeven ook graverijen aangetroffen. Deze resultaten zullen worden beschreven.

Daarnaast is een literatuurstudie en een onderzoek bij keringbeheerders naar graverij uitgevoerd.

Het uiteindelijke doel is het kwantificeren van de risico's van dierlijke graverijen op de waterveiligheid. In het kader van deze studie is dat niet volledig haalbaar, daarom is het mede een doel om te kunnen bepalen wat er verder voor nodig is om het risico van dierlijke graverij te kunnen kwantificeren.

De vraag die uiteindelijk beantwoord dient te worden voor graverij in bekledingen is of deze een relevante bijdrage levert aan de overstromingskans, en hoe er een rationele strategie kan worden ontwikkeld om hiermee om te gaan.

Verder is de vraag van belang of dierlijke graverijen in waterkeringen puur een kwestie is van zorgplicht, of dat er ook ontwerp- en versterkingsaspecten aan vastzitten.

2 Inventarisatie beschikbare kennis

2.1 Inleiding

Bij de beoordeling van de waterkeringen in het kader van het Wettelijk beoordelingsinstrumentarium (WBI) wordt geen rekening gehouden met de aanwezigheid van graverijen in de keringen. Het noodzakelijke preventieve beheer en onderhoud maken immers deel uit van de wettelijke taak van de beheerder om de primaire kering aan de veiligheidseisen te laten voldoen. De beheerder dient de kering regelmatig te inspecteren of deze nog aan de eisen voldoet. Als de kering niet meer aan de eisen voldoet, bijvoorbeeld door dierlijke graverijen in de kering, zal de beheerder maatregelen moeten nemen om de situatie te herstellen.

Dierlijke graverij speelt vooral een rol bij het falen van interne erosie (grasbekleding), maar heeft ook een link naar andere faalmechanismen: overloop, macrostabiliteit (STBI en STBU), piping, etc. Een kleibekleding op een zanddijk kan tijdens hoogwater als gevolg van een hoog freatisch vlak in de dijk opdrukken, zand uitspoelen of afschuiven. Door graverij is het mogelijk dat al deze gevolgen eerder kunnen optreden of kunnen optreden in situaties waarin zonder graverij niets zorgwekkends zou zijn gebeurd. In de schematiseringshandleiding voor gras wordt hier in een bijlage wel beperkt aandacht aan besteed, maar wordt ook geconcludeerd dat er bij een goede aanleg (kleibekleding van minimaal 0,8 m dikte) slechts sprake is van een acceptabel klein risico [Min I&W, 2021]

Buiten Nederland zijn er vooral ervaringen gerapporteerd met het onderzoek naar hoe men dierlijke graverijen voorkómt en aanpakt. Er is geen literatuur aangetroffen waarin een kwantitatieve analyse is gegeven over de af/toename van de veiligheid van waterkeringen ten gevolge van dierlijke graverijen. Wel zijn er in het buitenland gedocumenteerde ervaringen met dijkdoorbraak als gevolg van graverijen, onder andere:

- Dijk langs de San Pietro River in Arizona, Verenigde Staten ten gevolge van interne erosie door graverijen [Carrol, 1949]
- Dijk langs het Truckee Canal, Nevada, Verenigde Staten ten gevolge van interne erosie door graverijen [Paul & Slaven, 2009]
- Dijk langs Secchia rivier in Italië in 2014 [Taccari, 2015]

In paragraaf 2.2 wordt de *kans op het voorkomen* van dierlijke graverij en de inspectie van de kering besproken. In paragraaf 2.3 worden de *effecten van de graverij op de faalkans* beschreven, waarbij een onderverdeling per faalmechanismen is aangegeven. In paragraaf 2.4 wordt vervolgens de *protocollen en de bestrijding* van de dierlijke graverijen beschreven.

2.2 Kans op dierlijke graverijen en inspectie

2.2.1 Kans op detectie

Een onderzoek van Deltares [Klerk, 2020a] naar veelvoorkomende schades aan de waterkeringen langs de Overijsselse Vecht en de effecten daarvan op de overstromingskans leidt tot de volgende conclusie:

De meest voorkomende schades langs de Overijsselse Vecht die een direct effect hebben op de overstromingskans zijn graverij van konijnen, honden en kale plekken door droogte/engerlingen [larve van een kever]. Het is niet realistisch om deze schades met een intensief inspectieregime volledig uit te sluiten.

Uit de bovengenoemde analyse blijkt dat het in de meeste gevallen enige tijd duurt voordat een golfaanval op de gemodelleerde kale dijk tot een doorbraak leidt, en dat dit sterk afhangt van de plaats van de golfaanval op het talud (hoger/lager). Schade aan de bekleding leidt dus niet per definitie tot snel catastrofaal falen. Bij interpretatie van de resultaten moet in ogenschouw worden genomen dat de modellering op sommige punten conservatief, en op sommige punten wellicht optimistisch is. Zo is bijvoorbeeld geen rekening gehouden met erosie door langsstroming (optimistisch), maar is ook geen rekening gehouden met de mogelijkheid erosie te stoppen door noodmaatregelen (conservatief) en eventuele resterende sterkte van de beschadigde grasmat (conservatief). Daarnaast is rekening gehouden met een intact talud: bij grootschalige en omvangrijke graverij (bijv. door bevers) zal het erosiepatroon vermoedelijk anders verlopen dan hier gemodelleerd. Er bestaat dan ook de mogelijkheid van interactie met/invloed op andere mechanismen, zie ook [Taccari, 2015].

In een aanvullend onderzoek naar de verschillende inspectiemethodieken [Klerk, 2020b] uitgevoerd door Technische Universiteit Delft en Waterschap Rivierenland, hebben 22 inspecteurs in verschillende samenstellingen 4 dijkvakken langs de Waal bij Tiel geïnspecteerd. Daarbij is zo goed mogelijk de gang van zaken bij een normale voorjaarsinspectie nagebootst.

Uit de veldproef dat de betrouwbaarheid van dijkinspecties in lijn is met inspecties van andere objecten. Er zijn veel onderlinge verschillen in meldingen van inspecteurs en het detectiepercentage voor graverij varieert tussen 10 en 80%. De vraag die opspeelt is of deze betrouwbaarheid afdoende is binnen de context van de zeer strenge eisen aan de Nederlandse waterkeringen.

Calamiteiten Team Waterkeringen

Tijdens een bijeenkomst van het Calamiteiten Team Waterkeringen op 27 mei 2021 werd er door twee waterkeringbeheerders (Wijnand Evers (WDOD) en Wim Cornelisse (WSRL)) een presentatie gehouden over beveractiviteiten tijdens het hoogwater van februari 2021.

WSRL trok de conclusie dat hun gebied overvol begint te raken wat betreft het aantal bevers. De aanhoudende toename van het aantal bevers begint problemen te veroorzaken. Onlangs kregen ze toestemming om individuele bevers te doden als deze herhaaldelijk problemen veroorzaken.

Ondanks de veilige heuvels om naar toe te gaan bij het ondervonden hoogwater, gingen nog steeds verschillende bevers naar de oevers. Net als bij WDOD groeven de meesten niet erg diep, dankzij de bijzondere aanwezigheid van een sneeuwdek.

Toch miste WSRL één beverhol dat vrij dicht in de buurt lag van het hol dat ze wel zagen. En toen het water verder terugliep, ontdekten ze nog een gemiste ingang, vrij dicht bij de andere twee. Zie Figuur 1.



Figuur 1 Het gemiste beverhol na daling van hoog water [WDOD, 2021]

Emergency response oefening op de Hedwige- en prosperpolder

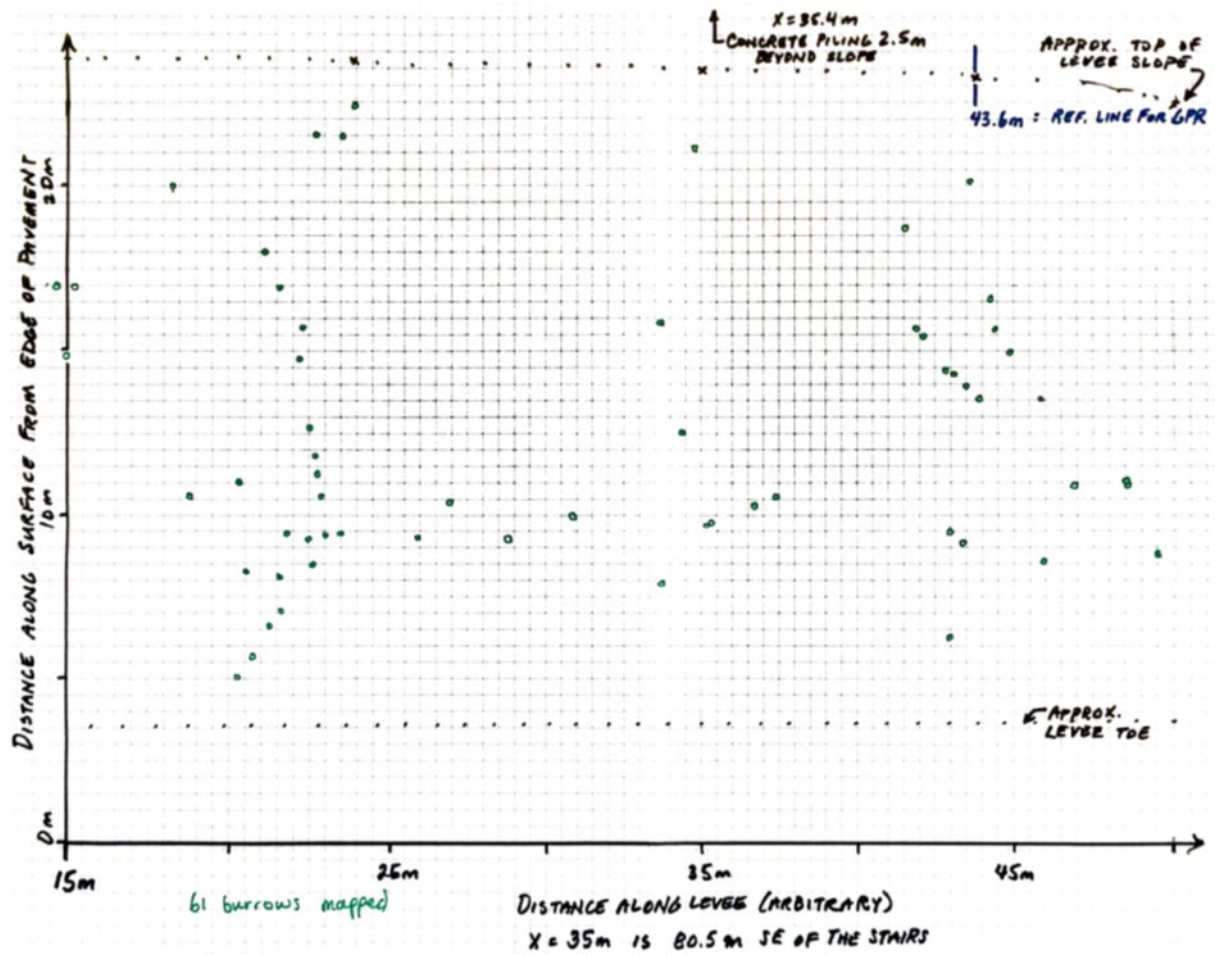
Op 30 en 31 maart 2021 is een oefening uitgevoerd door een grote groep Belgische en Nederlandse partners en waarnemers binnen het Polder2C's-project. Bij deze oefening is het hele proces doorlopen van inspectie, diagnose, prognose en uitvoering. Bij deze oefening is door Roland Legierse (Waterschap Brabantse Delta) geconstateerd dat hij tijdens de inspectie "ook hier weer bemerkte dat er ruimte zit tussen de zandkern en kleilaag. Deze ervaring heb ik 3 jaar terug in ons gebied al opgedaan en ook verschillende opgravingen gedaan om te kijken wat er precies gebeurt. Tot op de dag van vandaag kom ik dit overal tegen en dit is ook niet meer hersteld in de afgelopen jaren."

De oorzaak hiervan kan een gravend dier zijn, die de weg van de minste weerstand heeft gezocht. Een holte van betrekkelijk geringe breedte kan gemakkelijk lang in stand blijven onderaan (of in) een kleilaag. Indien dit meerdere jaren voortduurt, dan kan dit gemakkelijk opbouwen.

Onderzoek naar voorkomen van mollen- en muizengangen en holen op de Hedwige- en Prosperpolder

In het najaar van 2021 is binnen het Polder2C's-project door STOWA, TU Delft, Deltares, Universiteit van Lille en Hogeschool Zeeland een detailonderzoek naar het vóórkomen van muizenholen en mollengangen uitgevoerd. Bij dit onderzoek werd tevens onderzoek gedaan naar de onderlinge verbondenheid, met grondradar, rookbommen en grouten.

Met twee groepen werden 2 dijksecties (van binnenkruin tot de teen) van ieder 50 m onderzocht op de aanwezigheid van graverijen. Zie Figuur 3. De ene groep met de App2C en de andere groep tekende de locaties op een kaart. Hiermee werden onder andere de registratiemethoden tijdens de uitgevoerde inspecties getest. In onderstaande figuur is een resultaat weergegeven van het op kaart zetten van de gevonden graverijen.



Figuur 2 Resultaat van de in kaart gebrachte graverijen in sectie 1 (voornamelijk muizen- en mollenholen) [Rikkert, 2021]



Figuur 3 Uitvoeren van de dijkspectie met prikstok (foto: A. Koelewijn, Deltares)

De conclusies van dit onderzoek zijn:

- Naarmate je langer zoekt, vind je meer gaten. In sectie 1 is met 4 inspecteurs 4 uur gezocht, hier werden uiteindelijk 61 graverijen gevonden.
- Veel graverijen werden in een lijn gevonden. Zie bijvoorbeeld de linkerkant Figuur 2. Een lijn loodrecht op het talud vormt een indicatie voor een mollengang.
- Graverijen zijn makkelijk te missen. Indien een geïnspecteerd gedeelte opnieuw door een andere inspecteur werd onderzocht, werden er vaak nog nieuwe graverijen gevonden.
- Op basis van bovenstaande kan geconcludeerd worden dat niet alle hollen zijn gevonden.

Bevindingen: mollengangen zitten in het lagere deel van de wortelzone van kruin tot sloot, bij een relatief dunne kleibekleding dus op de zandkern. Muizenhollen zijn soms 'los', soms onderling verbonden, soms een compleet paleis van meer dan een halve meter diep en breed & meer dan een meter lang (twee maal aangetroffen, bij in totaal drie verschillende locaties).

Eind 2021 en begin 2022 zullen er nog aanvullende inspecties plaatsvinden, waarbij ook nog het uitgraven van een graverij zal worden uitgevoerd.

Invloed van imperfecte inspecties

In het lopende promotieonderzoek van Wouter Jan Klerk [Klerk, 2022] wordt een methode uitgewerkt waarmee de invloed van diverse kwaliteitsklassen van de graszode (van gesloten zode via gefragmenteerde zode naar open zode, in totaal vier klassen) op de faalkans kan worden gekwantificeerd. De mate van graverij wordt zo ook meegenomen. Tevens wordt de invloed van imperfecte inspecties (op basis van een uitgewerkte case, reeds kort beschreven in het begin van deze paragraaf, waarbij op 4 dijkstrekkingen 14 inspecties zijn uitgevoerd door 22 verschillende dijkinspecteurs). Met behulp van enkele statistische methodes is hiermee een simulatie uitgevoerd waarmee een schatting kan worden verkregen voor de faalkans op basis van de inspanningen voor zowel *onderhoud* (leidend tot verschillende kwaliteitsklassen) als *inspectie* (leidend tot verschillende niveaus van imperfectie - de perfecte inspectie waarbij alle tekortkomingen aan het licht komen, bestaat uiteindelijk niet). In de beide deelaspecten van dit onderzoek is ook de invloed van graverij meegenomen; bij het onderhoud middels de kwaliteit van de grasmat en bij de inspectie middels het al dan niet detecteren van de graverij door de inspecteur. De jaarlijkse kans op falen neemt in deze simulatie met ongeveer een factor 20 (!) toe wanneer rekening wordt gehouden met de invloed van imperfecte inspecties en de reële aanwezigheid van graverijen.

2.2.2 Methoden van detectie

In Duitsland heeft vooral Torsten Heyer veel gepubliceerd over veldonderzoeken naar dierlijke graverijen [Technische Universität Dresden, 2020] en onderzoeksmethoden en labexperimenten [Technische Universität Dresden, 2019].

In [Technische Universität Dresden, 2019] zijn de resultaten van de veldtesten beschreven voor de verschillende methoden van detectie voor het lokaliseren van bevers in hollen. Deze veldtesten bestonden uit; multispectrale- en warmtebeeldcamera's in de lucht, onderwaterfotogrammetrie, satellietradar-interferometrie, georadar- en microgolfsensoren is voornamelijk gemaakt op basis van eerder onderzoek en aangevuld met elektromagnetische en geomagnetische methoden. Op basis van dit onderzoek is geen van de onderzochte methoden geschikt gebleken als detectiemethoden van beverhollen. Aanbevolen wordt om uit te gaan van detectie middels de gangbare visuele dijkinspectie.

In [Technische Universität Dresden, 2020] worden de meest uiteenlopende detectiemethoden beschreven die langs de oevers van de Oder zijn beproefd. Hiervoor is ook een kosten-baten-analyse uitgevoerd. Er is geconcludeerd dat op basis van de van tevoren vastgestelde criteria er geen bestaande detectiemethode kon worden geïdentificeerd die volledig aan opgestelde eisen kon voldoen. Er wordt een nader onderzoek voorgesteld naar laboratoriumonderzoek van de verschillende detectiemethoden waaronder de warmtebeeldcamera en echolood op een experimentele dijk van het Instituut voor Waterbouwkunde en Technische Hydromechanica (IWD) van de Technische Universiteit van Dresden.

De resultaten van deze onderzoeken zijn tevens toegelicht door Torsten Heyer op de in paragraaf 2.4 besproken webinar van EUCOLD. Zijn eindconclusies waren:

- Door de toenemende “back to nature” tendens in Europa is er een grote toename van biota, dit vindt zijn weerslag op de dijkveiligheid
- Maatregelen om de dijkveiligheid te garanderen zijn aanwezig, maar de effectiviteit, de kosten en de duurzaamheid zijn nog belangrijke kwesties

Detectie middels environmental DNA

Innovatie van nieuwe opsporingsmethoden vindt nog steeds plaats. In een samenwerkingsprogramma tussen een aantal Waterschappen, Unie van Waterschappen en de UvA, is een nieuwe methode ontwikkeld om muskus- en beverratten sneller te detecteren met het zogenoemde environmental DNA (eDNA). Middels watersamples kunnen ze gelokaliseerd worden en op deze wijze de trekroutes in beeld kunnen krijgen. Vervolgens kunnen vangmiddelen zo optimaal mogelijk geplaatst worden. Deze ontwikkeling is in 2021 genomineerd voor de waterinnovatieprijs.

2.3 Effecten graverijen op faalkans

2.3.1 Inleiding

In Nederland is er al jaren een bewustzijn dat graverijen in een dijklichaam de veiligheid hiervan in gevaar brengt. Het Centrum Onderzoek Waterkeringen (COW) heeft in 1984 in [COW, 1984] het eindresultaat gepubliceerd van het onderzoek welke in 1979 zo van start ging:” De minister van Verkeer en Waterstaat heeft de Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen (TAW) gevraagd te onderzoeken, welke gevaren de muskusrat voor onze waterkeringen inhoudt, wat de consequenties hiervan zijn en/of welke technische maatregelen kunnen worden getroffen om deze gevaren te verminderen c.q. te voorkomen.”

In deze paragraaf zijn de *effecten van de graverij op de faalkans* beschreven, waarbij een onderverdeling per geclusterde faalmechanismen is aangegeven.

2.3.2 Graserosie op kruin en talud

Golf- en overloopproeven

Om het effect van de faalkans op graserosie te onderzoeken is een analyse uitgevoerd van de verschillende golf- en overslagproeven. Hieronder is een overzicht gegeven van de uitgevoerde golf- en overslagproeven die uitgevoerd zijn in Nederland en België. Deze proeven zijn geanalyseerd op het voorkomen van graverijen.

- Delfzijl, Groningen, 2007
- Boonweg, Friesland, 2008
- St Philipsland, Zeeland, 2008

- Kattendijk, Zeeland, 2008
- Afsluitdijk, 2009
- Vechtdijk, Overijssel 2010
- Tielrode/Antwerpen, Durmedijk, 2010
- Tholen, Zeeland, 2011
- Nijmegen, Gelderland, 2013
- Millingen, Gelderland, 2013
- Wijmeers-II, 2015
- Vechtdijk, 2021

In de factual reports van deze proeven is terug te vinden dat de bekleding gefaald is door het cumulatieve effect van meerdere golven op een lokale graafschade of door de belasting zelf. In de analyse en vaststelling van de kritische stroomsnelheid (U_c) zijn al deze waarden samengevoegd, wat heeft geleid tot een grote spreiding in de U_c . Idealiter zouden er 2 U_c waarden moeten worden afgeleid. De $U_{c_graverij}$ zou dan te gebruiken zijn voor het vaststellen van de faalkans met graverij en de $U_{c_gesloten\ zode}$ in de andere gevallen. Het optellen van de kans op falen met graverij en de kans op falen zonder graverij zou uiteindelijk een werkelijke faalkans geven.

Uit de analyse van deze factual reports vallen de volgende zaken op, beschreven per proeflocatie.:

Kattendijk en st Philipsland 2008 [Infram, 2008]

Om de erosiebestendigheid van de lokaal aanwezige bekleding van het binnentalud van de zeedijk te testen, zijn, in opdracht van Projectbureau Zeeweringen, in de periode medio maart/april 2008 golfoverslagproeven uitgevoerd op een tweetal locaties in Zeeland: St. Philipsland en Kattendijk (Zuid-Beveland). Deze golfoverslagproeven zijn uitgevoerd met behulp van een golfoverslagsimulator.

Bij het begin van de overslagproef werd ingeschat dat dit talud de proef van 10 l/s per m niet zou doorstaan. Uiteindelijk heeft de 75 l/s per m kleine uithollingen laten zien, maar zeker geen initiatie van verdere schade.

Aan het eind van de proef is, ter plaatse van de initiële schade door een uitgeslagen paal, op het midden van het talud de moot uitgegraven (zie Figuur 4). De paal was precies in een stelsel van mollengangen gezet. Rondom en onder de moot grond bevonden zich mollengaten die tot ruim 50 cm diepte in de kleilaag reikten. Bij het verder uitgraven van het gat bleek de aanwezige kleilaagdikte 0,75 m te zijn, 0,15 m dikker dan ter plaatse voorgeschreven. Zie Figuur 5.

Bij een aantal proefvakken kwamen veelvuldig mollen en soms ook muizen voor. De gangen werden duidelijker zichtbaar na overslag en de ingangen werden soms een beetje uitgehold, maar geen enkele beschadiging door deze dieren heeft tot initiële schade aan het talud geleid. De proeven bij Kattendijk laten zien dat de grasbekleding, ondanks de aanwezigheid van molshopen en –gaten, bestand was tegen proeven met een overslagdebiet met 75 l/s per m.



Figuur 4 De onder de uitgraven moot aanwezige mollengaten



Figuur 5 Kattendijke, sectie 1, begin proef met 10 l/s per m. Matige bedekking met gras. In de hele sectie zaten ongeveer 80 molshopen en in het begin van de proef zijn de molshopen zelf weggespoeld, zodat de gaten/ingangen zichtbaar werden en soms ook de gangen als deze aan de oppervlakte lagen.



Figuur 6 Eindresultaat St Philipsland, na 50 l/s per m. Het mollengat was vanaf het begin van de proeven zichtbaar, maar heeft nooit tot verdere schade geleid. [Infram, 2008]

Golfklapproeven Vechtdijk Zwolle-Olst 2021 [Infram, 2021]

De testlocaties op een klei op zanddijk, zijn zodanig gekozen dat er geen molshopen of graverijen aanwezig zijn. Behalve bij teststrook 2, daar zijn veel molshopen aangetroffen. Deze locatie is daar specifiek op uitgekozen. Deze molshopen zijn verspreid over de gehele strook te vinden.

Tijdens de 5 stormuren met een overslagdebiet van 1 l/s per m (proef GO1) was er, ten opzichte van de nul-situatie, relatief veel veranderd in de teststrook. Zo waren alle in de teststrook aanwezige molshopen weggespoeld. Hierdoor waren alle aanwezige molsgaten goed zichtbaar geworden (zie Figuur 6). Sommige molsgaten veranderden in wellen en deze voerden in sommige gevallen gedurende de eerste 15 tot 30 minuten (proefduur) materiaal mee. Rondom de molsgaten was de zode kalig.



Figuur 7 De molsgaten waren na 5 stormuren met een overslagdebiet van 1 l/s per m goed zichtbaar geworden [Infram, 2021]

Bij een overslagdebiet van 5 l/s per m was het talud tijdens de eerste 4 uur van proef nauwelijks veranderd: er was sprake van meer slijtage van de zode rondom de molsgaten maar er was nog geen begin van schade.

Bij een overslagdebiet van 50 l/s per m was er een uitspoeling zichtbaar van 50 cm. Voor zover kon worden nagegaan was geen sprake van kortsluiting met een mollengang. Hoewel

niet is uitgesloten dat sprake is van uitspoelen van zand uit een tussenzandlaag/ zandscheg, wordt het ontstaan van het gat als falen van de toplaag beschouwd. Zie onderstaande figuur (Figuur 8) voor een impressie van het schadebeeld.



Figuur 8 Schade na een overslagdebiet van 50 l/s per m [Infram, 2021]

Het onderscheid tussen Uc_graverij en Uc_gesloten zode, zoals voorgesteld aan het begin van deze paragraaf, is derhalve wellicht niet realiseerbaar: de proeven betreffen doorgaans een situatie waarin Uc_graverij wordt bepaald, terwijl de ontwerp- en beoordelingsrichtlijnen impliciet uitgaan van Uc_gesloten zode.

Hedwige- en Prosperpolderproeven

In de Hedwige-Prosperpolder zijn en worden verschillende proeven uitgevoerd op de omringende dijken, welke binnenkort niet meer als waterkering behoeven te functioneren. In [Koelewijn, 2020] is al een aantal van deze proeven besproken. Hieruit kwam naar voren dat als een dijk bezwijkt ten gevolge van de aanwezigheid van een graverij door overslag of overloop, dit bezwijkproces beduidend sneller verloopt ten opzichte van een dijk zonder graverij.

Bij een van deze overloopprouven in november 2020, werd de aanwezigheid van een boom in het binnentalud beproefd. De dijk faalde na ruim een uur onder overloopcondities. De boom was blijven staan, maar de dijkbekleding faalde door de aanwezigheid van mollengangen, die zorgden voor zandtransport vanuit de kern.

In [Koelewijn, 2021] zijn verschillende proeven beschreven op het binnentalud. Het betreft proeven met een vossenhol, mollegangen en kunstmatige graverijen.

In een aanvullend onderzoek van STOWA en Rijkswaterstaat zijn infiltratieproeven uitgevoerd op mollen- en muizengangen [Hölscher & Zomer, 2021]. De mollengangen werden na het beproeven gevuld met beton en daarna uitgegraven, met als doel om het verloop van de gangen in alle richtingen te volgen. Zie onderstaande foto (Figuur 9).



Figuur 9 Foto van volgegrouete muize-/ mollegang op de Hedwigepolder d.d. 30 juni 2021 (Foto: A. Koelewijn Deltares)

Mollengangen bevinden zich het liefst nabij de onderzijde van de wortelzone, waar veel wormen (voedsel voor mollen) te vinden zijn, maar niet dieper dan de interface van kleibekleding en zandkern. Mollengangen lopen doorgaans van de kruin tot aan de teensloot.

Probabilistische methodiek ter voorspelling waar de grasmat faalt op het binnentalud

In de thesis van Peter van Dijk aan de TU Delft [Van Dijk, 2021] is een probabilistische methodiek beschreven aan de hand waarvan hij kan voorspellen waar de grasmat faalt op het binnentalud. Zijn onderzoeksdoel is meer bruikbare informatie te halen uit golfoverslagexperimenten door experimenten met diverse modellen te combineren in een soort ensemble voorspellingmethode. In zijn onderzoek heeft hij ook de invloed van graverijen meegenomen.

Voor dit onderzoek heeft hij een groot aantal overloop- en overslagproeven geanalyseerd en hij kwam hierbij tot de volgende conclusies:

- Tijdens proeven zijn er meerdere gevallen gerapporteerd met dierlijke graverijen. Het betreft 13 van 23 geanalyseerde proeven. In de meeste gevallen betrof het muizen- en mollengraverijen. De muizenholen hebben eenmaal invloed gehad op het resultaat van

de proeven, terwijl de invloed van mollen gangen en -holen vaker een invloed heeft gehad op de proeven.

- Ten gevolge van de dierlijke activiteiten treedt uitspoelen van de zandige kern op door gangen en holen, dit resulteerde in zeer lage gekalibreerde kritische snelheden.
- Hier kan uit geconcludeerd worden dat zandige dijken gevoeliger zijn voor dierlijke graverijen, dan niet-zandige dijken.
- Bij 13 van de 23 geanalyseerde proeven werd molactiviteit op het talud als uitgangspunt beschreven². In deze 13 secties heeft de molactiviteit geleid tot het sneller bezwijken. De uitkomsten zijn in zijn onderzoek gebruikt om de weerstand te kalibreren tegen erosie bij molactiviteit (kritische snelheden). De gemiddelde weerstand van de molactiviteit van deze 13 secties daalden met 46% ten opzichte van het gemiddelde van alle secties met een gekalibreerde kritische snelheid voor de onaangetaste grasmat. Hieruit blijkt een significante kans op afname van de weerstand tegen erosie wanneer molactiviteit aanwezig is op het talud. Naast de activiteit van de mol werd in één sectie konijnenactiviteit vermoed, waardoor het talud eerder bezweek.
- Het onderzoek heeft aangetoond dat de sterkte van de kering afneemt ten gevolge van dierenactiviteit, in dit onderzoek specifiek de mol.
- Plekken met mollenactiviteit hebben slechts zo'n 55% van de sterkte, waar 100% sterkte wordt vertegenwoordigd door het gemiddelde van de 'onaangetaste' grasmat.
- Het meenemen van dierlijke graverij in ontwerp en/of beoordeling kan worden gedaan door uit te gaan van een bepaalde kritische stroomsnelheid die de weerstand tegen erosie aangeeft, aangezien het zeer waarschijnlijk is dat een dijk wordt blootgesteld aan dierlijke activiteit tijdens zijn gehele levensduur. Een eerste suggestie zou kunnen zijn om 55% van de kritische stroomsnelheid aan te nemen voor de verwachte gemiddelde grasbedekking, wat een afhankelijkheid tussen deze twee aspecten impliceert. Het is echter niet helemaal zeker of deze afhankelijkheid juist is. Het is waarschijnlijk dat de invloed van de dierlijke graverij mede afhangt van eigenschappen van de graverij, bijvoorbeeld of deze graverij de zandkern van een dijk bereikt.
- Voor toekomstig onderzoek wordt de volgende benadering voorgesteld: Verdeel de gevallen van molgraverijen in klassen, op basis van bijvoorbeeld bepaalde kenmerken of een bepaalde schadeontwikkeling. Elke klasse krijgt een bepaalde weerstand tegen erosie en bieden voor elke klasse bepaalde unieke kenmerken om onderscheid te maken tussen klassen.
 - Voor het ontwerp, op basis van de specifieke kenmerken van het ontwerp, moet de waarschijnlijkheid van voorkomen van elke klasse zijn bepaald en gecombineerd met de bijbehorende invloed op de weerstand tegen erosie van de grasmat.
 - Voor beoordeling moet een inventarisatie of representatieve bepaling van dieractiviteit beschikbaar zijn om te beoordelen of de voorvallen van dierlijke activiteit vallen binnen de ontwerpeisen.

² Dit weerspreekt de in de volgende paragraaf geciteerde ervaringen van André van Hoven, die stelt dat graverijen haast altijd wel aanwezig zijn.

2.3.3 Interne erosie en microinstabiliteit

Onderzoek naar falen San Matteo dijk langs de Secchia rivier in Italië

Uit de thesis van Maria Luisa Taccari aan de TUDelft [Taccari, 2015] is onderzoek gedaan naar de invloed van dierlijke graverijen op het falen van de San Matteo dijk langs de Secchia rivier in Italië. Op 19 januari 2014 is de dijk bezweken, als een mogelijke oorzaak werd de graverijen genoemd van bevers, stekelvarkens en vossen. Het doel van het onderzoek was om een beter inzicht te verkrijgen in de invloed van dierlijke graverij op de grondwaterstroming en de stabiliteit van de San Matteo dijk. Uit het onderzoek is vast komen te staan dat interne erosie door dierlijke graverij de oorzaak is geweest van het falen van de kering. Er zijn ingangen gevonden op zowel de binnen- als buitenwaartse taluds, de diepte van de bres komt overeen met de diepte volgens de realistische aanname van het holennetwerk. Het narekenen van de case op macrostabiliteit zonder de invloed van graverijen levert een ruim voldoende veiligheidsfactor op.

Verder is er in [Taccari, 2015] onderzoek gedaan naar hoe graverijen de stabiliteit van de dijk beïnvloeden voor de verschillende faalmechanismen.

- **Macrostabiliteit:** door de graverijen kan heterogeniteit optreden en het veranderen van het freatische vlak. Hierdoor kan de schuifweerstand in de kering afnemen en dientengevolge de stabiliteit;
- **Microstabiliteit:** De aanwezigheid van holen aan het binnen- of buitentalud kan de freatische lijn verhogen, zodat deze op een punt boven de binnenste teen uitkomt. Als er kwelstroming ontstaat en de door de stroming gecreëerde schuifspanningen de weerstand tegen afschuiven overschrijden, worden deeltjes weggespoeld van de bodem en ontwikkelt zich microstabiliteit.
- **Interne erosie:** als het waterpeil in de rivier de ingang van een hol in het buitenwaartse talud overschrijdt, stroomt het water het hol in en vult dit. Wanneer er kortsluiting optreedt met gangen aan het binnenwaartse talud, ontstaat er een drukverschil tussen de buiten- en binnenuitgang. De kwelkrachten die langs het oppervlak werken, kunnen de deeltjes eroderen en meenemen, waardoor het mechanisme van "interne erosie" binnen het dijklichaam wordt ontwikkeld.

Uit een overleg met André van Hoven (Deltares) in maart 2021, die bij veel overslagproeven betrokken is de volgende informatie verkregen:

“Bij de proeven waar ik bij betrokken was is geen graafschade groter dan muizen en mollen aangetroffen. Muizen waren er altijd, mollen regelmatig (een enkele keer zelfs 50 gangen op 1 strook). De graverij heeft 1 keer overduidelijk tot falen geleid door geconcentreerd uitspoelen van zand door een graafgang. Hier was de kleilaag op de zandkern slechts een paar decimeter. [...] ook waargenomen op de Vechtdijk zonder catastrofale gevolgen. Lekwater van de simulator stroomt bovenaan in molgangen en onderaan weer uit, waardoor daar wat zand uittreedt.

Soms gaf graverij door muizen en mollen wel aanleiding tot eerste schade en soms leidde die schade tot uiteindelijk falen van de toplaag. In de proeven is dit echter meegenomen als ‘regulier’ falen van de toplaag. De schade door muizen en mollen hoort bij het karakteristieke beeld van de grasbekleding. Het is niet te voorkomen en eigenlijk altijd wel aanwezig.

De vraag hoeveel sterker het gras zou zijn geweest zonder de mollen of muizen blijft in deze proeven onbeantwoord (dus de proeven waarbij ik vanuit WBI en of POV Waddenzeedijken betrokken was)."

Onderzoeken Hedwige- en Prosperpolders

Bij het onderzoek in het kader van KPP-VOW in samenwerking met STOWA in juni 2021 en aanverwant onderzoek in de Hedwige- en Prosperpolders [Hölscher & Zomer, 2021] en [Koelewijn, 2021] is geconstateerd dat:

- dieren tot aan de zandlaag hollen kunnen graven (mollen tot 40 cm diepte over de hele hoogte van het talud, vossen tot meer dan een meter diepte op verschillende posities langs het talud waaronder nabij de teen);
- droogtescheuren in de kleibekleding van minimaal een meter diepte kunnen optreden die na een periode van intensieve regenval niet volledig sluiten;
- er interactie kan optreden, zoals muizen die een droogtescheur benutten om tot op zeker 55 cm een omvangrijk hollenstelsel te maken (overigens is een dergelijk hollenstelsel ook gevonden zonder een droogtescheur, met aan de oppervlakte hollen die in ruimtelijke spreiding en frequentie, en verdere aan de oppervlakte waarneembare eigenschappen, niet afwijken van naburige muizenholten die niet of amper met elkaar verbonden waren).

Hieruit moet helaas worden geconcludeerd dat de aannamen zoals die gedaan worden in bijlage D.2 van de Schematiseringshandleiding Grasbekledingen (versie 28 mei 2021) niet algemeen geldig zijn voor dijken met een kleibekleding op zand, zelfs als de kleilaagdikte minimaal 1,0 meter bedraagt.

De daarin beschreven methode voor de controle op opdrukken (§D.2.1), met een van 2 naar 1,21 gereduceerde gecombineerde partiële veiligheidsfactor, kan dan niet onverkort worden toegepast. Ook bij de controle op uitspoelen van zand door een kleibekleding (§D.2.2) moeten nadere kanttekeningen worden geplaatst. Bij de beschreven droogtescheur wordt weliswaar voldaan aan de eis van een (min of meer) verticale opening, maar bij een vossenhol nabij de teen van de dijk is dat niet meer het geval.

2.4 Bestrijding en protocollen

Enquête bij waterkeringbeheerders

Om een goed beeld te krijgen van de specifieke kennis van de waterkeringbeheerders van de Waterschappen en RWS betreffende de graverij is er in samenwerking met dr. ir. Vana Tsimopoulou van de Hogeschool Zeeland en het living lab Hedwige Prosperpolder een enquête uitgestuurd naar de verschillende waterkeringsbeheerders. Deze enquête is als bijlage A opgenomen en is digitaal hier te vinden: [Schadelijke activiteit van dieren op dijken \(google.com\)](https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeBtNk5_TdrKbe4FewlZ1gp8Jx_6W2Dva7-FK91vpGS4yTk9g/viewform)³.

De resultaten van de enquête worden hieronder besproken. De deelnemers zijn weergegeven in bijlage B en zijn afkomstig van de beheerorganisatie van Rijkswaterstaat (3 reacties) en de waterschappen. De volgende waterschappen hebben een bijdrage geleverd:

- Waterschap Scheldestromen (2 reacties)
- Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden
- Waterschap Hollandse Delta
- Waterschap Rivierenland (2 reacties)
- Hoogheemraadschap Schieland en de Krimpenerwaard
- Waterschap Hunze en Aa's
- Waterschap Brabantse Delta

³ https://docs.google.com/forms/d/e/1FAIpQLSeBtNk5_TdrKbe4FewlZ1gp8Jx_6W2Dva7-FK91vpGS4yTk9g/viewform

- Waterschap Aa en Maas
- Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier

De meeste van de aangeschreven Waterschappen en Rijkswaterstaat hebben snel gereageerd op de enquête, dit geeft aan dat het onderwerp leeft bij de beheerders. Uit de enquête volgt ook dat de meeste beheerders last ondervinden van dierlijke graverijen. Hierbij wordt de muskusrat door nagenoeg alle beheerders werd genoemd gevolgd door de beverrat, bever, konijn, vos en mol. De das wordt alleen bij Rivierenland en Aa en Maas genoemd. Opvallend is dat de rivierkreeft bij twee waterschappen is genoemd.

De meest genoemde schadelijke dieren zijn afhankelijk van de beheerorganisatie. Bij de beheerorganisatie van Rijkswaterstaat zijn dat voornamelijk de konijnen, muizen en mollen in de dammen. Bij de waterschappen wordt de bever als meest problematische benoemd, gevolgd door de konijnen en mollen. Bij Hunze en Aa's wordt het als volgt omschreven: *'Het aantal muskus- en beverratten in het binnenland wordt snel minder omdat we deze grotendeels bij de grens met Duitsland tegenhouden. (80% van onze vangsten is in de grensregio). Dit probleem neemt in het binnenland snel af. Het aantal bevers neemt snel toe (nu circa 200 stuks). We zien een steeds grotere en snellere verspreiding door ons gebied waardoor de problemen steeds groter worden. De graafschade van een bever (met gangen van 30 tot 60 cm doorsnede en 5 a 8 meter diep) zijn veel urgenter als muskus- en beverrat. Doordat de ingang onder water zit zijn ze moeilijk te detecteren.'*

De waarnemingen van het aantal bevers varieert ook per Waterschap van 5-30 waarnemingen per jaar. De Stichtse Rijnlanden geeft aan dat er dagelijkse waarnemingen zijn in de uiterwaarden.

Op de vraag: "Welk gedeelte van dijkdwarsprofiel in uw gebied trekken bepaalde dieractiviteit aan en welke dieren veroorzaken dit?" werd voornamelijk geantwoord:

- Muskusrat en bever vooral in de binnenteen, bevers juist op de grens met de waterlijn in de vooroever.
- Konijn en vos vooral in het dijktaalud.
- Mol en muis overal (kruin en binnenteen, binnen- en buitenwaarts), voorkeur voor klei.

Om de schadelijke dierenactiviteiten vast te stellen worden door alle beheerorganisaties, de visuele inspectie genoemd als belangrijkste techniek. Bij Hollandse Delta wordt eenmaal per 10 jaar een scan uitgevoerd. Bij Aa en Maas zijn speurhonden in opleiding voor het nagraven van mogelijke graverijen.

Op de vraag op welk moment een dierenhol als gevaarlijk wordt bestempeld geven de meeste beheerders aan dat dit zo is op het moment dat het al een hol is. Hierbij wordt wel aangegeven dat bij zanddijken het pas een probleem wordt als er door de kleibekleding wordt gegraven en de zandkern wordt geraakt. De beheermaatregelen die in dat geval worden genomen bestaan voornamelijk uit uitgraven en herstellen. Ook het aanbrengen van klemmen, vallen, damwanden en gaas worden genoemd. Natuurlijke vijanden inzetten en aanbrengen geurstoffen worden door twee beheersorganisaties genoemd.

Nagenoeg alle organisatie beschikken over een databank waarin (alle) (historische) resultaten betreffende dierlijke graverijen worden opgeslagen en toegankelijk zijn.

Op de vraag of er met protocollen wordt gewerkt, wordt er vaak ontkennend geantwoord. Waar daar wel positief wordt geantwoord gaat het voornamelijk om het beverprotocol en dassenprotocol en worden de eigen visuele inspecties genoemd.

Als laatste vraag werd gesteld hoe groot de kans geacht wordt dat er dieren in de dijk zitten tijdens hoogwater, werd door nagenoeg elke beheersorganisatie met 'groot' tot '100%' geantwoord. Het betreft hier dan voornamelijk de bever die tijdens het hoogwater met het stijgende water in de kering meebeweegt omhoog. Door Rivierenland werd hier het volgende over geschreven: *"bij bevers tijdens hoogwater moet je actie ondernemen, omdat de bever meegraaft met eventuele stijgende waterstanden. Aan de binnenzijde heb ik bevers gehad in de steunberm vanuit een wiel die hebben meegegraven met de stijgende waterstand vanuit het wiel en uiteindelijk een gangenstelsel van 9 meter met 3 kamers van 1m³ tot in de rand van de steunberm"*

Beverprotocol

In Nederland wordt door een aantal Waterschappen het beverprotocol gehanteerd voor de gezamenlijk aanpak van de bever. Het doel van dit protocol [UvW, 2020] is als volgt geformuleerd: *"[In] dit beverprotocol is beschreven hoe de deelnemende waterbeheerders omgaan met bevers indien activiteiten van één of meerdere bevers een conflict veroorzaken met de primaire taken en verantwoordelijkheden van waterbeheerders."*

In dit document worden onder andere de verschillende beheermaatregelen en handelingsprotocol voor Waterschappen beschreven.

Muskusrat

Uit [Ydenberg, 2019] volgt dat voor zowel de grote als kleine schade veroorzaakt door muskusratten gelijk loopt met de toename van de muskusrat in Nederland. In [Bos & Gronouwe, 2018] zijn de mogelijkheden onderzocht om de muskusrat volledig uit Nederland te verwijderen. Geconcludeerd is dat: "In termen van waterveiligheid en kosten is volledige verwijdering de beste optie in vergelijking met de andere strategieën. Door volledige verwijdering zijn er geen risico's van graverij door muskusratten voor de veiligheid meer en geen kosten voor herstel van graverij, en schade bij derden.

Webinar EUCOLD over ervaringen met dierlijke graverijen

Op de webinar van de werkgroep Levees and flooddefences van EUCOLD op 30 juni 2021 ([Webinar on Animal Burrowing – feedback – Levees and Flood Defences \(inrae.fr\)](#)) zijn verschillende presentatie gehouden over de ervaringen met dierlijke graverijen uit verschillende landen; Duitsland, Engeland, Nederland en België.

In het Verenigd Koninkrijk heeft de UK environment Agency een richtlijn opgesteld hoe om te gaan met dierlijke graverijen in waterkeringen [UKEA,2019]. Deze gaat vooral in op de engineering aspecten:

- Welke faalmechanismen spelen een rol;
- Wat kun je als beheerder doen.

Eén richtlijn [UKEA, 2018] is speciaal geschreven over hoe om te gaan met de graverijen van dassen in waterkeringen. Dassen zijn ook in het Verenigd Koninkrijk beschermd. Deze richtlijn gaat over de verschillende monitoringaspecten en hoe de dassengraverij aan te pakken middels beheermaatregelen. In dit document wordt sterk benadrukt dat de dassen beschermd zijn en dat alle beheermaatregelen niet zomaar getroffen mogen worden. In Engeland houdt onder andere Paul Arnold van het Environment Agency zich bezig met graverijen in waterkeringen. Hij geeft in zijn presentatie aan dat de bezwijking van een waterkering nabij Tetney Marshes mogelijk veroorzaakt is door de aanwezigheid van dassenholen. Men heeft hierdoor onderzoek gedaan naar oplossingen om de dassen uit de dijk te krijgen door naast en in de dijk kunstmatige dassenburchten te bouwen. Zie Figuur 10 en Figuur 11. De onderzoeken hiernaar lopen nog, maar lijken volgens Paul Arnold de positieve kant op te gaan.



Figuur 10 Kunstmatige dassenburcht naast een waterkering [UKEA, 2021]



Figuur 11 Kunstmatige dassenburcht in een waterkering [UKEA, 2021]

Herstellen bevergraverij

Op 15 november 2021 is op de berm van de zomerdijk langs de Stadsdam in Huissen een bevergraverij uitgegraven en hersteld om de waterveiligheid van de kering weer op hetzelfde niveau te brengen als voor de graverij. Deze graverij is circa 3 weken voor de herstelwerkzaamheden ontdekt door de muskustrattenbestrijdingsdienst van het Waterschap Rivierenland. Doordat de waterpartij onder aan de berm vrij ondiep is, was het mogelijk om de bevergraverij in de berm van de dijk te kunnen detecteren. De graverij heeft een "lichte

verkleuring” van de bodem tot gevolg ten gevolge van de uitgegraven grond uit de berm. Zie de linkerkant van de bovenste foto van Figuur 12.



Figuur 12 Ontgraving van een bevergraverij [foto's: Frans van den Berg, Deltares]

De graverij was pas in een vroeg stadium van ontwikkeling en had een lengte van circa 5 m. Aan het einde van de gang was een hol met een volume van circa 50 x 50 x 50 [cm]. Na het uitgraven van de graverij is de grond weer teruggebracht in lagen van 50 cm en tussen de slagen verdicht. Uiteindelijk is de verwijderde grasmat weer aangebracht. Hiermee is de waterkering weer hersteld en is het veiligheidsniveau weer op hetzelfde niveau gebracht als voor de graverij.

3 Conclusies en aanbevelingen

3.1 Conclusies

Graverij treedt op en leidt tot schade aan de kering

Huidige kennis geeft aan dat er veel graverijen in waterkeringen aanwezig zijn en dat als het een rol speelt bij bezwijken van de waterkering, dit het bezwijkproces versnelt.

Schade wordt op tijd opgemerkt en hersteld voordat een hoogwater op treedt

De kans op het vinden van de graverij is afhankelijk van meerdere factoren; de kosten die men uit wil geven, de inzet van de beheerder, ervaring van de dijkwacht, etc. Uiteindelijk is het dan ook de vraag of het niet voordeliger is een deel van deze kosten bij de versterking onder te brengen waardoor je een robuustere dijk krijgt welke minder beheer vraagt. Over de langere termijn ben je dan mogelijk voordeliger uit. Uiteindelijk is dit ook uit te breiden in een verschil in ontwerpkosten.

Schade heeft invloed op een direct mechanisme

Er is een groot verschil tussen de verschillende soorten dierlijke graverijen en de soort impact daarvan op de waterkering en de verschillende faalmechanismen. Verschil zit onder andere in:

- Soort dijk; een zanddijk met kleibekleding of een 'massieve' kleidijk, staat er permanent water tegen de dijk of niet.
- De grootte van de graverijen/ holen, kleine holen en graverijen van o.a. muizen en mollen, grotere holen van onder andere bevers, dassen en vossen, en graverijen van bijvoorbeeld honden.
- De locatie op het dwarsprofiel van de kering; kruin, berm, teen, binnendijks, buitendijks.

Directe mechanisme met schade heeft een significante bijdrage aan de overstromingskans

De vraag ligt voor of graverij in bekledingen een relevante bijdrage levert aan de overstromingskans, en hoe er een rationele strategie kan worden ontwikkeld om hiermee om te gaan. Uit een gehouden enquête onder waterbeheerders over graverij wordt de kans op aanwezigheid van graverij tijdens hoogwater dominant ingeschat op 'groot' tot '100%' .

Momenteel wordt het hoofdzakelijk gezien als een zorgplichtkwestie. Een vraag is echter of het realistisch is volledig te voldoen aan de zorgplicht ten aanzien van graverijen indien de volgende situatie zich kan voordoen. Een uitzonderlijk hoogwater, waarbij er veel gravende dieren uit het voorland en, vanwege kwel, ook uit het nabije achterland kunnen zijn verjaagd richting de waterkering. Uit ervaring blijkt tevens, dat veelal dezelfde staf in zo'n periode, van uitzonderlijk hoogwater, zal worden ingezet voor de (overige) calamiteitenbestrijding.

Op basis van de nu gevonden bevinding, uit onder andere de overslagproeven, kan ruwweg gesteld worden dat de faalkans van een waterkering toeneemt indien er een dierlijke graverij in de waterkering aanwezig is. Hierbij dient opgemerkt te worden dat de dierlijke graverij niet de directe veroorzaker is van het falen van een waterkering, maar het kan wel verschillende faalmechanismen versnellen. Denk hierbij aan overloop/overslag, golfklap, maar zeker ook stabiliteit en interne erosiemechanismen.

3.2 Aanbevelingen

Op basis van de conclusie dat de graverijen een significante bijdrage kunnen leveren aan de overstromingskans volgt de vraag hoe kunnen de risico's voor graverijen beter worden beheerst. Een aantal aanbevelingen hiervoor zijn:

Meer/ beter beheer en onderhoud

Momenteel wordt er bij de meeste Waterschappen alleen in het voorjaar een inspectie uitgevoerd om de staat van de waterkering te controleren. Het strekt tot de aanbeveling om dit ook in het najaar uit te voeren voorafgaand aan het "gesloten seizoen" en direct voorafgaand aan een uitzonderlijk hoogwater.

De inspectiemethodieken zijn nog te verbeteren, op zowel detectiemethoden (LIDAR, grondradar) als visueel. [W.J. Klerk, 2021]

Maatregelen in de calamiteitszorg en in ontwerp uitsluiten dat graverij optreedt

Voorgesteld wordt om maatregelen te treffen om dierlijke graverij aan te pakken. Deze maatregelen kunnen worden onderverdeeld in 4 categorieën:

Proactief

Maatregelen die de blootstelling aan het risico op dijkdoorbraken door dieractiviteit verminderen, zoals:

- Zodanig ontwerp van dijken dat dierlijke graverij afschrikt
- Dieren voorzien van een aantrekkelijk alternatieve locatie, in de buurt van een waterkering die een dijkomgeving kan vervangen

Preventie

Maatregelen die de kans op dijkdoorbraak door dieractiviteit verkleinen, zoals:

- Vroegtijdige detectie en monitoring van dierlijke activiteiten die de veiligheid van een dijk kunnen bedreigen.
- Herstel van de dijk na een graverij, bij voorkeur al in een vroeg stadium

Wees voorbereid

Maatregelen die vooraf kunnen worden genomen om de impact te verminderen bij het bezwijken van een dijk door dieractiviteit

- Pas (tijdelijke) maatregelen toe op door dieren veroorzaakte graverijen die grote gevolgschade tijdens een overstromingsramp kunnen verminderen of vertragen.

Repressie

Maatregelen die snel kunnen worden toegepast tijdens een overstroming

De kennisvragen die hierbij ontstaan zijn onder andere om te leren begrijpen hoe dierlijke activiteiten de erosieweerstand van de grasmat aantasten en hoe men ondanks dit gegeven de grasmat toch op een minimaal benodigde sterkte kan houden.

Om op bovenstaande zaken meer grip te krijgen wordt aanbevolen om:

- de enquête op te volgen met diepte-interviews van de beheerders, al dan niet in combinatie met concrete voorvallen van ontdekte dierlijke graverijen die ingemeten en gekarakteriseerd kunnen worden voordat de dijk wordt hersteld. De verzameling van cases die hiermee kan worden opgebouwd zal verder helpen om inspectie-, monitoring- en herstelmethoden te verbeteren, maar ook om waar nodig, mogelijk en gewenst de ontwerp- en beoordelingscriteria aan te passen.
- op basis van deze informatie kan verder worden vastgesteld hoe er verder met dierlijke graverijen in waterkeringen moet worden omgegaan. Deze vaststelling dient te worden uitgevoerd met de verschillende stakeholders (HWBP, DGWB, RWS en de waterschappen).

Literatuur

[Bos & Gronouwe, 2018]

D. Bos, J. Gronouwe., *Toekomst van het muskusrattenbeheer in Nederland. De mogelijkheden onderzocht*. A&W-rapport 2461, Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek/DosPisos, Feanwâlden/Rhede 2018

[Carrol, 1949]

Carrol, P. H., *Soil piping in south-eastern Arizona*, United States Department of Agriculture Soil Conservation Service, Region 6, Albuquerque, New Mexico, 1949

[COW, 1984]

COW, *Inventarisatie van muskusratten in waterkeringen*, S-72.029-11, Centrum voor Onderzoek Waterkeringen, Werkgroep 11, Maart 1984

[Van Dijk, 2021]

Thesis van P.M van Dijk (TUDelft) "Prediction method for grass erosion on levees by wave overtopping: Linking models to experiments, 2021

<https://repository.tudelft.nl/islandora/object/uuid:6b5b9a45-75c6-40d7-b60e-637b43789d89?collection=education>

[Hölscher & Zomer, 2021]

Field research on burrows and discontinuities in embankments, Fact Finding field research in the Hedwige-Prosperpolder, ir. R. Holscher, ing. W.S. Zomer MSc, Interreg 2 seas programme Polder 2C's, STOWA Report no: 2021-52, 5 November 2021

[Infram, 2008]

Infram B.V., *Factual report, Golfoverslagproeven Zeeuwse zeedijken*, 08I011 definitief 8-9-2008

[Infram, 2020]

Infram Hydren, *Factual report praktijkproeven IJsseldijk Zwolle-Olst*, Opdrachtgever: Waterschap Drents Overijsselse Delta, Projectnummer: 19I814, Versie: 4.0, 5 oktober 2020

[Kieftenburg, 2019]

Annette Kieftenburg, *Quickscan meettechnieken gravers*, Deltares , d.d. 12 dec 2019, KPP project 11203682-020

[Klerk, 2020a]

W.J. Klerk, *Relevantiestudie risicogestuurd B&O Vechtdijken*, Deltares , d.d. 22 mei 2020

[Klerk, 2020b]

W.J. Klerk, *Betrouwbaarheid visuele inspecties waterkeringen, Resultaten veldproef*, maart 2020, TUDelft

[Klerk, 2022]

W.J. Klerk proefschrift TU Delft, conceptversie hoofdstuk 6 en 7, definitieve versie verwacht 2022

- [Koelewijn, 2020]
 André Koelewijn, *Graverij door dieren Invloed op de veiligheid van waterkeringen*, Deltares, d.d. 14-12-2020 KPP rapport 11205235-003-ZWS-0001
- [Koelewijn, 2021]
 André Koelewijn, *Waargenomen invloed van mollengangen op dijkveiligheid*, Interreg 2 seas programme Polder 2C's in opdracht van Waterschap Brabantse Delta, d.d. 5 mei 2021
- [Paul & Slaven, 2009]
 Paul, D. & Slaven, C., *Potential failure modes of the truckee canal failure at Fernley, Nevada. Managing Our Water Retention System*. 2009, Nashville, Tennessee.
- [Rikkert, 2021]
 Rikkert, S, *First findings of the inspection of animal burrows on September 8, 2021*, first concept
- [Min. I&W, 2021]
Schematiseringshandleiding grasbekleding, WBI 2017, Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat, 28 mei 2021, Definitief, Versienummer 5.0
- [Taccari, 2015]
 Thesis van M.L. Taccari (TUDelft, Deltares), *Study upon the possible influence of animal burrows on the failure of the levee of San Matteo along the Secchia river*, Maria Luisa Taccari, d.d. 13 July 2015
- [Technische Universität Dresden, 2019]
Untersuchungen zur Detektion vom Biber angelegter Hohlräume an der Oder Brandenburgs, Recherche und Bewertung von Messverfahren, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V i.s.m. Technische Universität Dresden Müncheberg, den 22.10.2019
<https://publications.zalf.de/publications/b9093066-af5e-46be-b12a-2cb2eed069bc.pdf>
- [Technische Universität Dresden, 2020]
Untersuchungen zur Detektion vom Biber angelegter Hohlräume an der Oder Brandenburgs, Felderprobung und Bewertung von Detektionsverfahren, Leibniz-Zentrum für Agrarlandschaftsforschung (ZALF) e.V i.s.m. Technische Universität Dresden Müncheberg, den 30.11.2020
<https://publications.zalf.de/publications/62cf3889-54ab-4c26-bf66-5dc4106a0478.pdf>
- [UKEA, 2018]
 UK environment Agency, *Managing badgers and badger setts in FCRM assets. Operational instruction 260 10: Issued 23/03/2018*
- [UKEA, 2019]
 UK environment Agency, *Engineering considerations when managing burrowing animals in FCRM embankments*. Technical Guidance: 259_10_SD01 Published: 16/05/19
- [UKEA, 2021]
 UK environment Agency, *English perspective on managing badgers in embankments*. Paul Arnolds, powerpointpresentatie op EUCOLD WG on Levees & Flood Defences – Webinar about animal activity on levees – 30 June 2021
[Working Group Webinar #1 – Levees and Flood Defences \(inrae.fr\)](https://www.inrae.fr/working-group-webinar-1-levees-and-flood-defences)

[UvW, 2020]

Beverprotocol voor de waterbeheerders in de provincies Gelderland en Zuid-Holland januari 2020, samenwerking van Waterschap Vallei en Veluwe, Waterschap Rijn en IJssel, Waterschap Hollandse Delta, Waterschap Rivierenland, Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden, Waterschap Amstel, Gooi en Vecht, Rijkswaterstaat, Faunabeheereenheid Gelderland, Faunabeheereenheid Zuid-Holland, Provincie Gelderland, Provincie Zuid-Holland, Unie van Waterschappen, Zoogdiervereniging

[WDOD, 2021]

Experiences with the beaver during high water 2021, Wijnand Evers WDOD, powerpointpresentatie at EUCOLD WG on Levees & Flood Defences – Webinar about animal activity on levees – 30 June 2021. [Working Group Webinar #1 – Levees and Flood Defences \(inrae.fr\)](#)

[Ydenberg et al, 2019]

R.C. Ydenberg, E. Emiel van Loon, D. Bos, & H. van Hemert, *Damage to dykes and levees in the Netherlands is extensive and increases with muskrat (Ondatra zibethicus) density*, Lutra 62 (1): 39-53, 2019

[Artikel-Lutra-juni-2019.pdf \(muskusrattenbestrijding.nl\)](#)

Overige bronnen

Op de Wiki noodmaatregelenwebsite van Deltares is een overzicht gegeven van kennis, protocollen en ervaringsbeschrijvingen over dierlijke graverij in waterkeringen.

https://v-web002.deltares.nl/sterktenoodmaatregelen/index.php/Dierlijke_Graverijen

Bijlagen

A Enquête formulier

Polder2C's survey for thematic area 'Animal- & vegetation-induced anomalies'

* Required



Vermeld uw naam *

Your answer

Vermeld uw email *

Your answer

Vermeld uw telefoon

Your answer

Organisatie *

Choose

1. Zijn er officiële protocollen voor de detectie en beheersing van schadelijke dieractiviteiten binnen uw organisatie?

Zo ja, voeg de titel van het document en het jaar van publicatie toe.

Your answer

2a. Welke dieren verrichten schadelijke activiteiten in uw gebied?

Muskusrat

Beverrat

Bever

Konijn

Vos

Das

Mol

Muis

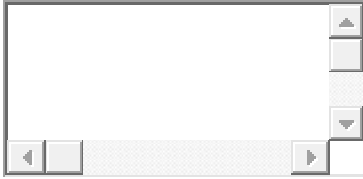
Rivierkreeft

emelten, honden (uitgraven mollen en muizen)

Other:

2b. Welke bovengenoemde dieren zijn de meest voorkomende? Zijn dit ook de meest problematische?

Your answer



2c. Hoeveel waarnemingen zijn er?

Vermeld het aantal waarnemingen per maand, kwartaal of jaar

Your answer



3. Welk gedeelte van dijkdwarsprofiel in uw gebied trekken bepaalde dieractiviteit aan en welke dieren veroorzaken dit?

Beschrijf een typische doorsnede of geef onderdelen in een doorsnede aan die dieren aantrekken.

Your answer



4. Welke technieken worden gebruikt om schadelijke dieractiviteiten te detecteren?

Visuele inspecties

ongeveer 1 keer in 10 jaar met een radiografische straling apparatuur (scanner) (Arie Breeman voor meer details)

Sonar met side scan voor opsporen van oeverholten van de bever onder de waterlijn.

Other:

5. Welke technieken worden gebruikt om de geometrie van dierenholten te meten?

Your answer



6. Op welk moment wordt een dierenhol als gevaarlijk beschouwd voor de veiligheid/stabiliteit van de dijk en moeten er naar uw mening corrigerende maatregelen worden genomen?

Your answer



7. Welke beheersmaatregelen zijn er in uw regio de afgelopen 10 jaar toegepast?

Beheersmaatregelen zijn niet nodig geweest

Uitgraven en profiel herstellen

Stalen damwanden

Grouting met zwelkleikorrels

Kleine herstelmaatregelen van de grasmat vullen van holen dichten van gaten.
preventief vallen vooral voor muskusrat en mollen (afhankelijk van de situatie)
toepassen van steenbestorting en ingraven van gaas

Other:

8. Met welke aannemers of andere externe partijen heeft uw organisatie samengewerkt bij het opsporen, evalueren en herstellen van (eventuele) dierenholen?

Vermeld de naam van de aannemers en andere partijen en of zij betrokken zijn geweest bij de detectie, veiligheidsbeoordeling of reparatie van de dierenholen.

Your answer

9. Beschikt u over een databank waarin (alle) (historische) resultaten van de waarnemingen van dierenholen worden vastgelegd?

Your answer

10. Werkt u samen met natuurorganisaties? Zo ja, welke?

Your answer

11. Hoe groot acht u de kans dat er dieren in de dijk zitten tijdens hoogwater? *

Your answer

Submit

B Resultaten enquête

Organisatie	1. Zijn er officiële protocollen voor de detectie en beheersing van schadelijke diervoorvalshandelingen binnen uw organisatie?	2a. Welke dieren verrichten schadelijke activiteiten in uw gebied?	2b. Welke bovengenoemde dieren zijn de meest voorkomende? Zijn dit ook de meest problematische?	2c. Hoeveel waarnemingen zijn er?
Scheldestromen Scheldestromen	nee	Vos, Mol, Muis Muskusrat, Konijn, Vos, Mol, Muis	Vos konijn en vos	4/ jaar 8 per jaar
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	Nee, niet voor de detectie	Muskusrat, Beverrat, Bever, Konijn, Mol, Muis, Rivierkreeft	Bever	In de uiterwaarden dagelijks
Hollandse Delta	1. Beverprotocol voor de waterbeheerders in de provincies Gelderland en Zuid-Holland, januari 2020 2. GEDRAGSCODE WET NATUURBESCHERMING VOOR WATERSCHAPPEN, 22 januari 2019	Muskusrat, Beverrat, Bever, Konijn, Mol, Muis	Voorkomende: alle bovengenoemde dieren behalve bever, komt ook veel voor. Bever is meest problematisch door de hoge totale graafinhoud en de nest-kom diameter.	Mollen (elke dag) overal Konijn 15-20 per jaar Bever 15 per jaar Muskusrat 100 activiteit per jaar Vos 1-2 per jaar
Rivierenland	Beverprotocol, werkinstructie beverpatrouille	Muskusrat, Beverrat, Bever, Konijn, Vos, Das, Muis	konijn en bever waar de bever de meest problematische is.	ik praat nu alleen voor mijn rayon ca gemiddels 6 schades per jaar
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	nee	Muskusrat, Konijn, Mol, Muis	mol en konijn	15 per jaar
Hunze en Aa's	Nee, Alle kades, dijken worden minimaal 2x per jaar gecontroleerd door de muskusrattenvangsters Daarnaast is er 2x per jaar dijkinspectie. Dijken, kades waar de aanwezigheid van bevers bekend zijn worden ook 4x per jaar gecontroleerd met een boot met sonarapparatuur.	Muskusrat, Beverrat, Bever, Vos, Das	Het aantal muskus- en beverratten in het binnenland wordt snel minder omdat we deze grotendeels bij de grens met Duitsland tegenhouden. (80% van onze vangsten is in de grensregio). Dit probleem neemt in het binnenland snel af. Het aantal bevers neemt snel toe (nu circa 200 stuks). We zien een steeds grotere en snellere verspreiding door ons gebied waardoor de problemen steeds groter worden. De graafschade van een bever (met gangen van 30 tot 60 cm doorsnede en 5 a 8 meter diep) zijn veel urgenter als muskus- en beverrat. Doordat de ingang onder water zit zijn ze moeilijk te detecteren. Graafschade door vossen komt ook	Graafschade van de bever: circa 25 a 30 gangen/overhoelen per jaar. Vossen 10 a 15 vossen bouwen per jaar.
Rivierenland	Inspectieplan waterkeringen, 2015. Beheer en Onderhoudsplan waterkeringen, 2021.	Muskusrat, Beverrat, Bever, Konijn, Vos, Das, Mol, Muis, Rivierkreeft, emelten, honden (uitgraven mollen en muizen)	Bever is het meest bedreigend voor de dijken, konijnen meest voorkomend, muskusratten in regionaal systeem.	Graverij groot (Digigids) 2021: 125 waarnemingen / 2020: 69 / 2019: 129
Brabantse Delta	Beverprotocol Brabant 2018	Muskusrat, Beverrat, Bever, Konijn, Vos, Das, Mol, Muis, Rivierkreeft, emelten, honden	meest voorkomend: rivierkreeft; meest schadelijk bever	dagelijks voor alle
Aa en Maas	dassenprotocol, januari 2021 beverprotocol; maart 2017 (inmiddels concept 2021)	Muskusrat, Bever, Konijn, Vos, Das, Mol	das en bever zijn meest voorkomend met de meest schadelijke gevolgen muskusratten is een afnemend probleem vanwege de extra aandacht om terug te dringen naar 0-schades.	dassengraverij: op 22 locaties daadwerkelijke schade of risico's op schade bij hoogwater bevergraverij: bever: op ca 10 locaties risico op schade. dit is per jaar. opmerking: bevverschade zie je vaak niet tot het moment dat er daadwerkelijk schade is ontstaan (verzakking) Dit maakt het risico bij hoogwater onvoorspelbaar groot, omdat dan
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	We zijn aangesloten bij de landelijk muskusrattenbestrijders.	Muskusrat, Beverrat, Konijn, Vos, Mol, Muis, Rivierkreeft, emelten, honden (uitgraven mollen en muizen), Ratten	Mol, muskusrat, Vos, Rivierkreeft, deze vier zijn meest problematisch	Oorzaak / Aantal / Percentage mol / 247 / 77,4% konijn / 43 / 13,5% rat / 4 / 1,3% vos / 8 / 2,5%
Rijkswaterstaat	Nee, niet bekend in ieder geval	Konijn, Vos, Mol, Muis	Konijn en mol, ja	Heb ik geen gegevens van paraat
Rijkswaterstaat	Middels visuele inspectie (voor- en najaar) worden locaties en omvang in beeld gebracht.	Konijn, Vos, Mol, Muis, emelten, honden (uitgraven mollen en muizen), Ratten	Wij beheren veelal dammen: meeste overlast konijn, mol, muskusratten komen wij minder / niet tegen.	
Rijkswaterstaat	Ja, digigids STOWA	Muskusrat, Konijn, Mol, Muis	Muizen en mollen, ja	vele tientallen per jaar

Organisatie	3. Welk gedeelte van dijkdwaarsprofiel in uw gebied trekken bepaalde dierspecies aan en welke dieren veroorzaken dit?	4. Welke technieken worden gebruikt om schadelijke dierspecies te detecteren?	5. Welke technieken worden gebruikt om de geometrie van dierenholten te meten?	6. Op welk moment wordt een dierenhol als gevaarlijk beschouwd voor de veiligheid/stabiliteit van de dijk en moeten er naar uw mening corrigerende maatregelen worden
Scheldestromen	in de teen van de dijk	Visuele inspecties	/	zodra het een hol is
Scheldestromen	noordzee en westerschelde dijken vos en konijn	Visuele inspecties	opgraven en herstellen	wanneer er zand zichtbaar is is het altijd urgent zitten dan door de kleilaag
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	Wij ervaren problemen met muizen en mollen op het gehele profiel (Buitenteen, talud, kruin, binnen talud en binnen teen) De bevers geven bij normale waterpeilen geen problemen maar bij hoog water (als er water tegen de dijk aan komt te staan) dan verwachten we dat ze zich in de dijk huisvesten!	Visuele inspecties	nog geen ervaring in behalve de prikstop of de baak.	Als er een insnjding in het dijksprofiel ontstaat door graverij of als er een niet erosie bestendige grasmat ontstaat door graverij.
Hollandse Delta	Muskusrat en bever vooral in de binnenteen Konijn en vos vooral in de dijktalud Mol overall (kruin en binnenteen, binnen- en buitenwaarts), voorkeur voor klei Konijn voorkeur voor zandige grond	Visuele inspecties, ongeveer 1 keer in 10 jaar met een radiografische straling apparaat (scanner) (Arie Breeman voor meer details)	Handwerk of kraan, soms radiografische straling apparaat (scanner) voor bevers	Het heeft altijd invloed op de sterkte van de waterkering en wordt daarom meestal hersteld. Wordt niet hersteld bij kleine grafschade van bijvoorbeeld mollen bij een kering met tenminste een klei bekleding van 0.80m.
Rivierenland	bij normale waterstanden graven bevers daar waar de dijk grenst aan het water. Bij de laatste hoogwatergolf in febr 2021 waren er in de Betuwe 12 locaties waar de bever net onder de hoogwaterlijn de dijk in is gegraven met hopen van 0,4 meter tot 5 meter in de dijk. Ook gangen aan de binnenzijde bij	Visuele inspecties	fysiek met prikstop en dan met riool inspectiecamera.	bij bevers tijdens hoogwater moet je actie ondernemen omdat de bever mee graaft met eventuele stijgende waterstanden. Aan de binnenzijde heb ik bevers gehad in de steunberm vanuit een wie, die hebben meegegraven met de stijgende waterstand vanuit het wiel en uiteindelijk een
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	Binnen talud	Visuele inspecties	geen	wanneer deze lekkage veroorzaakt, of de grasbekleding dusdanig beschadigt
Hunze en Aa's	Bevers zitten bij ons met name in de vooroever van een dijk. Indien er dieper water aan de teen van de dijk aanwezig is, is dit direct ook een risico op voorkomen van grafschade. Vossen zitten altijd in het droge, hogere deel van het dijklichaam zelf.	Visuele inspecties, Sonar met side scan voor opsporen van oeverhopen van de bever onder de waterlijn.	We experimenteren met grondradar (GPR) o.a. aan een drone. Als we oeverhopen hebben, graven we die (conform protocol van Provincie, na voorzorgmaatregelen) open en vullen de gaten weer op.	Afhankelijk van (hoogwater)seizoen of mogelijk dat ze jongen kunnen hebben. Bij voorkeur zo snel mogelijk om te voorkomen dat er een familie zich gaat vestigen. Dan heb je een groter complex aan gangen en kamers en moet je een hele familie wegvangen wat veel ingrijpender is.
Rivierenland	Oeverzone: ratten, kreeften en bevers. Taluds: landdieren.	Visuele inspecties	Visueel met baak	Groter dan 10x10x10 cm
Brabantse Delta	veel recreatie: honden binnen- en buitentalud; stilstaande water waterkering, beschermingszone A en B, zowel binnen- als buitendijks.	Visuele inspecties, incidentele tests	voorzichtig uitgraven volgens protocol.	als geen zicht meer op grootte va hol in dijk; bij een teveel aan hopen
Aa en Maas	dit geldt voor grafschade van das, bever, muskusratten, en in mindere mate konijn en vos.	Visuele inspecties, speurhonden in opleiding, nagrafen van mogelijke graverijen.	meetlint, nagrafen en endoscoop	altijd binnen de waterkering. Na toetsing en berekening locaties in beschermingszone A en B.
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Buitentalud op de waterlijn Muskusrat en Rivierkreeft. Binnenteen zandige dijk Vos, konijn. Mollen in hele dijk.	Visuele inspecties	Geen speciale techniek. doorgaans duimstok, prikstop, jalonstok.	Sterk afhankelijk van locatie en grootte van gangen en over-dimensionering van de dijk. Ook of de gangen naar het water lopen en de diepte van de gangen aan de buitenkant t.o.v. MHW.
Rijkswaterstaat	Grasbekleding op kruin en talud, konijn en mol	Visuele inspecties	Geen	Graverij is gevaarlijk als de bekleding ongeschikt raakt om functie te vervullen of er dusdanig risico's ontstaan dat functievulling in gevaar komt. Gebruik
Rijkswaterstaat	Boventalud buitenzijde (veelal aanvalzijde met zout water), kruin, binnentalud	Visuele inspecties	Visueel inspecteren met vastlegging GPS-coördinaten en vastleggen visueel meetbare afmetingen.	Bij gravingen, kuilen, afdekken grasbekleding etc: >St. 0,15x0,15x0,10m. per 25m ² . Vossen en grotere graverij vaak meer dan 0,5x0,5x0,10m en vallen dus bij 1st. per 25m ²
Rijkswaterstaat	Binnen en buitentalud, kruin	Visuele inspecties	Visueel	Zie STOWA digigids

Organisatie	7. Welke beheersmaatregelen zijn er in uw regio de afgelopen 10 jaar toegepast?	8. Met welke aannemers of andere externe partijen heeft uw organisatie samengewerkt bij het opsporen, evalueren en herstellen van (eventuele) dierenholten?	9. Beschikt u over een databank waarin (alle) (historische) resultaten van de waarnemingen van dierenholten worden vastgelegd?
Scheldestromen	Uitgraven en profiel herstellen	onderhoudsaannemer	schadebeelden app
Scheldestromen	Uitgraven en profiel herstellen	eigen kantoniers van het waterschap	ja in de schade app
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	Beheersmaatregelen zijn niet nodig geweest, Kleine herstel maatregelen van de grasmat vullen van holten dicht van gaten.	Binnen HDSR werken we nauw samen met muskusratten beheer en lokale milieu werkgroepen /natuurwerkgroepen.	ja
Hollandse Delta	Uitgraven en profiel herstellen, preventief vallen vooral voor muskusrat en mollen (afhankelijk van de situatie)	Detectie en veiligheidsbeoordeling: WSHD zelf Reparatie: Calamiteit aannemer www.minekus.nl	Maximo applicatie (voor- en najaarsinspectie)
Rivierenland	Uitgraven en profiel herstellen, Kleine herstel maatregelen van de grasmat vullen van holten dicht van gaten., toepassen van steenbestorting en ingraven van gaas	standaard aannemers in het gebied, begeleiding van Zoogdierverseniging en Provincie	ja
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	Uitgraven en profiel herstellen, Kleine herstel maatregelen van de grasmat vullen van holten dicht van gaten., preventief vallen vooral voor muskusrat en mollen		ja
Hunze en Aa's	Uitgraven en profiel herstellen, Kleine herstel maatregelen van de grasmat vullen van holten dicht van gaten., preventief vallen vooral voor muskusrat en mollen (afhankelijk van de situatie), toepassen van steenbestorting en ingraven van gaas	Robor Electronics voor vliegen met grondradar, Terra Carta uit Hoogeveen voor onderzoek met bodemradar. Duikteam Defensie voor testen sonar.	We werken met een App waarbij de gegevens in GIS worden vastgelegd.
Rivierenland	Uitgraven en profiel herstellen, Grouting met zwelkleikorrels, Kleine herstel maatregelen van de grasmat vullen van holten dicht van gaten., preventief vallen vooral voor muskusrat en mollen (afhankelijk van de situatie)	Een groot aantal aannemers waar ik om privacy redenen geen gegevens over verstrek.	We hebben excelbestanden en gdb's van de waarnemingen van de voorjaarsinspectie. Opvraagbaar bij Wouter Jan de Klerk.
Brabantse Delta	Uitgraven en profiel herstellen, Kleine herstel maatregelen van de grasmat vullen	Praktisch: Radar: Zeiss; GMB; ingraven gaas; Theoretisch: Faalloadenanalyse irt toetsing:	Nee, wel waarnemingen, niet de schades
Aa en Maas	Uitgraven en profiel herstellen, Stalen damwandend, Grouting met zwelkleikorrels, Kleine herstel maatregelen van de grasmat vullen van holten dicht van gaten., preventief vallen vooral voor muskusrat en mollen (afhankelijk van de situatie), ingraven gaas, zonder steenbestorting	lokale aannemers; Zoogdierverseniging en Stichting Das en Boom en lokale dassenclubs	ja, in geoweb vastgelegd
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Uitgraven en profiel herstellen, Kleine herstel maatregelen van de grasmat vullen van holten dicht van gaten., preventief vallen vooral voor muskusrat en mollen (afhankelijk van de situatie), Testen met	Doen we met eigen onderhoudsdienst.	Ons inspectiesysteem staan ze in, geen separate databank.
Rijkswaterstaat	Kleine herstel maatregelen van de grasmat vullen van holten dicht van gaten., Testen met geurstof (tupoleum), Gebruik fretten voor bestrijden konijnen	Van Doorn Geldermalsen	Nee
Rijkswaterstaat	Uitgraven en profiel herstellen, Kleine herstel maatregelen van de grasmat vullen van holten dicht van gaten., ON nu ook in overleg met Anticimex om te kijken naar mogelijkheden van bestrijding: nog geen	Volker Infra (ON vast onderhoud), Anticimex (specialist bestrijding)	I.v.m. aanvang van digitaal inspecteren beschikken we niet over een goed / compleet historisch overzicht van deze schadebeelden
Rijkswaterstaat	Kleine herstel maatregelen van de grasmat vullen van holten dicht van gaten., toepassen van steenbestorting en ingraven van gaas, Natuurlijke vijand inzetten	Prestatieopdrachtnemers	gedeeltelijk ja, 2x per jaar visuele inspectie vanaf circa 2017 data beschikbaar

Organisatie	10. Werkt u samen met natuurorganisaties? Zo ja, welke?	11. Hoe groot acht u de kans dat er dieren in de dijk zitten tijdens hoogwater?
Scheldestromen	NPO, zeeuws landschap, etc.	het is binnendijks.
Scheldestromen	nee niet van toepassing voor konijn en een vos	groot maar het betreft een getijdegebied (Noordzee)
Hoogheemraadschap De Stichtse Rijnlanden	ja milieu werkgroepen /natuurwerkgroepen SBB Utrechtslandschap zoogdieren vereniging recreatieschap	hoog en wordt steeds groter/hoger
Hollandse Delta	1. Natuurmonumenten 2. Zoogdierenvereniging 3. Staatsbosbeheer	De dieren in het voorland zoeken het hoger gelegen terrein op zoals de waterkering.
Rivierenland	Zoogdierenvereniging en provincie's	zeer groot 13 hollen afgelopen hoogwater
Hoogheemraadschap van Schieland en de Krimpenerwaard	vliederstichting	gering
Hunze en Aa's	Zoogdierenvereniging, Drents- en Groningerlandschap, Natuurmonumenten en SBB	redelijk groot .De gravers in de vooroever of in de dijk willen droog blijven zitten. Met het stijgen van de waterstand graven ze zich omhoog om droog te blijven. Zeker als het een langere periode betreft of als ze jongen hebben (periode april mei)
Rivierenland	Zoogdierenvereniging	100%
Brabantse Delta	Zoogdierenvereniging	100%
Aa en Maas	Zoogdierenvereniging	100%, met name de bever
Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier	Soms in overleg met natuurmonumenten.	Redelijke grote kans. Bij hoogwater vluchten ze hoger in het profiel (graven door). Grootste probleem zijn de gangen die ze dan achterlaten.
Rijkswaterstaat	Nee	Aanzienlijk
Rijkswaterstaat	Nee, maar zouden we wel moeten inregelen	100%
Rijkswaterstaat		groot

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