

Muskusrattenbestrijding in Nederland: een quick scan naar nut, noodzaak en alternatieven

Muskusrattenbestrijding in Nederland: een quick scan naar nut, noodzaak en alternatieven

**D.R. Lammertsma
F.J.J. Niewold**

Alterra-rapport 1197

Alterra, Wageningen, 2005

REFERAAT

Lammertsma, D.R. & F.J.J. Niewold, 2005. *Muskusrattenbestrijding in Nederland: een quick scan naar nut, noodzaak en alternatieven*. Wageningen, Alterra, Alterra-rapport 1197. 78 blz.; 9 fig.; 4 tab.; 107 ref.

In dit rapport zijn de resultaten weergegeven van een quick scan naar nut en noodzaak van de muskusrattenbestrijding in Nederland en naar mogelijke alternatieven, waaronder maatregelen ter voorkoming van schade door gegraaf en vraat. Op basis van literatuur, informatie van de bestrijdingsorganisaties en veldbezoeken is een analyse uitgevoerd naar de kosten en baten, bestrijdingsprincipes en alternatieven voor de huidige gebiedsdekkende bestrijding.

Ondanks eerdere aanbevelingen zijn geen systematische metingen verricht naar het voorkomen van schaden en aantallen, terwijl het begeleidend onderzoek stagneerde. Bij de huidige bestrijding is de gehanteerde normbepaling ontoereikend om bestrijdingseffecten en schaden in voldoende mate te kunnen beoordelen. Het nut en de noodzaak van een bestrijding kon dan ook in onvoldoende mate worden beoordeeld, hoewel er nu geen redenen zijn voor grote bezorgdheid over de veiligheid van de grote waterkeringen.

Aanbevelingen werden gedaan voor het verrichten van metingen over aantallen en schaden. Daarnaast is experimenteel onderzoek nodig voor bepaling van de effectiviteit en efficiëntie van alternatieve bestrijdingstechnieken en –strategieën.

Trefwoorden: aanbevolen onderzoek, bestrijdingstechnieken en –strategieën, kosten-batenanalyse, muskusrat, *Ondatra zibethicus*, quick scan, schadepreventie

ISSN 1566-7197

Dit rapport kunt u bestellen door € 30,- over te maken op banknummer 36 70 54 612 ten name van Alterra, Wageningen, onder vermelding van Alterra-rapport 1197. Dit bedrag is inclusief BTW en verzendkosten.

© 2005 Alterra

Postbus 47; 6700 AA Wageningen; Nederland

Tel.: (0317) 474700; fax: (0317) 419000; e-mail: info.alterra@wur.nl

Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van Alterra.

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

Inhoud

Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Achtergrond	9
1.2 Doel en vraagstelling	9
2 Materiaal en Methoden	13
2.1 De muskusrat	13
2.2 De uitvoering van de bestrijding	15
2.3 Werkwijze	17
2.3.1 De noodzaak van bestrijding	17
2.3.2 Scenario zonder bestrijding	18
2.3.3 Alternatieven voor de (huidige) bestrijding	18
3 De schadeproblematiek	19
3.1 Veiligheid	19
3.1.1 Waterkeringen	19
3.1.2 Risico's langs oevers	21
3.1.3 Spoordijken en wegen	22
3.2 Economische schade	22
3.2.1 Schade aan visfinken	22
3.2.2 Vraatschade aan landbouwgewassen	22
3.2.3 Grondverplaatsing in wateren	25
3.2.4 Graverij aan waterkeringen en infrastructurele werken	29
3.2.5 Graverij in oevers	32
3.2.6 Effecten op natuurlijke processen	33
3.3 Discussie en conclusies	35
3.3.1 Veiligheid	35
3.3.2 Economische schade	36
3.3.3 De muskusrat als nieuwkomer in Europa	37
4 Scenario zonder bestrijding	39
4.1 Aantallen	39
4.2 Algemene beschouwing over draagkracht	42
4.3 Populatie dynamiek in Europa	43
5 De kosten en baten van de bestrijding	45
5.1 Friesland	45
5.2 Krimpenerwaard	46
5.3 Made-Drmmelen	46
5.4 Discussie en conclusies	48

6	Alternatieven voor de huidige bestrijding	49
6.1	Algemeen	49
6.1.1	Populatiebeheer	49
6.1.2	Het huidige populatiebeheer	50
6.1.3	De populatiemeting	51
6.1.4	Analyse vanginspanning en populatiebeheer	52
6.2	Schadewerende maatregelen	55
6.2.1	Conclusie	56
6.3	Alternatieve bestrijdingsmethoden	57
6.3.1	Bestrijdingswijzen en –tactieken	57
6.3.2	Bestrijdingsplannen en –strategieën	60
7	Conclusie en aanbevelingen	65
7.1	Conclusies	65
7.1.1	Veiligheid	65
7.1.2	Economische schade	65
7.1.3	Scenario zonder bestrijding	66
7.1.4	Alternatieven voor huidige bestrijding	67
7.2	Aanbevelingen	68
	Dankwoord	71
	Literatuur	73

Samenvatting

In opdracht van de Landelijke Coördinatiecommissie Muskusrattenbestrijding is een quick scan uitgevoerd naar nut en noodzaak van de bestrijding van muskusratten in ons land en naar mogelijke alternatieven voor de huidige bestrijding. Het primaire doel van de bestrijding is te voorkomen dat onveilige situaties ontstaan als gevolg van het gegraaf en geknaag van muskusratten. Hoewel de belangrijkste doelstelling wordt gehaald, laten de vangresultaten op landelijk niveau te wensen over, aangezien de meeste bestrijdingorganisaties volgens de gehanteerde normstelling de muskusrattenpopulaties niet onder controle hebben. Aangenomen wordt dat daardoor de kans op het ontstaan van onveilige situaties en aanzienlijke schade niet meer acceptabel is. Daarnaast leidt een grote muskusratpopulatie tot meer vangmiddelen in het veld, meer bijvangsten en hoge kosten (LCCM, 2004). Waarom resultaten van de huidige bestrijding onvoldoende zijn werd in deze studie niet onderzocht.

In deze quick scan is gekeken naar de noodzaak van het bestrijden in het kader van veiligheid van waterkeringen en naar het voorkomen van economische schade. Er is stilgestaan bij de vraag welke ontwikkelingen te verwachten zijn indien geen bestrijding meer zou plaatsvinden, zowel wat betreft de omvang van de muskusratpopulaties als de te verwachten schadeniveaus. Daarnaast is aandacht besteed aan mogelijke alternatieve bestrijdingstrategieën en naar preventieve maatregelen ter voorkoming van schade. Gegeven het karakter van deze quick scan, kon slechts worden geput uit bestaande gegevens en expert kennis.

Op grond van onderzoek dat is uitgevoerd naar mogelijke risico's van doorbraken van waterkeringen door graverij kan worden geconcludeerd dat er bij de huidige muskusrattenbestrijding geen aanwijzingen zijn voor grote bezorgdheid over de veiligheid van grote waterkeringen langs zee en rivieren. Veel van deze waterkeringen liggen niet langs permanent water of zijn voorzien van robuuste verhardingen, die graverij weren. Kleinere waterkeringen, zoals diverse soorten kaden, zijn kwetsbaarder. Toch geldt ook hier dat bij de huidige muskusrattenbestrijding de risico's tot op heden beheersbaar zijn. Op basis van de bestaande gegevens was geen eenduidige uitspraak mogelijk over de kans van doorbraak van verschillende typen waterkeringen door muskusratgraverij.

Systematisch onderzoek naar de aard en omvang van graafschade in relatie tot de dichtheid van muskusratten is tot op heden niet uitgevoerd. Incidenteel zijn wel metingen gedaan, maar deze geven geen eensluidende resultaten. Evenmin zijn op systematische wijze metingen verricht aan vraatschaden, kosten van herstelwerkzaamheden en baggerkosten als gevolg van activiteiten van muskusratten. Het systematisch registreren van schade is voor het voeren van de nut en noodzaak discussie echter van groot belang.

Op grond van de ontwikkeling van muskusratpopulaties elders kan worden verwacht dat ook in ons land na het staken van de bestrijding een groei van de populaties met

een *overshoot* zal optreden. Naar verwachting zullen aanvankelijk (lokaal) hoge dichtheden worden bereikt. Het is onzeker of populaties daarna gaan fluctueren, waarbij periodiek hoge aantallen worden bereikt, dan wel dat de populatie zich permanent op een laag niveau stabiliseert.

Verondersteld kan worden dat bij hoge dichtheden de kans op graverij in waterkeringen zal toenemen. Dit zou betekenen dat zonder bestrijding meer controle en herstelwerkzaamheden nodig zullen zijn. Bovendien zal graverij in oevers en vraat van oever- en waterplanten en land- en tuinbouwgewassen langs oevers toenemen. Zonder bestrijding van muskusratten lijkt in ons land niet of nauwelijks sprake te zullen zijn van aantasting van natuurwaarden. Wel kunnen plaatselijk problemen ontstaan voor bepaalde gewenste soorten.

Gegeven de huidige primaire doelstelling voor het behoud van veilige waterkeringen, zijn verschillende bestrijdingsstrategieën denkbaar en behoeft een landsdekkende bestrijding niet noodzakelijk de meest efficiënte bestrijdingsvorm te zijn. Er zijn alternatieve bestrijdingsstrategieën en -methoden denkbaar die meer gebruik maken van de kennis van de levenswijze van de muskusrat, waarbij het uitgangspunt is dat de muskusrat als 'nieuwkomer' permanent aanwezig is. Een mogelijke beperking van de bestrijding zou enerzijds lagere kosten met zich mee brengen. Daartegenover staat dat meer moet worden geïnvesteerd in begeleidend onderzoek, inspecties van waterkeringen en duurzame muskusrat- en schadewerende constructies. Voor het vaststellen van de bruikbaarheid van alternatieve bestrijdingsmethoden van muskusratten, zoals chemische bestrijding, beperking van de vruchtbaarheid, biologische bestrijding en bestrijding uitgevoerd door grondeigenaren en alternatieve bestrijdingsstrategieën, waaronder 'geen bestrijding', 'dambordbestrijding', 'voorjaarsbestrijding', 'objectbestrijding in optimale gebieden en nabij kwetsbare locaties' zou eerst nader onderzoek dienen te worden verricht.

Deze quick scan maakt duidelijk dat er onvoldoende basisgegevens zijn om tot een goede afweging van alternatieve bestrijdingsstrategieën en -methoden te komen. Het huidige registratiesysteem dient te worden vervangen door een systeem van metingen dat beter is afgestemd op de vragen die voor het opzetten van een doeltreffende bestrijding beantwoord dienen te worden. Daarnaast dient ook onderzoek te worden gedaan aan muskusratpopulaties die zich onder experimentele omstandigheden zonder bestrijding kunnen ontwikkelen. Alleen dan kan een goed beeld worden verkregen van het verloop van de populatiedichtheid en de daaraan gekoppelde schade. Aansluitend kan dan een evenwichtige afweging worden gemaakt over nut en noodzaak en de kosten-baten van de verschillende strategieën van bestrijden.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Sinds 1986 is de uitvoering van de bestrijding van de muskusrat een taak en verantwoordelijkheid van de provincies. In 1994 zijn ook de financiële middelen gedecentraliseerd. De uitvoering wordt momenteel vormgegeven door provincies en waterschappen. De decentralisatie vanuit het rijk is vastgelegd in de 'Wet van 18 december 1985, houdende enige voorzieningen ten behoeve van de inzet en bekostiging van muskusrattenvangers'. De doelstelling van de bestrijding van de muskusrat is daarin als volgt verwoord: 'In het belang van een doelmatige bestrijding van de muskusrat in het gehele land, en ter voorkoming van schade aan waterstaatswerken in het bijzonder, dragen Gedeputeerde Staten van iedere provincie zorg voor de inzet van muskusrattenvangers in ambtelijke dienst'.

De Unie van Waterschappen en de Provincies hebben zich verenigd in een landelijk platform, de LCCM (Landelijke Coördinatiecommissie Muskusrattenbestrijding). De hieronder opererende TCM (Technische Commissie Muskusrattenbestrijding), waarin vertegenwoordigers van alle bestrijdingsorganisaties zitting hebben, overlegt periodiek om te komen tot afstemming van de bestrijding. De invulling van de doelstelling bestaat uit schadepreventie die primair bestaat uit het streven naar een zo laag mogelijke stand van de muskusrattenpopulaties. Hierdoor wordt schade geminimaliseerd en kan de bestrijdingsdruk laag blijven.

In het verleden en meer recent zijn aan aantal onderzoeken verricht en voorstellen gedaan om de bestrijding van de muskusrat te effectueren (Doude van Troostwijk, 1976, Verkaik, 1991, Onderzoekvisie Muskusrattenbestrijding, 1993-1998, 1992, Workshop Muskusrattenonderzoek, 1992, de Jonge et al., 1997, Niewold, 2002a,b, van Vliet et al., 2003). Inmiddels is het 2005 en er zijn verschillende redenen om nu onderzoek te verrichten naar nut en noodzaak van bestrijding.

De resultaten van 18 jaar provinciale bestrijding zijn onvoldoende. In 2003 werden ongeveer evenveel muskusratten gevangen als in het begin van de negentiger jaren, wat in termen van vangstresultaten een dieptepunt was (LCCM, 2004). Maatschappelijk staat het doden van dieren steeds meer ter discussie. Dit heeft ook haar weerslag op de bestrijding van muskusratten. De vraag naar nut- en noodzaak en, als onderdeel daarvan, de ethische aspecten van het doden van dieren wordt gesteld. Deze maatschappelijke druk heeft zich bestuurlijk vertaald. Ook de voor de bestrijding verantwoordelijke bestuurders willen antwoorden op de vraag naar de nut- en noodzaak.

1.2 Doel en vraagstelling

Doel van het voorliggende onderzoek is om de bestuurlijke vragen op korte termijn te beantwoorden. De verkennende studie heeft het karakter van een quick scan. De landelijke Coördinatiecommissie Muskusrattenbestrijding (LCCM) heeft daarom een

twee sporenbeleid uitgezet. Naast de quick scan wordt voor de komende jaren een gedegen onderzoek uitgezet dat zal voortborduren op deze verkenning.

In deze quick scan stonden de volgende vragen centraal:

1. wat is de noodzaak van bestrijding?
2. wat is het scenario indien geen bestrijding plaatsvindt?
3. welke alternatieven zijn er voor de (huidige) bestrijding?

Ad.1. De noodzaak van bestrijding

In hoeverre is het bestrijden van de muskusrat noodzakelijk in het kader van veiligheid? Bij veiligheid moet worden gedacht aan het voorkomen dat gebieden onder water lopen als gevolg van het doorbreken van waterkeringen op verschillende niveaus, zoals zeekeringen, rivierdijken, boezemkades etc. Tevens maken onveilige situaties als gevolg van schade aan (spoor)wegen en oevers (omvallen tractoren, risico's vee e.d.) onderdeel uit van deze vraag. Achterliggende vraag is dus of de graverij van muskusratten daadwerkelijk tot onveilige situaties kan leiden.

De veiligheidsrisico's kennen natuurlijk ook economische aspecten. Deze dienen inzichtelijk te worden gemaakt. Verder is bij economische schade o.a. het afkalven van oevers, vraatschade en dijk- en kadeherstel onderdeel van de vraag.

Ad 2. Scenario zonder bestrijding

Om een goed antwoord te kunnen formuleren op de vragen over nut- en noodzaak van de bestrijding is het van belang te weten wat er gebeurt met een populatie muskusratten indien er geen bestrijding zou plaatsvinden. Ten aanzien van een situatie zonder bestrijding dient de volgende vraag beantwoord te worden:

Welke ontwikkeling van de populatie muskusratten in Nederland is te verwachten indien geen bestrijding meer zou plaatsvinden en welk schadeniveau hoort daarbij?

Deze vraag valt uiteen in een aantal deelvragen:

- a. Tot welk maximaal populatieniveau groeit de populatie muskusratten in Nederland indien de bestrijding gestopt wordt? M.a.w. wat is de draagkracht van Nederland voor een populatie muskusratten?
- b. In hoeverre stabiliseert de populatie muskusratten zich in Nederland en op welk niveau?
- c. Welk schadeniveau hoort bij de maximale populatie (draagkracht niveau) en bij het niveau waarop een populatie zich stabiliseert?

Ad 3. Alternatieven voor de (huidige) bestrijding

De bestrijding vindt in feite al tientallen jaren op dezelfde wijze plaats, terwijl maatschappelijke en ethische aspecten rond het doden van dieren steeds prominenter op de voorgrond treden. In de uitvoering zijn weinig ingrijpende veranderingen geweest, afgezien van aanpassing van vangmiddelen om bijvoorbeeld bijvangst te voorkomen. In het verleden is wel gekeken naar alternatieven, zoals oeverbeschoeiingen, vruchtbaarheidsbeperking, e.d., en naar vangmiddelgebruik en vangstrategie (van Vliet et al., 2003), maar dat heeft niet tot grote aanpassingen

geleid. In dit onderzoek dienen de alternatieven voor de (huidige) bestrijding onderzocht te worden aan de hand van de volgende vragen:

In hoeverre bestaan er preventieve maatregelen, als alternatief voor de (huidige) bestrijding, die praktisch uitvoerbaar en financieel haalbaar zijn?

Het gaat bij deze vraag om mogelijkheden die bestrijding (op bepaalde locaties of geheel) overbodig of minder intensief maken. Te denken valt aan matten in dijken of kaden, vruchtbaarheidsbeperking, ruimtelijke aspecten etc.

In hoeverre bestaan er alternatieven bestrijdingsmethoden of –strategieën die het gewenste resultaat kunnen bereiken, praktisch uitvoerbaar en financieel haalbaar zijn?

Deze vraag gaat in op de huidige aanpak en strategie van vangen. Bestaan er alternatieve vangmiddelen, andere bestrijdingsstrategieën etc.? Bestuurlijke en organisatorische aspecten blijven daarbij buiten beschouwing, tactische en technische aspecten maken wel onderdeel uit van deze vraag.

2 Materiaal en Methoden

2.1 De muskusrat

Muskusratten *Ondatra zibethicus* behoren tot de orde van de woelmuizen *Microtidae*, waarvan het gebit is aangepast aan het eten van plantaardig materiaal. De naam is terug te voeren op het bezit van de muskusklieren onder de staart, die een sterke, muskusachtige geur verspreiden. Ze worden ook wel bisam of waterkonijn genoemd. Deze in Europa grootste woelmuissoort is evenals de woelrat en in iets mindere mate de Noordse woelmuis aangepast aan een semi-aquatische levenswijze.

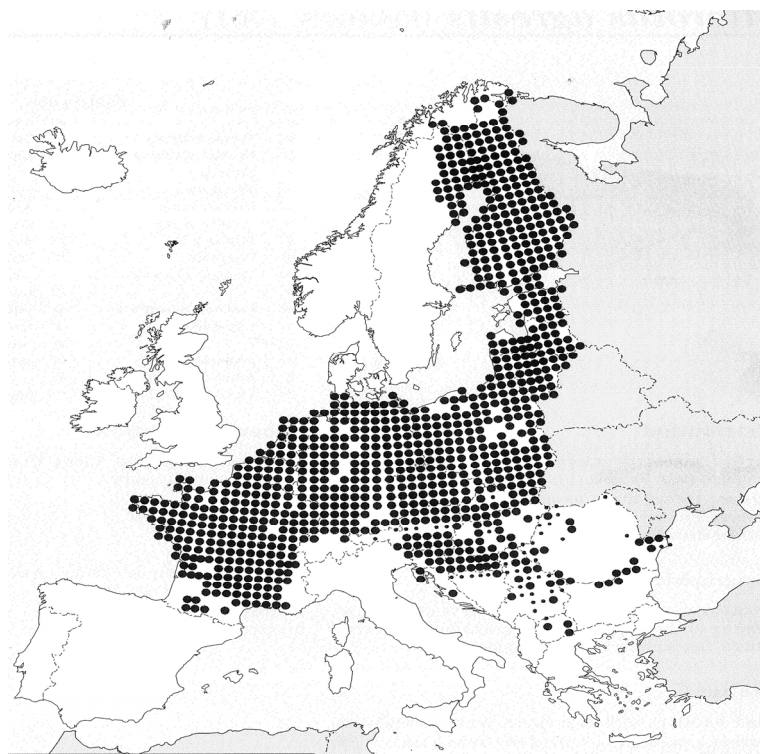
Volgroeide muskusratten kunnen een kopromp lengte behalen van 25-35 cm en een staart van 19-27 cm. Het gewicht kan de 1 kg overstijgen tot ca. 1.5 kg, maar de dieren in ons land bereiken dit gewicht nog maar zelden. De lange staart is zijdelings afgeplat en de achterpoten bezitten lange borstelharen en kleine zwemvliezen als adaptatie aan het voortbewegen in water. Muskusratten kunnen tot ca. 15 minuten onder water blijven, terwijl ze ook onder water kunnen knagen. De vacht is dicht behaard, wat de waarde als pelsdier bepaalt. De dieren zijn licht roodbruin en soms zeer donker van kleur. Vanwege hun smakelijke vlees worden ze ook wel waterkonijn genoemd.

Muskusratten zijn afkomstig uit Noord-Amerika. Zij zijn als waardevol pelsdier ingevoerd o.a. in Europa en delen van de voormalige Sovjet-Unie. In 1905 gebeurde dit in Tsjecho-Slowakije, later gevolgd door Finland (1922), Engeland (1927-1929) en Frankrijk (1928). Rond die tijd verschenen er ook kwekerijen in België en Duitsland. Ontsnapte of in het veld vrijgelaten dieren konden zich niet alleen goed handhaven, maar breidden zich ook snel als een olievlek uit. In 1941 werd de eerste muskusrat in ons land bij Valkenswaard aangetroffen. Pas in 1946 werden de eerste jonge dieren gesignaleerd en tot 1967 bleef de verspreiding beperkt tot de zuidelijke provincies Limburg, Noord-Brabant en Zeeland. In dat jaar bereikte de Duitse populatie de Nederlandse oostgrens. Rond die tijd ontstond de grote haard in West- en Centraal-Europa (fig. 1). Na 1970 werd in snel tempo geheel Nederland bezet. In 1980 waren alleen nog delen van de westelijke provincies niet door muskusratten bewoond. In 2005 geldt dit nog voor een deel van Noord-Holland en de Waddeneilanden als gevolg van de regionale bestrijding.

Muskusratten leven in de nabijheid van stilstaand en stromend zoet of iets brak water van waterlopen, vijvers en moerassen. Bij voorkeur drogen deze wateren 's zomers niet op en bevriezen ze 's winters niet tot de bodem. De muskusrat is vooral een planteneter, die ook wel mosselen (o.a. zwanenmosselen) en kreeften op het menu heeft staan. Er is een voorkeur voor wateren met water- en oeverplanten en kruidenrijke, grazige oevers. Daarbij is tevens de verbouw van gewassen zoals granen en suikerbieten langs de oevers van invloed. Voor hun onderkomens maken de dieren in het water hutten van opeengestapelde plantendelen. Bij aanwezigheid van vooral steilere oevers worden holen gegraven met nestkamers boven de waterspiegel. De dieren leggen voor de winter voorraden voedsel aan.

Vanwege vraat en graverij worden muskusratten in West-Europese landen overwegend als plaagdier beschouwd en in Oost-Europese landen en Fennoscandinavië meer als pelsdier en waardevol instrument voor verhoging van de diversiteit in wateren.

Muskusratten zoeken in het voorjaar paarsgewijs een geschikt territorium op. De draagtijd bedraagt ca. vier weken en er worden van april-september gemiddeld drie worpen van ca. zes jongen voortgebracht. De groei van de jongen is dusdanig dat een klein percentage, van ca 5%, van de jonge vrouwtjes nog hetzelfde jaar een worp produceert. In de loop van het jaar neemt territoriaal gedrag af en in de winter kunnen zich groepen van verschillende families verzamelen. Onder invloed van voedsel en wisselende waterstanden is er seizoensmigratie, terwijl daarnaast dispersie optreedt van vooral jongere dieren. Dit resulteert in een piek van mobiliteit in de herfst en vroege voorjaar. Muskusratten verplaatsten zich daarbij over gemiddeld enkele kilometers met maxima tot enkele tientallen km.



Figuur 1. Verspreiding van de muskusrat in Europa naar Mitchell-Jones et al., 1999.

Evenals de voortplanting is ook de jaarlijkse sterfte aanzienlijk, vooral onder de jonge dieren. Ziekten, parasitaire infecties en predatie zijn daarbij van betekenis, maar ook risico's van migratie en dispersie zijn aan de orde. Door deze hoge sterfte bestaat de voorjaarspopulatie dikwijls voor ca. 90% uit dieren die zich voor het eerst voortplanten. Binnen het jaar is er dus een groot verschil in populatieomvang, maar ook tussen jaren kunnen populaties fluctueren. Daarbij spelen calamiteiten zoals strenge vorst, droogte, hoogwater en ziektekiemen een rol. Geregelde cycli van 3-4 en van 7-10 jaar bepalen het populatieverloop in Noord-Amerika. Daarbij was er een verband met het aantal vossen of Amerikaanse nertsen.

(naar o.a. Doude van Troostwijk, 1976, Moens, 1991, Broekhuizen et al., 1992, Verkaik, 1987, 1991, Mitchel-Jones et al., 1999, Barends, 2002, Stuyck, 2002, Verkem et al., 2003).

2.2 De uitvoering van de bestrijding

Al voordat muskusratten onze grenzen bereikten werd in ons land een wettelijke plicht tot bestrijding voorbereid. Daarbij werd er vanuit gegaan dat in ons land met zijn kwetsbare polders en dijken, zonder verdere discussie, de muskusratten overal intensief zouden moeten worden bestreden. In 1968 waren er vijf bestrijders in dienst van de Plantenziektkundige Dienst, die de bestrijding uitvoerde. Daarnaast waren er 25 bestrijders, die op premiebasis muskusratten vingen. In 1977 was ons land opgedeeld in 55 werkgebieden met 73 bestrijders en een onbekend aantal premievangers. Het onderzoek ter verbetering van de bestrijding door Doude van Troostwijk (1976) was er nog op gericht om de muskusratten naar onze landsgrenzen terug te dringen, maar geleidelijk werd ons land geheel door de dieren ingenomen. De vangsten groeiden van 14.000 tot 221.000 in 1985. Na een eerste toetsing werd afgezien van de bestrijding met chemische middelen en werd gekozen voor een bestrijding met mechanische middelen, waarbij incidenteel gebruik werd gemaakt van het geweer.

Onderzoek werd verricht naar de risico's van doorbraken bij graverij door muskusratten en er werd getracht een beeld te geven van schaden. Het nut en de noodzaak van de bestrijding in relatie tot de risico's en schaden konden zonder verder onderzoek niet voldoende worden bepaald (zie ook deze quick scan). In 1986 werden per wet de provincies verantwoordelijk gesteld waarbij de muskusrat overal tot een aanvaardbaar niveau moest worden teruggebracht. Hoewel onduidelijk was hoeveel bestrijders zouden moeten worden ingezet werd de gebiedsdekkende bestrijding overgenomen, waarbij veelal een provinciale coördinator rayons met een rayonhoofd aanstuurde. Het rayon omvatte deze groep bestrijders, die gewoonlijk uit ca. zes medewerkers bestond. Aanvankelijk was er een budget beschikbaar voor begeleidend ecologische en vangtechnisch onderzoek, maar in 1994 werden de landelijke budgetten, na het onderzoeksbudget in mindering te hebben gebracht, door het Ministerie van Verkeer en Waterstaat ongelabeld in het provinciefonds gestort.

Om een acceptabel niveau vast te stellen werd gebruik gemaakt van een ervaringsnorm van 0,25 vangsten per uur veldwerk per uurhok (5x5 km²) per jaar. Daartoe leveren bestrijders weekstaten in met de vangsten en werkuren per uurhok, die landelijk worden verwerkt tot overzichtelijke computeruitdraaien. De gemiddelde waarde voor geheel Nederland schommelde in de afgelopen 17 jaar tussen 0,62 en 1,18 (tabel 1). Vanaf de begin jaren 1990 vertoonde het aantal vangsten een afname, om eind jaren 1990 weer toe te nemen (fig. 2). Naast een toename van de absolute aantallen vertoonde ook het aantal vangsten per uur sinds 1998 weer een toename. Deze toename is niet gelijk verdeeld over Nederland (fig. 2). Vooral in Zuid-Holland en Utrecht is een sterke toename geconstateerd. Zeeland, Zuid-Holland, Utrecht en

Groningen zijn ver verwijderd van de normdoelstelling. Alleen in Noord-Brabant en Noord-Holland werd de normstelling de afgelopen jaren ruim gehaald.

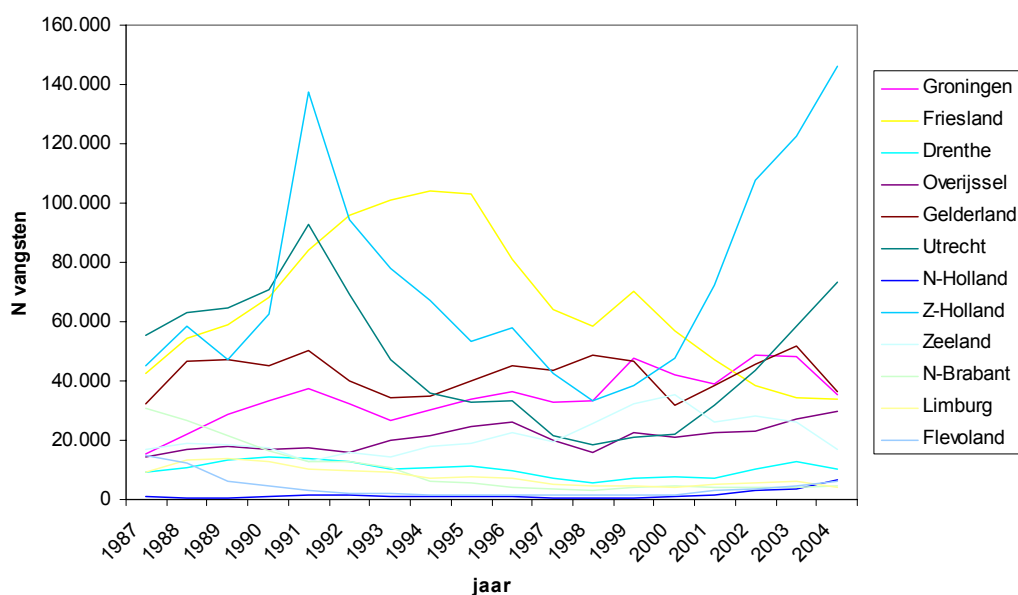
Toen de resultaten van deze bestrijding afgezet tegen de normstelling in vele gebieden niet werden gehaald werd steeds vaker de nadruk gelegd op de aanwezigheid in het veld van meer permanent aanwezige vangmiddelen, de inzet van piekbestrijders en meer mankracht. Dit laatste resulteerde in een kostenstijging van ca. 20 miljoen in 2001 naar 31 miljoen euro in 2004 (Barends, 2002, J. Gronouwe). De bestrijding zelf ontwikkelde, mede door zich wijzigende internationale regel- en wetgeving, op eigen initiatief vele typen vangmiddelen, waarvan de bruikbaarheid alleen door ervaring en door de mate van selectiviteit werd bepaald (van Vliet et al., 2003). De vele in het veld staande vangmiddelen werden niet meer dagelijks of zelf wekelijks gecontroleerd, ofschoon over het streven naar een minimale wekelijkse controle landelijke afspraken zijn gemaakt (J. Gronouwe). Daarbij ontstonden o.a. door een gebrek aan landelijke aansturing en begeleidend onderzoek grote verschillen in de regionale aanpak van de bestrijding. Doorlichting van zowel organisatie en bestrijdingsaanpak brachten een aantal verbeterpunten aan het licht (de Jonge et al., 1997, van Vliet et al., 2003), waaronder de aanstelling van een landelijke coördinator.

De gebiedsdekkende bestrijding zoals die nu wordt nagestreefd lijkt zonder goede inzichten in nut en noodzaak een bron van discussie. Wanneer weinig dieren worden gevangen wordt de vraag geopperd of het niet wat minder kan wat betreft personeel en vangmiddelen. Wanneer veel dieren worden gevangen wordt de bestrijding verweten niet goed te functioneren (Rechtbank 's Gravenhage, 2004) en te veel dieren nodeloos te doden.

Daarnaast speelt een internationale discussie over de acceptabele manier van doding van dieren en de risico's van vangsten van niet doelsoorten, waaronder de door herintroductie weer aanwezige of toekomstig aanwezige oeverbewonende zoogdieren bever, otter en Europese nerts (Niewold et al., 1998, Barends, 2002, Niewold, 2002, Jacob, 2003, Klees, 2004, R. Schröpfer). Als mogelijk succes van de bestrijding kan worden genoemd dat bij de huidige bestrijding slechts enkele gevallen van doorbraak van kaden zijn voorgekomen door graverij van muskusratten met geringe schadelijke gevolgen. (naar o.a. Doude van Troostwijk, 1976, Broekhuizen et al., 1992, Barends, 2002, PCOM en LCCM jaarverslagen)

Tabel 1. Vangsten per uur vanaf 1987 (bron: jaarverslagen LCCM).

	1987	1988	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Groningen	0,74	0,88	1,10	1,25	1,23	0,98	0,81	0,87	0,97	1,10	0,95	0,93	1,14	0,96	0,99	1,26	1,12	0,77
Friesland	1,36	1,50	1,53	1,73	2,12	2,30	2,41	2,29	2,02	1,69	1,25	1,13	1,24	0,90	0,81	0,65	0,61	0,57
Drenthe	0,52	0,58	0,72	0,74	0,82	0,61	0,54	0,52	0,58	0,49	0,34	0,27	0,36	0,37	0,43	0,56	0,64	0,45
Overijssel	0,41	0,47	0,50	0,50	0,54	0,48	0,53	0,63	0,70	0,77	0,59	0,45	0,63	0,60	0,64	0,63	0,67	0,69
Gelderland	0,73	1,00	0,98	0,92	1,05	0,76	0,69	0,68	0,84	0,92	0,86	0,88	0,78	0,56	0,73	0,87	0,88	0,56
Utrecht	1,74	1,89	1,84	2,09	1,90	1,28	0,92	0,69	0,64	0,71	0,44	0,41	0,48	0,55	0,78	1,04	1,38	1,55
N-Holland	0,05	0,03	0,03	0,05	0,09	0,08	0,06	0,05	0,05	0,05	0,04	0,03	0,02	0,04	0,10	0,15	0,12	0,22
Z-Holland	0,76	0,91	0,78	1,01	1,77	1,20	0,98	0,79	0,65	0,72	0,55	0,45	0,51	0,65	0,96	1,30	1,35	1,38
Zeeland	1,17	1,19	1,11	1,02	0,78	0,89	0,79	0,99	1,08	1,28	1,21	1,45	1,67	1,69	1,25	1,28	1,08	0,66
N-Brabant	0,61	0,52	0,42	0,33	0,27	0,26	0,23	0,13	0,13	0,10	0,08	0,08	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,11
Limburg	0,94	1,24	1,45	1,35	1,06	1,02	0,86	0,68	0,77	0,65	0,40	0,33	0,40	0,45	0,56	0,60	0,47	0,31
Flevoland	1,09	0,88	0,37	0,31	0,22	0,19	0,14	0,12	0,11	0,17	0,15	0,13	0,15	0,15	0,27	0,26	0,35	0,37
Totaal	0,83	0,92	0,90	0,97	1,18	0,96	0,84	0,78	0,78	0,79	0,62	0,59	0,69	0,63	0,71	0,83	0,85	0,78



Figuur 2. Aantal jaarlijkse vangsten van muskusratten bij de bestrijding per provincie in Nederland (bron: jaarverslagen LCCM).

2.3 Werkwijze

De korte doorlooptijd van het onderzoek (3 à 4 maanden) stelde strikte eisen aan de aanpak. Er is alleen gebruik gemaakt van bestaande kennis, die is getoetst op betrouwbaarheid, actualiteit en compleetheid. De nadruk lag daarbij op het raadplegen van bestaande literatuur en expert judgement van onderzoekers, bestrijders en andere deskundigen.

Het onderzoek heeft het karakter van een ‘quick scan’. Dit brengt met zich mee dat conclusies met enige voorzichtigheid moeten worden geïnterpreteerd. Hieronder worden per onderzoeksvraag de gevolgte onderzoeksmethoden beschreven.

2.3.1 De noodzaak van bestrijding

- Verzamelen van cases en onderzoekresultaten, verleden en recent;
- Duiden van potentieel kwetsbare situaties en de economisch aspecten van schade. De gepresenteerde bedragen met betrekking tot economische aspecten zijn uit het betreffende jaar en zijn niet gecorrigeerd naar het prijspeil van 2005;
- Raadplegen van literatuur, provinciale jaarverslagen, coördinatoren en waterschappen (vragenlijst, telefonisch, veldbezoeken);
- Raadplegen van expertises over kwetsbaarheid van dijklichamen en mogelijke gevolgen van graverij.

2.3.2 Scenario zonder bestrijding

- Verzamelen van cases van wegvangaantallen na tijdelijk geheel of gedeeltelijk staken van bestrijding, verwerken tot voorjaars- en (eventueel) najaarsstand per habitatype. Raadplegen coördinatoren, brengen van enkele veldbezoeken;
- Schatten van maximale dichtheden op basis van literatuurgegevens, provinciale jaarverslagen en expertise elders;
- Deze data eventueel koppelen aan Arcview bestanden van potentiële habitats (ook oeverlengten) in ons land;
- Schatten populatieverloop op basis van algemene patronen nieuwkomers of herstellende populaties in relatie tot klimaatomstandigheden.

2.3.3 Alternatieven voor de (huidige) bestrijding

- Verkennen van mogelijke alternatieve bestrijdingstrategieën op basis van bestaande expertise;
- Informatie inwinnen over bestaande experimenten met oeverbeveiligingen tegen o.a. graverij (raadplegen van coördinatoren, Rijkswaterstaat (natuurvriendelijke oevers), waterschappen, afleggen van enkele veldbezoeken);
- Raadplegen van literatuur, vooral ook over algemene principes bij bestrijding van plaagsoorten;
- Raadplegen expertise bij de muskusratbestrijding.

3 De schadeproblematiek

In het verleden zijn diverse pogingen gedaan om de schadeproblematiek in ons land niet alleen kwalitatief maar ook kwantitatief te duiden. De belangrijkste bevindingen worden hieronder besproken.

3.1 Veiligheid

3.1.1 Waterkeringen

In de beginjaren zeventig van de vorige eeuw analyseerde Doude van Troostwijk (1976) de toenmalige bestrijding met de opgetreden schaden van een populatie muskusratten in Zeeuws Vlaanderen. Voor waterkeringen werd geen kwantitatieve indicatie gegeven voor typen van schade en veiligheid. Controles en tijdig herstel van schade werden naast de bestrijding van grote betekenis geacht. Situaties werden beschreven, waarbij sprake was van onacceptabele risico's voor de veiligheid van mensen.

In de jaren tachtig van de vorige eeuw werd getracht de gevolgen aan te geven van het graafgedrag van muskusratten voor waterkeringen in relatie tot factoren als de inundatiediepte en de economische waarde van een gebied. Tevens werd gekeken naar de relatie tussen beschermende maatregelen en schade bij een bepaalde bestrijdingsdruk (TAW, 1981, 1984a, 1984b, 1984c, 1985). Het onderzoek werd uitgevoerd op basis van een inventarisatie van een beperkt aantal schadegevallen aan waterkeringen (TAW, 1981, 1984a), een enquête onder waterschappen (TAW, 1984c) en een schatting van de inundatieschade van de Zuidplaspolder (TAW, 1984b).

Door de graverij van uitgebreide gangenstelsels en nestkamers door muskusratten in de waterkeringen kunnen verzakkingen optreden in de kruin en erosie rond de ingang van de bouw. De erosie van de ingang van de bouw kan toenemen wanneer oevervegetaties door vretterij van muskusratten worden aangetast.

Bij voortschrijdende erosie en verzakkingen zouden voor waterkeringen kritieke situaties kunnen ontstaan voor de stabiliteit van het dijklichaam, vooral bij hogere waterdruk (hoogwater of aangrenzende meren). Schade door afschuiven kan optreden wanneer de grondwaterstand door graverij in een dijk of kade stijgt. Daarnaast zijn waterkeringen vooral gevoelig voor een doorbraak wanneer (tijdelijk) aan beide zijden water staat waardoor graverij aan beide zijden kan optreden (TAW, 1981).

Er werd geen praktijkonderzoek uitgevoerd waardoor geen causale relaties konden worden opgespoord. Evenmin kon een uitspraak worden gedaan over de risico's op doorbraak voor onderscheiden type waterkeringen (zeekeringen, boezemkaden etc.) door muskusratgraverij. Een voorspelling van de omvang van de graverij bij hoge dichtheden bleek onmogelijk omdat onbekend was welke dichtheden muskusratten bereiken onder marginale omstandigheden.

Een belangrijke aanbeveling uit het onderzoek was om de aard en omvang van graafschade structureel vast te leggen en praktijkonderzoek uit te voeren.

De belangrijkste conclusies kunnen kort worden samengevat (TAW, 1985):

- Van waterkeringen was de totale te repareren schade gering en voor oevers was de gerepareerde schade aanzienlijk.
- Kleine boezemkaden waren het meest gevoelig voor graverij. Graverij in deze waterkeringen moet worden voorkomen, bij zwaardere waterkeringen dienen preventieve maatregelen te worden genomen om de onderhoudskosten te beperken.
- De mogelijke schade van een doorbraak van boezemkaden in de Zuidplaspolder loopt naar schatting in de miljoenen euro's, terwijl de geschatte kosten van de bestrijding (afhankelijk van de aanwezige aantallen muskusratten) slechts een fractie hiervan bedroegen.
- Lekkage en doorsiepen van waterkeringen hing samen met een lokaal samenvallen van graverij en een tekortkoming in de kering.
- Preventieve maatregelen in de vorm van civieltechnische ingrepen (dijkverzwaring, damwanden, bestorting, etc.) kan slechts lokaal worden toegepast op grond van landschappelijke en natuurbeschermingsoverwegingen.
- Er waren vrijwel geen gegevens beschikbaar over technische voorzieningen die schaden voorkomen en de daarbij behorende kosten.

Bekker (1992) maakte melding van 28 schadegevallen door muskusratgraverij aan waterkeringen: 74% in boezemkaden, 22% in hoofdwaterkeringen (waaronder een binnentalud van een zeedijk) en 4% in zomerkaden. De plaats van aantasting betrof het buitentalud (77%), het binnentalud (20%) en 1% in de kruin van waterkeringen. Bekker stelde dat als gevolg van graverij aan de buitenzijde bij normale boezempeilen nauwelijks enig risico optrad en dat een verhoging van het waterpeil hooguit kon leiden tot een kleine afschuiving. De geringe graverij in hoofdwaterkeringen en het relatief geringe nadelige effect hadden ertoe geleid dat in het verleden geen verdere aandacht is besteed aan de gevolgen van graverij in hoofdwaterkeringen. Bovendien werden hoofdwaterkeringen aangemerkt als prioriteit voor een gedegen inspectie, vanwege de grote gevolgen van een mogelijke doorbraak. Dit werd later nog eens bevestigd door Barends (2002).

Er konden nog een aantal schaden aan rivierdijken worden opgetekend, waarvan hier zonder volledigheid kort melding wordt gemaakt.

- Muskusratten groeven tijdens hoogwater tot onder het wegdek van de IJsseldijk nabij Zalk. De dijk werd ter plaatse gekraamd en later hersteld.
- In 1990 ontstond schade door graverij aan de Waaldijk nabij Oosterhout (herstel: halve dag kraan en twee man).
- In 2004 werd graafschade geconstateerd aan de Waaldijk nabij Valburg (H. van Poelwijk). In Utrecht werd in 2002 een ernstige schade in de bandijk (Lek) bij Wijk bij Duurstede geconstateerd en verholpen (LCCM, 2003).
- Nadat het jaar ervoor graverij van nutria's al had geleid tot herstelwerkzaamheden, had in 2004 een bever tijdens laag water in hetzelfde tracé van de Waaldijk ten oosten van Nijmegen een diep hol gegraven. Dit hol is uitgegraven en op de niet

versterkte taluds met permanent water aan de teen is gaas ingegraven. De bever heeft daarna op 100 m tegenover de dijk op een vlakke oever een hut gebouwd. Vermoedelijk zijn muskusratten als eerste op deze plek aan het graven geweest (van Bavel et al., 2003, H. van Poelwijk schrift. mededeling).

In zomerkaden langs de rivieren kon ook graverij worden vastgesteld. Zo brak in 2003 bij afvallend water een kade door in de Betuwe. Het was niet goed vast te stellen of daarbij ook graverij van muskusratten van betekenis is geweest (H. van Poelwijk).

Boezemkaden werden aangemerkt als relatief kwetsbaar voor graverij door hun geringe afmetingen en geringe fluctuatie in de waterstand (Wetterskip Fryslan, 2002, TAW, 1981). Vooral in de laaggelegen veengebieden zijn veel van deze kaden aanwezig. In Holland zijn ze dikwijls eeuwenoud en opgetrokken uit de ter plaatse aanwezige grondsoort met een minimaal profiel en een smalle kruin. De polders liggen laag, terwijl het waterpeil buiten de polder hoog ligt waardoor een grote waterdruk aanwezig is op relatief zwakke waterkeringen. Daarnaast loopt er dikwijls een poldersloot langs de binnenteen van de kade waardoor graverij aan twee kanten ertoe kan leiden dat gangenstelsels met elkaar in verbinding komen te staan en de kade in korte tijd zijn waterkerend vermogen verliest (o.a. Doude van Troostwijk, 1976). In het verleden werden bijna doorbraken gemeld door graverij van kaden, zoals in Utrecht langs de Grecht, Heycop, Bijleveld, Heykoop, Angstel en Winkel (PCOM, 1990a,b, 1992). In 2001 vond in dezelfde kades nog steeds graafschade plaats (LCCM, 2002).

In Friesland braken in 1998 enkele zomerkades door waarbij naast graverij van muskusratten ook andere factoren zoals achterstallig onderhoud een rol speelden (LCCM, 1999).

Daar waar boezemkaden de scheidslijn vormen tussen gebieden met een gering verschil in waterpeil, zoals in delen van Friesland, is de veiligheid nauwelijks in het geding. Bij doorbraak kan wel sprake zijn van aanzienlijke economische schade en spelen gevoelens van onveiligheid bij de bevolking een rol (Wetterskip Fryslan, 2002).

Conclusie

Op basis van de bestaande gegevens is een eenduidige uitspraak over de kans op doorbraak door muskusratgraverij van onderscheiden typen waterkeringen (zeekeringen, boezemkaden, etc.) niet mogelijk. Wel bleken kaden met grote waterpeilverschillen kwetsbaarder dan hoofdwaterkeringen. Onderzoek naar de aard en omvang van graafschade in relatie tot de aanwezigheid van muskusratten en praktijkonderzoek werden tot op heden niet uitgevoerd.

3.1.2 Risico's langs oevers

Landbouwmachines die tot aan waterkanten opereren en werktuigen voor schoningswerkzaamheden langs wateren lopen bij aanwezigheid van bouwen van

muskusratten risico op wegzakking. Volgens opgaven en mededelingen van Waterschappen zou dit geregeld aan de orde zijn. In een aantal gevallen leidde dit tot schade aan machines met de kans op letsel bij kanteling van tractoren. Hoeveel jaarlijkse schade hierdoor optrad is onbekend. Ook over letselschade werden tot op heden geen gegevens bekend.

Dikwijls zijn plaatsen met verzakkingen bekend of zichtbaar. Wanneer tevens beweiding plaatsvond, kon de schade toenemen door intrapping. Daarbij zou vee risico lopen op pootbreuk, maar daarover zijn geen geregistreerde gevallen bekend.

3.1.3 Spoordijken en wegen

Graverij onder (spoor)wegen heeft op een aantal plaatsen tot herstelwerkzaamheden geleid.

Bij de spoorlijn Vlaardingen-Hoek van Holland werd bijvoorbeeld een schade geconstateerd over een oppervlakte van 25 x 1 m (Muskusrattenbestrijding Zuid-Holland, 1996). De spoordijk bij Hooghalen was in 1983 ondergraven tot onder het spoor (Wetterskip Fryslan, 2002).

Een oude weg bij Kamerik had meerdere verzakkingen (PCOM, 1991).

De weg langs de Compagnonsvaart nabij Heerenveen verzakte door muskusrat-graverij in combinatie met een stijging van het waterpeil en hogere stroomsnelheden (TAW, 1984c).

Verzakkingen in wegen kunnen risico's voor het verkeer opleveren. Doorgaans werden deze snel opgemerkt en hersteld. In hoeverre bij deze vormen van schade ook sprake was van een echt kritische situatie werd niet duidelijk.

3.2 Economische schade

3.2.1 Schade aan visfinken

Muskusratten kunnen in visfinken terecht komen, waarbij zij trachten te ontsnappen door het kapotknagen van de netten. Zeer incidenteel trad schade op aan visfinken (Doude van Troostwijk, 1976). Later is nog incidenteel schade gemeld op Goeree Overflakkee en in de Krimpenerwaard (PCOM, 1992, LCCM, 2001). De economische schade voor de huidige beroepsvisserij lijkt verwaarloosbaar, mede door toepassing van kunstvezels in netten.

3.2.2 Vraatschade aan landbouwgewassen

Muskusratten zijn planteneters, die zich ook tegoed kunnen doen aan landbouwgewassen, die binnen hun bereik langs oevers worden verbouwd. Het kan daarbij gaan om uiteenlopende gewassen, zoals maïs, granen, spruiten, kolen, suikerbieten, bonen, wortelen en gras. Doude van Troostwijk (1976) noemde de optredende schade indertijd onbetekenend. Bij een gering aantal geregistreerde schadegevallen varieerde de schade van enkele tot 50 gulden.

Gewassen

In de LCCM jaarverslagen wordt incidenteel melding gemaakt van vraatschade, zoals in Noord-Brabant (Provincie Noord-Brabant, 1989, 1997, 1998). De grootste landbouwschade bestond uit enkele tientallen m² maïs. Wetterskip Fryslan (2002) meldde dat vraat aan suikerbieten en maïs tot veel klachten aanleiding gaf. Er waren voorbeelden waar door een familie muskusratten 25 m² maïs werd kaal gevreten. Ook tuinders en boomkwekers in Boskoop klaagden over vraat van muskusratten aan hun gewassen en teelten

Vermoedelijk is de vraatschade het grootst in de vroege zomer, wanneer de gewassen nog jong zijn. Dit was het geval bij de schade veroorzaakt door nutria's (Niewold & Lammertsma, 2000).

Gras

Bij hoge dichtheden van muskusratten in de Krimpenerwaard (Zuid-Holland: laagveen) werden in 2001-2003 in de winter en het vroege voorjaar op een aantal plaatsen vraatplekken in het gras langs de oevers opgemerkt, maar deze verdwenen weer tijdens het groeiseizoen. Een agrariër claimde hier in een proces tegen de Provincie Zuid-Holland een schadevergoeding voor derving van grasopbrengst van 70% in een twee meter brede oeverzone. Deze claim is in eerste instantie afgewezen, wegens het niet aannemelijk kunnen maken van de schade (Rechtbank 's-Gravenhage, 2004).

Ook in Vijfheerenlanden (Zuid-Holland: klei) was tijdens hoge dichtheden sprake van vraat aan gras langs de oever en in banen dwars over het land vooral zichtbaar in het voor- en najaar. Er zou plaatselijk sprake zijn van oogstderving bij de eerste snee (F.K.N. Barends). Daarnaast werden water- en oeverplantbegroeiingen bestaande uit riet, pijlkruid en krabbescheer voor een groot deel door vraat aangetast (Barends, 2002, J.L.A. Verburg, T. de Koning).

Schade aan landbouwgewassen is nergens aan de hand van werkelijke schade inzichtelijk gemaakt. Naar aanleiding van vragen bij het Waterschap is voor Friesland een schatting gemaakt van de jaarlijkse potentiële vraatschade aan gras en akkerbouwgewassen met en zonder bestrijding (Wetterskip Fryslan, 2002). Als basis voor deze berekening werd de volgende rekenformule opgesteld:

$$\text{gewasschade/jaar} = \text{totaal aantal dieren/jaar aanwezig} \times \text{voedselopname kg/ex./dag} \\ \times \text{aantal shadedagen} \times \% \text{ droge stof gras} \times \text{dieet\% landbouwgewas} \times \% \text{ dieren dat} \\ \text{in landbouwgebied leeft} \times \text{prijs gras/kg.}$$

Naast correctie van enkele onvolkomenheden in de berekening en geactualiseerd voor een herziene opgave van de lengte van de waterwegen in Friesland, is met gebruikmaking van dezelfde formule, maar met andere aannames voor een aantal parameterwaarden, op basis van literatuuropgaven en expert oordeel een eigen berekening uitgevoerd.

- Voor vervangend voer in de melkveehouderij kan ruwvoer of hoogwaardig eiwitrijk voer worden gekocht. Prijs voor ruwvoer € 0,10/kg (Ebbinge et al., 2003).

- De verhouding tussen opname en verspilling varieerde per voedselbron van 1:1 en 1:6 (Akkermann, 1975). Gemiddeld eet een volgroeide muskusrat 186 g halmen, 101 g blad en 587 g wortels aan versgewicht per dag. 's Winters wordt dagelijks 750 g en zomers 875 g aan versgewicht geconsumeerd. Voor het groeiseizoen is een opname van 875 g versgewicht aangenomen. Voor Jonge dieren is een voedselopname van gemiddeld de helft van volgroeide dieren verondersteld. Bij begrazing van gras is er geen verspilling berekend. Bij vraat aan maïs zou eenzelfde deel worden verspild als er wordt gegeten.
- De gemiddelde consumptie per dier van het gewas zal afhankelijk zijn van de dichtheid aan muskusratten, het aanbod aan water- en oeverplanten en de breedte van de oever tot gewas. De veronderstelling van het Wetterskip is hier overgenomen (50%), maar een scenario met bijvoorbeeld 25% vooral bij lagere dichtheden zou een optie zijn.
- Gedurende de wintermaanden groeit het gras niet of nauwelijks, waardoor geen schade optreedt. Het aantal schadedagen is daarom gesteld op 230 dagen.
- Raaigras heeft een droge stofgehalte van 0,1-0,17 % in respectievelijk maart-april en augustus (Handboek voor de rundveehouderij, 1980). Er is gerekend met 0,15%.
- Bij de schatting van het aanwezige aantal muskusratten in het voorjaar is gebruik gemaakt van het bestrijdingsmodel voor Zeeuws Vlaanderen (Doude van Troostwijk, 1976). Bij een bestrijdingsdruk van 82% werd een aanzienlijke reductie van het voorjaarsbestand bereikt, terwijl deze 45% van de vangstaantallen bedroeg. Bij een lagere bestrijdingsdruk en handhaving van het voorjaarsbestand, bedroeg het voorjaarsbestand ca. 50% van de vangstaantallen.
- Verkaik (1991) vond een populatiegroei voor een niet bestreden populatie in Flevoland door eigen aanwas van april tot oktober van 271%. Verondersteld is dat de sterfte onder de adulten in die periode 50% bedroeg en hun gemiddelde aanwezigheid 75%.

De berekening van het Wetterskip was: $434.608 \text{ muskusrat} \times 2 \text{ kg} \times 300 \text{ d} \times 0,20 \text{ ds} \times 0,84 \times 0,50 \% \text{ gras} \times 0,795 \times \text{fl } 0,15 = \text{fl } 2.612.081 = \text{€ } 1.185.311$.

De eigen berekening kwam uit op: $168.842 \text{ adult} \times 0,875 \times 230 \text{ d} \times 0,15 \text{ ds} \times 0,84 \times 0,50 \times 0,795 \times 0,10 \text{ €} = \text{€ } 170.186$ en $498.486 \text{ jong} \times 0,875 \times 0,5 \times \text{etc.} = \text{€ } 251.227$. Som is € 421.413..

De schattingen op basis van de verschillende veronderstellingen tonen grote verschillen (tabel 2). In Friesland zou $27.642 \text{ km} \times 0,795$ (niet grenzend aan landbouwgronden) $\times 0,84$ (% gewas is gras) = 18.459 km watergang aan grasland grenzen. Zonder bestrijding bij aanwezigheid van veel muskusratten zou per km watergang een oogstderving van € 20-64 kunnen optreden.

Het Wetterskip (2002) heeft ook een schatting gemaakt voor andere gewassen uitgaande van ongeveer dezelfde veronderstellingen, waarbij 'voor het gemak' maïs voor andere gewassen stond (tabel 2). Deze schattingen zullen voor de eigen berekening ongeveer evenredig veel lager uitkomen als bij de berekening voor gras.

Korevaar (1986) vermeldde opbrengsten van 7.355-10.393 kg ds /ha/jaar bij vier sneden afhankelijk van het bemestingsregime. Friesland bestond voor 26.6452 ha uit landbouwgrond, waarvan 84% gras. De totale productie bedroeg 2.326.157.934 kg ds/jaar. De consumptie door muskusratten zou bij hoge dichtheden 11.853.110 en 4.214.130 kg ds per jaar zijn voor respectievelijk de berekening van het Wetterskip en de eigen berekening. Dit zou een opbrengstderving van respectievelijk 0,51-0,18% hebben betekend.

Het grazen op de oevers, in dit geval van muskusratten, kan ook een stevige zode tot gevolg hebben, terwijl door winterbegrazing het gras zeer snel weer in een dichtere mat kan uitgroeien. Alleen bij een zeer vroege eerste snee kan dan sprake zijn van enige oogstderving (Groot Bruinderink, 1987). Bij deze schattingen is geen rekening gehouden met de snellere groei en uitstoeling van begraasde delen.

Tabel 2. Geschatte oogstderving in euro's door vraat aan gras en maïs van muskusratten bij verschillende dichtheden in Friesland volgens het Wetterskip Fryslan (2002) en een aangepaste, eigen berekening. n.u. = niet uitgevoerd.

	Gras		Maïs
	Wetterskip	Dit onderzoek	Wetterskip
Normbestrijding	29.818	n.u.	2.904
Huidige bestrijding	61.681	n.u.	7.896
Geringe bestrijding	1.185.311	421.413	72.605

Conclusie

Van vraat aan gewassen is incidenteel melding gemaakt en vooral grasvraat werd gesignaleerd bij hoge dichtheden. Schade aan landbouwgewassen is echter nergens inzichtelijk gemaakt aan de hand van opnames over werkelijke vraat door muskusratten. Schadeberekeningen kenmerkten zich door een grote mate van onzekerheid door de verschillende schattingen van de betreffende parameterwaarden. Op basis van huidige gegevens zijn dan ook geen betrouwbare uitspraken mogelijk over de werkelijk geleden schade van muskusrattenvraat aan landbouwgewassen bij verschillende dichtheden.

3.2.3 Grondverplaatsing in wateren

Door graverij in oevers van muskusratten wordt grond gedeponneerd op de bodem van wateren. Dit kan een versnelde stagnatie van de waterafvoer veroorzaken, waardoor vaker zou moeten worden gebaggerd. Daarnaast kan vooral op veengrond door een versnelde afbrokkeling van de oevers verlies van het areaal landbouwgrond optreden met oogstderving tot gevolg.

Een aantal cases over grondverzet bij graverij van muskusratten zullen hier worden besproken.

Zeeuws Vlaanderen

Zonder opgave over meetmethoden en kwantiteit vermeldde Doude van Troostwijk (1976) voor een aantal gebieden in oostelijk Zeeuws Vlaanderen enkele

parameterwaarden van belang voor inzicht in het grondverzet door graverij van muskusratten.

Gemeten over twee jaar werden 51,3% van de bestaande bouwen na wegvangst opnieuw gebruikt. Niet elke muskusrat graaft dus een nieuwe bouw.

In mei vormen de muskusratten paren. Naarmate de familie groeit wordt de bouw uitgebouwd met meerdere pijpen en nestkamers. Meerdere dieren bewonen dus een bouw. Pijpen waren gewoonlijk 1-4 m en enkele > 20 m lang. Gemiddeld werd per jaar 0,65 m³ per muskusrat in kades vergraven. Zonder bronvermelding betrof dit het door Litjens (1973) beschreven onderzoek (zie hieronder). Bij een duiker met stromend water bedroeg dit 1 m³. Het aantal gegraven pijpen per muskusrat verschilde afhankelijk van het biotoop en bedroeg 1,2 in een polder en 4,1 in een kanaal (zie weer Litjens, 1973).

Ook al zou er geen sprake zijn van onacceptabele schade, dan zou het niettemin denkbaar zijn dat de totale kosten van kleinere reparaties het bestrijdingsbudget zouden overstijgen (Doude van Troostwijk, 1976). In Zeeuws Vlaanderen waren de verzakkingen, vooral in vrij steile oevers, gemiddeld 5 m lang en de kosten van herstel bedroegen gemiddeld ca. fl. 12. Bij een vangst van 6,7 muskusratten per ha in een polder werden 8,0 hollen per ha aangetroffen. Wanneer elk hol een verzakking zou bewerkstelligen, dan zou extrapolatie naar de polders van geheel Nederland (ca. 10.000 km²) aan jaarlijkse reparatie 480 miljoen gulden kosten.

Bij dit zeer globale beeld kan worden opgemerkt dat lang niet alle pijpen tot een verzakking zullen leiden. Bovendien is geen rekening gehouden met hergebruik van bouwen, waardoor de muskusratten niet jaarlijks steeds maar nieuwe pijpen graven (3.2.4.). Bovendien liepen de kosten van reparaties sterk uiteen van 0,40 – 322,- gulden per m².

Er kon dus geen plaatje van de werkelijke herstelkosten worden verkregen, ook niet in het onderzoeksgebied, omdat veel schaden niet werden hersteld en herstel dikwijls werd gecombineerd met ander onderhoud. Daarnaast was niet altijd duidelijk of bij verzakkingen ook andere factoren meespeelden.

De schattingen over schade door muskusratten in Europa werden door Doude van Troostwijk (1976) onbevredigend genoemd, maar zijn eigen zeer globale beschrijvingen van risico's van doorbraak en kosten van schaden zijn in dezelfde categorie te rangschikken.

Drongelen

Na 1971 vestigden zich muskusratten in het afwateringskanaal 's-Hertogenbosch-Drongelen met een lengte van 19,8 km (Litjens, 1973). In 1973 werd gestart met een inventarisatie van de schade bij een zeer lage waterstand. Graverij werd geconstateerd in 10,22 km oeverlengte. Door de aanwezigheid van beschoeiing was er in de overige oevers geen sprake van graverij. Bij de steile zandoevers met rietbegroeiing waren de meeste bouwen te vinden en bij de lagere, vlakker verlopende, venige oeverkanten was minder graverij. De pijpen lagen op verschillende niveau's tot 2 m onder zomerpeil, veroorzaakt door de sterk fluctuerende waterstand. In totaal werden 823 nestbouwen gevonden (1 bouw per 12,4 m oeverlengte). Het totale grondverzet werd op het oog geschat op 122 m³ in twee jaar. In de winter van november-januari 1972-

1973 werden in totaal bij wegvangst 106 muskusratten gevangen. Uitgaande van een populatie van 100 muskusratten en een grondverzet van 60 m³ per jaar zou het geschatte grondverzet per dier 0,6 m³ hebben bedragen.

Bij dit onderzoek werd gebruik gemaakt van een zich voordoende omstandigheid, waarbij door extreme waterstandschommelingen de bouwen eenvoudig zichtbaar waren. Er is verder niet aangegeven hoe de schatting van het vergraven zand werd uitgevoerd. Het aantal weggevangen muskusratten in de winter kan hier niet als een betrouwbare maat voor het aantal aanwezig muskusratten worden beschouwd vanwege de waterstanddaling en de berekening over twee jaar (Niewold, 1992b). Er moet rekening worden gehouden met wegtrek van dieren en extra graverij bij de extreme waterstandschommelingen. Het aantal pijpen per gevangen muskusrat was er dan ook erg hoog vergeleken met een poldergebied (Doude van Troostwijk, 1976, zie hierboven).

Muskusratten graven holen met een diameter van 10-15 cm en gewoonlijk een lengte van 1-4 m, ook wel 5-6 m en maximaal wel tot 20 m. In familieverband komen complexe gangenstelsels voor met een lengte van 10-20 m en nestkamers van 30-50 cm bij een hoogte van 20-35 cm. Onder gunstige omstandigheden in lemige bodems komen wel gangencomplexen van in totaal 40-60 m lengte voor, die door meerdere families (>10 dieren) kunnen worden gedeeld (Doude van Troostwijk, 1976, DWK Merkblätter, 1997). Volgens Verkaik (1988) maakten gezenderde muskusratten in een sloot in Flevoland, zowel in voorjaar als later met jongen, gebruik van meer dan één bouw. Niet duidelijk werd of dit een algemeen patroon was. Per muskusrat zou mogelijk maximaal een 5 m lange pijp met nestkamer worden gegraven. Voor een gemiddelde pijp van 5 m lang en doorsnee 12,5 cm zou $6,25^2 \times \pi \times 500 \text{ cm} = 0,0615 \text{ m}^3$ verplaatst moeten worden en voor een gemiddelde nestkamer van 40x40x27,5 cm is dit ca. 0,035 m³. Indien deze vergraven grond in zijn geheel in de watergang terecht zou komen, dan zou dat ruim 0,1 m³ zijn. In het door Litjens (1973) onderzochte kanaal zou elke muskusrat per jaar dus ca zes van deze eenheden hebben moeten uitgraven.

De berekening van Litjens (1973) lijkt niet erg betrouwbaar en het beschreven voorbeeld kan niet representatief worden geacht voor het algemene beeld over graverij in oevers door muskusratten.

Rivierenland

Voor heel Gelderland heeft het Waterschap Rivierenland voor 2003 een schatting gemaakt van de baggerkosten, die toe te rekenen zouden zijn aan graverij van muskusratten (van Poelwijk, 2004). Op basis van 45.000 gevangen muskusratten werd de populatie geschat op ca. 70.000. Wanneer ieder individu 1 m³ per jaar vergraaft, zou 70.000 m³ op jaarbasis worden vergraven. Volgens deze berekening zou van alle te baggeren specie in het rayon van het Waterschap, 24% tot de verontreinigingsklasse 3 en 4 behoren, waarvan de kosten € 65 per m³ bedroegen en 76% tot de klasse 0, 1 en 2 waarvan de kosten € 7,70 per m³ bedroegen. Voor geheel Gelderland zouden de kosten 24% van $70.000 \times € 65 = € 1.092.000$ en 76% van $70.000 \times € 7,70 = € 409.640$ bedragen: totaal € 1.501.640. Omdat naar schatting ca.

15% van Gelderland bestond uit rivieren, natuurlussen, etc., is € 225.246 op dit bedrag in mindering gebracht. Daarnaast werden de B-watgangen met klasse 0, 1 en 2 niet door het waterschap gebaggerd. Dit werd geschat op ca 2/3 deel van de niet verontreinigde bagger, waardoor nog eens € 273.093 in mindering is gebracht. De totale extra kosten door muskusrattengraverij zouden voor de waterschappen dan € 1.003.330 bedragen.

Deze berekening werd uitgevoerd op basis van maximale schattingen voor o.a. de jaarlijks vergraven grond door muskusratten (H. van Poelwijk). Litjens (1973) vond op jaarbasis een grondverzet van 0,6 m³ per aanwezige muskusrat. Daarbij is geen rekening gehouden met het feit dat muskusratten dikwijls gebruik maken van al bestaande hopen, waardoor graverij in de loop van de tijd zal afnemen (3.2.4). Het is moeilijk te schatten wat dit voor het jaarlijkse volume vergraven grond betekent. Wanneer dit 25% is van de opgave van Litjens (1973) dan zou dit 0,15 m³ op jaarbasis zijn. De berekening voor Gelderland komt dan op €150.495. uit. Wanneer de eigen berekening over de jaarlijks vergraven grond wordt gehanteerd van 0,25x0,1 m³= 0,025 m³, dan komt de berekening uit op € 25.083.

Het Waterschap Rivierenland met 6.443 km waterwegen verwerkte in 2003 40.600 m³ baggerspecie voor in totaal € 1,5 miljoen (begroting 2003). Met de boven genoemde kosten en verhoudingen voor verontreinigd bagger zouden deze kosten veel lager moeten uitkomen. Dit is mogelijk veroorzaakt door de vele baggerwerkzaamheden binnen bebouwde kommen, waar meer sprake is van verontreinigingen (riooloverstorten en wegen). Overigens zijn de kosten van baggerwerkzaamheden sterk afhankelijk van de locatie en is een gemiddelde kostenpost moeilijk te geven (M. Laarakker, Waterschap Rijn en IJssel).

Geconcludeerd kan worden dat de verschillen tussen de diverse schattingen zo uiteenlopen dat met de bestaande gegevens geen betrouwbare indruk over het extra te baggeren volume kan worden verkregen. Baggerwerkzaamheden worden uitgevoerd onder bepaalde normen voor het watervoerend vermogen van de watgang. Door grondverzet van muskusratten zou dus de frequentie van baggeren kunnen worden verhoogd. Daarvoor is een andere manier van schatting nodig dan in de hier besproken case werd gehanteerd.

Krimpenerwaard

In de Krimpenerwaard berekende de agrariër, die een proces tegen de Provincie aanspande, de kosten voor extra baggeren van de sloten vanwege de hoge populatie muskusratten (Rechtbank 's-Gravenhage, 2004, 3.2.2.). Normaal zou 1 maal per 5 jaar elke sloot worden gebaggerd. Vanwege een aantal vangsten per uur van 2,84 zou nu iedere 2,5 jaar moeten worden gebaggerd (Van der Hulst, 2004). De baggerkosten in dit veengebied bedroegen € 246 per km oever. Het aantal km sloot in Krimpenerwaard bedroeg 5.251 km (LCCM, 2003). Hiervan zou ca. 90% aan grasland grenzen. De extra jaarlijkse baggerkosten zouden dan voor de hele Krimpenerwaard $10.502\text{km} \times 90\% \times €246/5 = € 465.029$ bedragen.

De agrariër kon de extra frequentie van baggeren niet aantonen, waardoor de schadeclaim in eerste instantie door de rechter niet werd toegewezen. Vooral langs de

percelen waar de oevers in regulier beheer geregeld werden afgesneden, dan wel gekorfd, waren de sloten dieper en behoefden deze door de graverij van muskusratten niet vaker te worden gebaggerd (J.L.A. Verburg).

Conclusie

Op enkele locaties met grote aantallen muskusratten was het effect van de grondverplaatsing in watergangen door de graverij goed waarneembaar. Een berekening van de door muskusratten gegenereerde baggerkosten was op basis van de huidige gegevens niet goed mogelijk. Betrouwbare data over de jaarlijkse hoeveelheid vergraven grond en de verontreinigingsklasse per bodemtype en locatie waren niet voorhanden, terwijl geen inzicht kon worden verkregen in de werkelijke frequentie van baggeren onder invloed van de aanwezigheid van muskusratten.

De hier besproken schattingen over grondverzet door muskusratten leken duidelijk gemaximaliseerd.

3.2.4 Graverij aan waterkeringen en infrastructurele werken

Herstelkosten

In 1983 is een enquête gehouden onder waterschappen. Uit deze enquête bleek dat fl 183.000 werd besteed aan speciaal onderhoud van waterkeringen als gevolg van graverij door muskusratten. De totale hoeveelheid gerepareerde schade was tot 1983 beperkt gebleven, maar muskusratten hadden in die periode nog geen vaste voet aan de grond gekregen in Friesland en Holland (van Oostenbrugge, 1988).

Voor een aantal onbeschermd kades in Friesland kon de levensduur bij aanwezigheid van grote aantallen muskusratten teruglopen van ca. 40 jaar naar 10-12 jaar (Wetterskip Fryslan, 2002). Bij een veronderstelling dat onder die omstandigheden alle kades 10 jaar minder lang mee zouden gaan, zou de extra afschrijving ca. € 1,5 miljoen bedragen, op een investering in Friese kades van ca. € 200 miljoen. Bij deze berekening was het onduidelijk hoe de 200 miljoen zou worden geïnvesteerd en hoe de afschrijving zou zijn bij de huidige bestrijdingsdruk.

Jaarlijkse reparaties in Friesland aan vooral zomerkaden bij aanwezigheid van grote aantallen muskusratten beliepen in de tienduizenden euro's, maar werden niet geregistreerd. Dit gold eveneens voor de jaarlijkse reparaties aan kades in Zuid-Holland (A.J. Bosma, A. M. van Veen).

Herstelwerkzaamheden als gevolg van schade door muskusratten aan waterkeringen en infrastructurele werken werden geregeld uitgevoerd, o.a. door de waterschappen, maar zijn vrijwel nergens geregistreerd of gekwantificeerd.

Uit een enquête onder waterschappen bleek dat de waterschappen het gewone onderhoud aan waterkeringen ten aanzien van de muskusrat, als een geringe belasting van hun begroting beschouwden (TAW, 1984 blz.14).

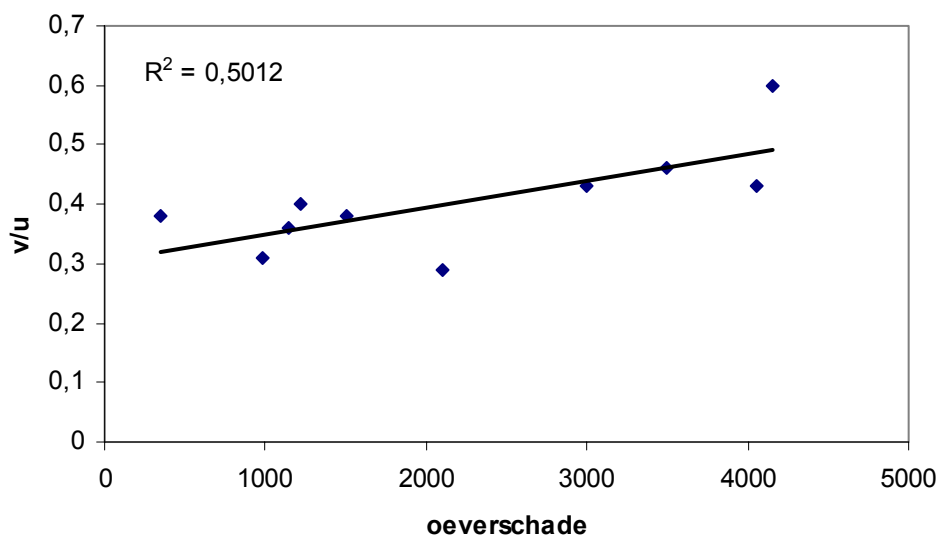
Verband tussen optredende schade en aantal muskusratten

In Zuid-Holland werd in de Krimpenervaard de schade aan kades vanaf 1989 door de muskusrattenbestrijding gemeten. Er bleek een significant verband tussen het aantal vangsten per uur en het aantal m² schade (Spearman rank correlation $r=0,727$; $P= 0,018$; fig. 3).

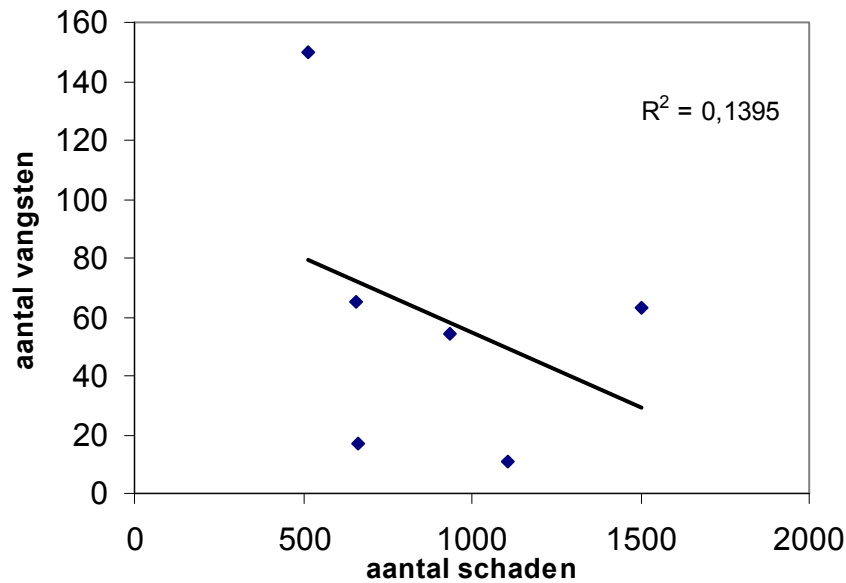
Eerder vond Doude van Troostwijk (1976) geen verband tussen het aantal vangsten en schaden in oevers (fig. 4). Van 1968 tot 1973 nam hier het aantal schaden in zes jaar van 150 naar 11 af ($< 10\%$), terwijl het aantal jaarlijkse vangsten er verdubbelde. In Made-Drimmelen (5.3) bestond er eveneens geen verband tussen de jaarlijkse vangsten en de opgetreden schade (tabel 4). Ook hier nam de schade af in opvolgende jaren met bestrijding: in vijf jaar van f5.312 naar f 288 ($<10\%$) bij een iets afnemende jaarlijkse vangst. Volgens Wijnen (1984) zou dit veroorzaakt zijn door het kortere verblijf van de dieren bij de intensievere bestrijding.

Na het onderzoek van Verkaik (1991) waren er wel meer verzakkingen in het talud van een sloot met meer muskusratten dan in het talud van een tweede sloot met minder dieren. De oppervlakte aan verzakkingen was na vier jaar zonder bestrijding en bij ongeveer gelijkblijvende aantallen niet of nauwelijks toegenomen (3.2.5).

In gebieden in Zuid-Holland die onder controle waren (0,1 v/u) trad nog altijd schade op aan kaden. Jaarlijks werden hier in 2002-2004 op 12-29 locaties voor 1000-7250 euro aan herstellkosten berekend. Een beperkt aantal muskusratten kon hier dus toch zorgen voor graafschade (Bestuurscommissie Muskusrattenbestrijding Zuid-Holland 2003, A.M. van Veen).



Figuur 3. Het verband tussen de jaarlijks gemeten oeverschade van graverij door muskusratten in de Krimpenervaard in m² en het aantal vangsten per uur (v/u). Spearman rank correlation $r=0,727$; $P= 0,018$ (bron: Dienst muskusrattenbestrijding Zuid-Holland, 1999, LCCM, 2003, 2004, 2002, 2001).



Figuur 4. Aantal jaarlijkse gevallen van schade door en de vangsten van muskusratten in vijf gemeenten in Zeeuws Vlaanderen in 1968-1973. Spearman rank correlation niet significant. (Naar Doude van Troostwijk, 1976).

Gevolgen doorbraak

Voor de economische gevolgen van schade bij doorbraak van waterkeringen werd voor een polder van 4.256 ha (op basis van de Zuidplaspolder bij Gouda) becijferd, dat dit tot een schade van minimaal € 13-91 miljoen zou leiden. Het bedrag was afhankelijk van de tijd van het jaar en het polderoppervlak in relatie tot de boezeminhoud. De kosten voor herstel van de boezemkade en infrastructurele werken zijn bij deze berekening niet betrokken (TAW, 1984, Van Oostenbrugge, 1988).

In Friesland werd voor de verschillende polders de schade berekend bij kadedoorbraak (Wetterskip Fryslan, 2002). Dit bleek voor de verschillende gebieden in de tientallen miljoenen euro's te lopen. In het recente verleden zijn er een aantal doorbraken geweest van o.a. zomerkaden, waarbij de schade gering was, maar nooit in kaart is gebracht (J.A. Bosma).

Discussie en conclusies

Muskusratten graven niet steeds weer nieuwe hopen, maar zij maken echter dikwijls gebruik van al bestaande bouwen (3.2.3). Dit zou een goede verklaring kunnen zijn voor het afnemen van de graafschade in de tijd, onafhankelijk van het aantal muskusratten. Alleen in een veengebied als de Krimpenerwaard, waar hopen snel door bijvoorbeeld vee worden ingetrapt, werd jaarlijks wel meer schade waargenomen bij aanwezigheid van meer muskusratten. Na herstel van schaden trad ook steeds weer nieuwe schade op, zelfs door enkele muskusratten.

Er zouden daarnaast ook andere factoren van betekenis kunnen zijn bij de relatie tussen het optreden van schaden en de vangstaantallen in de loop van de tijd: er

wordt rekening gehouden met de aanwezigheid van de muskusrat, verschillende lokale omstandigheden, het ontbreken van een verband tussen vangsten en aanwezige aantallen, het gebruik van verschillende meetmethoden, verstoring door vangactiviteiten, waardoor resterende dieren nieuwe onderkomens gaan graven en een kortere verblijftijd van de dieren bij bestrijding (Wijnen, 1984, 5.3).

Herstelkosten zijn slechts incidenteel aantoonbaar geregistreerd en gekwantificeerd, terwijl ze daarnaast werden meegenomen bij regulier onderhoud (van Oostenbrugge, 1984). Het verband tussen optredende graafschade en het aantal muskusratten was onduidelijk o.a. door het hergebruik van bestaande holen door nieuwkomers. Alleen bij herstel en instorting van holen trad duidelijk nieuwe graverij op. Een betrouwbare berekening van de economische schade aan waterkeringen en infrastructurele werken was niet te maken.

De kosten van een doorbraak van kaden waren sterk afhankelijk van de hoeveelheid water die polders kon binnenlopen. Deze konden tientallen miljoenen euro's bedragen.

3.2.5 Graverij in oevers

Muskusratten graven gewoonlijk pijpen in oevers tot ca. 2-4 m landinwaarts. Mede afhankelijk van de grondsoort kunnen daardoor verzakkingen optreden.

Tijdens een onderzoek naar de dynamiek van een muskusrattenpopulatie in twee sloten in Flevoland werden van 1987-1991 geen muskusratten bestreden (Verkaik, 1991). Vooraf en na afronding van dit onderzoek werden de lengten van de oeververzakkingen gemeten door medewerkers van het RIN en het Heemraadschap Fleverwaard. In totaal werd voor een slootlengte van 4.186 m aan verzakking op beide oevers 1993 m vastgesteld. Het RIN constateerde na afloop van het onderzoek een lichte toename, maar het Heemraadschap vond geen toename. Dit gaf geen aanleiding tot indiening van een vergoedingsclaim, zoals tevoren was afgesproken. De aantallen muskusratten schommelden in het gehele onderzoeksgebied jaarlijks tussen maximaal 7 in het voorjaar naar 34 in het najaar. In de gehele Flevopolder verminderde het aantal vangsten per uur van 1,09 in 1987 naar 0,22 in 1991 (tabel 1).

Oevers van landbouwpercelen op zachte veengrond kalven door muskusratgraverij sneller af, vooral wanneer graslandpercelen beweid worden en het oeveronderhoud onvoldoende is. Het grondverlies op de weke veengronden is echter een voortschrijdend proces, dat ook van nature plaatsvindt. Bij het baggeren wordt de grond dikwijls opgespoten op de percelen waardoor geen schadeherstel van de oever aan de orde is. Op de hoger gelegen kopse kant van de percelen is de oever schade het grootst. Bij geregeld onderhoud van de oevers door het afsnijden of korven kan de afkalving worden beperkt.

Op kleigrond is de schade dikwijls minder omdat bij baggeronderhoud grond wordt teruggehaald op het talud (Krimpenerwaard: eigen waarneming, J.L.A. Verburg).

In de kleipolder Vijfheerenlanden in Zuid-Holland trad door grondverzet bij hoge dichtheden van muskusratten stagnatie op bij het afpompen van het water (T. de Koning).

De grondeigenaren en agrariërs zijn dikwijls zelf verantwoordelijk voor het onderhoud en schadeherstel van oevers grenzend aan hun gronden. Zoals ook bleek uit het proces van een aantal grondeigenaren uit de Krimpenerwaard tegen de provincie werd eventueel optredende schade door muskusratten niet geregistreerd.

In het Brabantse Made en Drimmelen en Hooge en Lage Zwaluwe werd een indicatie verkregen van de geleden schade door de landbouw (Litjens, 1981). In 1979-1980 werd geconstateerd dat ca. 8% van de oevers was verzakt op een waterlooplengthe van 76 km. Volgens een enquête onder de agrariërs bedroeg de geschatte schade ca € 150 per ha of € 1.950 per km sloot. De belangrijkste schadeposten waren de stagnatie van de water toe- en -afvoer, de opbrengstderving en het verlies van cultuurgrond. De beschreven schade werd hier niet inzichtelijk gemaakt op basis van gemaakte kosten (zie 5.3).

In de verschillende jaarverslagen van de LCCM zijn per provincie geregeld meldingen gemaakt over de geringe mate van schade aan oevers.

In Groningen bleef ondanks de hoge populatie ernstige schade uit door voortijdig ingrijpen door de bestrijding. In west Zeeuws Vlaanderen met een aantal vangsten van 3,23/uur verdubbelden de onderhoudskosten van watergangen. De onderhoudscyclus van het waterschap zou er gestegen zijn van 8 jaar naar 3-4 jaar. In de overige provincies zijn, naast de gebruikelijke afkalving van oevers en instorting van bouwen, geen schadegevallen van enige omvang gesignaleerd (LCCM, 2000).

Voor 2000 wordt vermeld dat de schade in de Krimpenerwaard fors is, maar dat de oeverschaden werden hersteld tijdens het reguliere onderhoud (LCCM, 2001).

Conclusie

Schaden door graverij van muskusratten in oevers zijn sporadisch geregistreerd en gekwantificeerd. Deze worden dikwijls bij het reguliere onderhoud hersteld. Een betrouwbare integrale berekening van de schade in relatie tot de aantallen muskusratten was met de huidige gegevens niet te maken.

3.2.6 Effecten op natuurlijke processen

Muskusratten kunnen lokaal selectief prederen op zoetwatermosselen (Diggins & Stewart, 2000). Bij hoge dichtheden van muskusratten zou dit voor bepaalde soorten mogelijk gevolgen kunnen hebben, maar hierover ontbreken nadere gegevens.

In ons land zijn de vraatplekken met leeggegeten zwanenmosselen dikwijls op de oever of langs ondiepe oevers te vinden. De indruk bestaat dat daarbij mosselen van een middelgroot formaat de voorkeur hebben, maar deze kunnen onder bepaalde omstandigheden ook massaal aanwezig zijn. Dikwijls worden op dezelfde plekken ook de resten van de Amerikaanse rivierkreeft aangetroffen. Omdat ook bruine

ratten zich tegoed kunnen doen aan deze prooien is niet altijd duidelijk wie de dader is (eigen waarnemingen). Het is onbekend welk effect deze vraat heeft op de populatie zwanenmosselen, vooral bij grote aantallen muskusratten.

In Noord-Europa en ook in Amerika worden muskusratten wel beschouwd als nuttige dieren, die plassen gedeeltelijk openhouden, waardoor de diversiteit kan toenemen en het waterwild aanwezig blijft. Winterhutten vormen refugia en nestplaatsen voor tal van andere dieren. Bovendien werd het dier tot rond 1990 als waardevol pelsdier bejaagd en geoogst. In de meer zuidelijke delen van het oorspronkelijke verspreidingsgebied kunnen de dieren plaatselijk, vooral in moerasgebieden en na nieuwe kunstmatige vestigingen wanneer vooral de Amerikaanse nerts ontbreekt, in hoge aantallen voorkomen, waardoor vegetaties ernstig kunnen worden aangetast. De dieren worden er ter bescherming van natuurwaarden bestreden (Doude van Troostwijk, 1976, Proulx et al., 1983, Miller, 1994, Danell, 1996, Connors et al., 2000, 2.1).

Muskusratten veroorzaakten 'eat out' plekken in moerasgebieden (o.a. Barthelmes, 1991). Bij gemiddelde dichtheden hadden de dieren hier invloed op de samenstelling en de structuur van de vegetatie en het verloop van de successie. Dit had tevens gevolgen voor de fauna (Danell, 1996, Gryseels, 1988, Connors et al., 2000, de Szalay et al., 2001).

In ons land noemden Heine et al. (1978) bij het verschijnen van de muskusrat vraat van o.a. gele plomp in de Oude Waalstrang in de Ooypolder bij Nijmegen. Door vraat kon de heterogeniteit en diversiteit aan begroeiingstypen door mozaïekvorming toenemen, maar tevens de successie bevorderen (Grijseels, 1988).

Barends (2002) meldde aanzienlijke vraat aan rietkragen in de Nieuwkoopse en Reeuwijkse plassen, waardoor de oevers, die kwetsbaar waren voor afslag, werden geëxposeerd en rietvogels het moeilijk kregen. Soms worden selectief bepaalde plantensoorten gegeten, waardoor deze plaatselijk kunnen verdwijnen, waaronder pijlkruid en zwanenbloem (Venema, 1993, T. de Koning). Bij hoge dichtheden kunnen water- en oeverplanten door vraat van wortels en wortelstokken in sloten (tijdelijk) verdwijnen. Dit zou gevolgen kunnen hebben voor de van deze planten profiterende faunasoorten, maar in veel sloten vindt daarnaast een intensief schoningsbeheer plaats.

In moerasgebieden waar het waterpeil kunstmatig op een bepaald niveau wordt gehouden door dammetjes kan graverij van muskusratten zorgen voor lekkages.

Over de mogelijke invloed van de muskusrat als nieuwkomer op andere diersoorten zijn weinig gegevens voorhanden (Niewold, 1992a).

De enorme expansie van de muskusrat in Europa heeft geleid tot veronderstellingen over een mogelijke concurrentie met de inheemse woelrat (Niewold, 1993). Ofschoon beide soorten een grote overeenkomst hebben in voedsel- en habitatkeuze, zijn er tot heden geen aanwijzingen voor verdringing. De soorten worden dikwijls samen aangetroffen (Doude van Troostwijk, 1976). Dit geldt eveneens voor de andere oeverbewonende planteneters. Bij waargenomen interacties zijn bijna altijd de grotere soorten in het voordeel. Omgekeerd profiteren de kleinere

soorten van hollen en onderkomens van de grotere soorten (o.a. Niewold & Lammertsma, 2000).

Schröpfer (2003) beschouwde de semi-aquatische nieuwkomers, waaronder muskusrat en beverrat, op grond van hun grootte en aanpassingsgedrag, als een aanvulling op dit gilde van zoogdieren. Daardoor zou er weinig sprake zijn van onderlinge concurrentie en zouden de nieuwkomers zich in Europa goed kunnen handhaven.

Conclusie

Muskusratten kunnen vooral in moerasgebieden door hun vraat en de bouw van hutten zorgen voor een grotere diversiteit en dynamiek. Alleen bij hogere dichtheden kan kaalvraat optreden, maar niet kon worden getraceerd bij welke dichtheden dit optrad. Verwacht kan worden dat er in ons land zonder bestrijding van muskusratten geen of nauwelijks grote problemen zullen optreden voor natuurwaarden. Alleen plaatselijk kunnen mogelijk problemen ontstaan voor bepaalde gewenste soorten.

3.3 Discussie en conclusies

3.3.1 Veiligheid

Huidige situatie

Het belangrijkste doel van de huidige muskusrattenbestrijding in ons land is te voorkomen dat onveilige situaties ontstaan als gevolg van het gegraven en geknaagd van deze diersoort. Het heeft vooral een preventieve functie (LCCM, 2003). Naar aanleiding van voorbeelden van graverij in waterkeringen zijn diverse onderzoeken verricht naar mogelijke kansen van doorbraken. Op grond hiervan kan worden geconcludeerd dat er onder de huidige situatie met bestrijding geen aanwijzingen zijn voor grote bezorgdheid over de veiligheid van de grote waterkeringen langs zee en rivieren. Veel tracé's van deze waterkeringen liggen niet langs permanent water of zijn voorzien van robuuste verhardingen, die graverij weren. Een belangrijk effect van de huidige muskusrattenbestrijding is dat bekend is waar de schadegevoelige locaties zijn, dat deze geregeld worden gecontroleerd en dat eventuele schade tijdig wordt gemeld.

De diverse soorten aarden kaden in ons land lijken kwetsbaarder voor graverij. Hierbij geldt eveneens dat bij de huidige situatie van muskusrattencontrole, waarschuwingen en herstelwerkzaamheden, risico's beheersbaar lijken. Daarnaast kan nog de kanttekening worden geplaatst dat de meeste bestrijdingsorganisaties bij navraag aangaven, dat er extra aandacht werd besteed aan kwetsbare objecten (zie ook LCCM: diverse jaarverslagen).

Situatie zonder bestrijding

Het onderzoek dat in de tachtiger jaren van de vorige eeuw is uitgevoerd was mede bedoeld om door metingen een beter inzicht te krijgen in de relaties tussen o.a. omvang van de populatie, bestrijdingsdruk en graverij in waterkeringen. Dit onderzoek heeft geen vervolg gekregen. De schaarse metingen die bekend werden

gaven geen eensluidende resultaten o.a. samenhangend met de lokale situatie. Er kon niet worden aangegeven in hoeverre de kans op een doorbraak zou toenemen bij een bepaalde mate van graverij door de muskusrat.

Risico's voor doorbraak van waterkeringen zijn mede afhankelijk van de frequentie en de ernst van de graverij. Ook bij lage dichtheden trad graverij op in kaden. Ofschoon muskusratten dikwijls gebruik maken van bestaande bouwen, ligt het voor de hand te veronderstellen dat er meer bouwen zijn bij hogere dichtheden. De ernst van de schade zou vooral samenhangen met de verblijfsduur van de dieren, maar hierover waren onvoldoende gegevens bekend. Dit zou kunnen betekenen dat zonder bestrijding meer herstelwerkzaamheden nodig zullen zijn, wat weer nieuwe graverij zal uitlokken.

Een belangrijk aspect is de betekenis die de huidige bestrijding in de loop van de jaren heeft gekregen als melder van optredende schade. Wanneer bestrijding uit zou blijven dient rekening te worden gehouden met vervanging van deze controlefunctie om veiligheidsrisico's uit te sluiten.

3.3.2 Economische schade

Graverij

Grote schades door graverij, zoals dijkdoorbraken, hebben zich niet voorgedaan (LCCM, 2002). Het huidige systeem van controle en bestrijding functioneerde dus afdoende. Onduidelijk was echter welke intensiteit van bestrijding noodzakelijk is om schade te voorkomen. De relatie tussen populatiedichtheid (bestrijding) en schade bleek onbekend. De bestrijdingseffecten op de populatie worden niet direct gemeten en de schade wordt niet systematisch geregistreerd.

Bij mogelijke doorbraken was de economische schade sterk afhankelijk van de waterniveauverschillen, de hoeveelheden water die kunnen overlopen, de bewoning en de omvang en het gebruik van de polders. Deze kon oplopen tot tientallen miljoenen euro's.

Voor de overige oevertypen bleken de potentiële veiligheidsrisico's bij graverij gering.

De waterschappen registreerden geen schade, omdat deze wordt meegenomen in het reguliere onderhoud (van Oostenbrugge, 1988, LCCM jaarverslagen). De kosten voor herstel van muskusratschade waren blijkbaar gering ten opzichte van het beschikbare budget (TAW, 1984). Daarnaast werd er al bestreden en was niet altijd duidelijk of een bepaalde vorm van schade het gevolg was van alleen graverij door muskusratten. Schade aan oeverkanten zou ook wel kunnen worden toegeschreven aan muskusratten, terwijl de oorzaak een gevolg was van de wijze van schonen en maaien van sloten of van golfafslag (PCOM, 1990).

Ook na het onderzoek van TAW is in deze quick scan duidelijk geworden dat er geen structurele metingen zijn gedaan aan schaden en kosten van herstelwerkzaamheden. Dit geldt zowel voor de overheidsinstellingen en waterschappen als voor particuliere

grondeigenaren. Er zijn slechts enkele tientallen cases beschreven. Het systematisch registreren van schade is voor het voeren van de nut en noodzaak discussie van groot belang.

Vreterij

De verschillende schattingen over vraatschade in de landbouw liepen sterk uiteen door toepassing van verschillende parameterwaarden. Schadelijders maakten hun oogstdervingen en andere schade niet inzichtelijk door onvoldoende registratie van geleden schade en herstelkosten.

Baggeren

Berekeningen over de grondverplaatsing door muskusratten kenmerkten zich door een hoge mate van onzekerheid. Een betrouwbaar verband tussen het aantal muskusratten, grondsoort en de hoeveelheid jaarlijks verplaatste grond per dier ontbraken. Omdat de kosten van baggerwerkzaamheden samenhangen met de verontreinigingsklasse van de specie en onbekend was hoeveel verontreinigde grond muskusratten vergraven, kon een betrouwbare kostenschatting op deze manier niet worden verkregen.

Gegevens over de toegenomen kosten door frequenter baggeren bij een hoge stand van de populatie muskusratten ontbraken.

3.3.3 De muskusrat als nieuwkomer in Europa

In Vlaanderen wordt door de bestrijdingsorganisatie de muskusrat als voorbeeld genoemd van een te bestrijden exoot volgens richtlijnen in de Conventie van Bern (Stuyck, 2002). Deze richtlijn is meer van algemene aard om mogelijke problemen met exoten te voorkomen. In de praktijk wordt daar in Europa zeer divers mee omgegaan getuige de vele exoten, ook in Vlaanderen, die vrijelijk hun gang kunnen gaan.

4 Scenario zonder bestrijding

4.1 Aantallen

Metingen

In een poldersloot in Flevoland bepaalde Verkaik (1991) het aantalverloop in een onbestreden populatie met gemerkte en gezenderde dieren. Relatief geringe aantallen waren aanwezig in maart-juni, waarna de aantallen ongeveer verdrievoudigden tot november. Het hoogst bereikte aantal muskusratten voor de najaarspopulatie bedroeg 6,7 per km watergang. De populatiedichtheid fluctueerde binnen en tussen jaren. In het voorjaar wanneer de dispersie gering was en bij de paarvorming aan het begin van het voortplantingsseizoen, wanneer de dieren paarsgewijs een eigen territorium innamen, waren 6-8 dieren aanwezig (1,4-1,9 per km watergang). Aangezien in het aangrenzende gebied wel werd bestreden, het onderzoekgebied klein was en er veel migratie en dispersie optrad, mag worden verondersteld dat deze populatie zich niet op draagkrachtniveau bevond.

In de Flevopolder als totaal verminderde het aantal vangsten per uur van 1,09 in 1987 naar 0,22 in 1991 (tabel 1). In het piekjaar 1987 werden er 15054 muskusratten gevangen. Dit zou kunnen betekenen dat er $45\% = 6774$ dieren in het voorjaar aanwezig zouden kunnen zijn (zie hieronder), overeenkomend met $6774/7435 = 0,91$ ex. per km watergang. De dichtheid in de proefsloten was toen dus nog ruim hoger dan in de aangrenzende wateren van Flevoland.

Niewold (1992b) noteerde in Utrecht in het voorjaar op basis van vangplaatsen in een kleipolder voor een aantal geselecteerde sloten met veel muskusratten 7,4 paar/km sloot en in twee naburige veenpolders respectievelijk 2,3 en 1,5 paar/km. In deze gebieden werd sinds kort intensief bestreden en de aantallen werden er als erg hoog ervaren.

Door de bestrijding zijn een aantal voorbeelden genoemd van hoge vangstaantallen bij dikwijls intensieve en speciale bestrijding:

- In een 800 m lange voedselrijke, afgesloten veenwijk in het Drents-Gronings grensgebied werden in de winter 123 muskusratten (154/km) gevangen (T.Franke).
- In 2003 werden in de Provincie Utrecht van alle provincies de hoogste vangsten geregistreerd: gemiddeld 3,42 vangsten/km water (LCCM, 2004).
- Wetterskip Fryslan (2002) meldde in 1999 in een uurhok in Friesland tussen Oppenhuizen en Goingarip 4.178 vangsten in een jaar via piekbestrijding bij 230,85 km oeverlengte (18,1 vangsten/ km oever/jaar). Deze maat werd als representatief voor geheel Friesland zonder bestrijding beschouwd.
- Barends (2000) verwachtte 20 vangsten/jaar/km waterweg in Zuid-Holland, wanneer de bestrijding niet effectief zou zijn.
- In 1979-1980 zijn bij Made-Drimmelen (Noord-Brabant) 551 muskusratten gevangen in een akkerbouwgebied van 4568 ha met 68,5 km slootlengte (8 vangsten/km sloot; Barends, 2002). Wijnen (1984) meldde in hetzelfde gebied van

ca. 964 ha met 76 km slootlengte een vangst in 1979 van 740 muskusratten (tabel 4) en voor 1981 804 vangsten.

- In 1991 werden in De Vijfheerenlanden (Zuid-Holland.) 56.000 muskusratten gevangen in een gebied van 11.000 ha met 5.041 km sloot (11,1 vangsten/km/jaar). Langs de slootkanten was geen vegetatie meer over en grote hoeveelheden gras werden geconsumeerd (Barends, 2002).

In andere landen werden bij bestrijding en onderzoek diverse dichtheden genoemd:

- Stuyck (2002) meldde 300 vangsten/km² (3/ha) in een waterrijke polder en in landbouwgebied 80-100 vangsten/km² bij het tijdelijk uitblijven van bestrijding in Vlaanderen.
- Le Boulangé et al. (1981) vond in het grensgebied van België en Frankrijk in een riviertje 3-4 muskusratten/km in de zomer en 11 ex./km in de winter.
- Pelikan et al. (1970) stelden in een moerasgebied in Moravië dichtheden vast van gemiddeld 16 hutten/ha met een maximum van 31.
- Vincent & Quere (1979) bepaalden de aantallen muskusratten door vangst, merk en terugvang in een rivier, poel en moeras in Frankrijk van juli tot februari. De aantallen bedroegen 100 ex./km rivier en 55 ex./ha moerasgebied. Vanwege de meetperiode was er geen sprake van een betrouwbare jaarlijkse populatieschatting.
- Brooks & Dodge (1986) vonden zomerdichtheden van mei-oktober van 23 ex./km in marginaal en 48 ex./km rivier in optimaal habitat in de VS. Deze dichtheden waren een ruwe schatting omdat gemeten werd over een te lange tijdsperiode. De aantallen werden berekend op basis van het aantal verblijven per familie muskusratten en de vangstgegevens bestaande uit de aantallen adulten, de juvenielen uit het voorgaande jaar en het aantal juvenielen op basis van placentallittekens.
- Nabij Bremen werden 3 paar muskusratten/km waterloop als maximum beschouwd (Halle et al., 1990).

Samenvattend werden in de literatuur van 0,5-86,5 muskusratten/ha aangetroffen (Barends, 1987).

Berekeningen

De gegevens uit verschillende gebieden met beperkte omvang gaven een beeld van de dichtheden (of indirecte maten daarvoor) in afwezigheid van of bij een geringe bestrijdingsdruk. Voor een vergelijking moet worden uitgegaan van een bepaalde gestandaardiseerde maat. Het aantal aanwezige muskusratten in het voorjaar (bijvoorbeeld mei) per km waterweg is daarvoor het meest geschikt, omdat dit de meest stabiele levensfase is en in ons land veel (kunstmatige) watergangen voorkomen (Doude van Troostwijk, 1976, Verkaik, 1991).

Doude van Troostwijk (1976) werkte enkele rekenmodellen uit, met de mogelijkheid om vangsten om te rekenen naar aantallen in het voorjaar. Bij een grote bestrijdingsdruk van 82% van de totaal aanwezige dieren, bedroeg de voorjaarspopulatie in dit uitgebreid beschreven model voor de bestrijding in Zeeuws Vlaanderen 43,8% van de jaarvangst. Bij meer eenvoudige rekenmodellen en een geringere bestrijdingsdruk bedroegen deze rond de 50%. In deze modellen werd het

percentage van de vangsten, die de voorjaarsstanden aangaven, groter bij een hoge bestrijdingsdruk in het voorjaar.

Wanneer uitgegaan wordt van een gelijkblijvende stand over de periode 2000-2003 en een jaarlijkse vangst van ca. 350.000 dieren per jaar, dan zou kunnen worden gesproken over een voorjaarsstand voor geheel Nederland van gemiddeld ca. 175.000 muskusratten. Dit zou $175.000/252.296=0,69$ ex./km watergang betekenen. Wanneer er van deze waterwegen een derde ongeschikt zouden zijn voor muskusratten of nauwelijks bewoond, dan zouden dit 1,04 ex./km waterweg in het voorjaar zijn.

In enkele gebiedsdelen met hoge vangcijfers is dikwijls extra mankracht bij de bestrijding ingezet en daarvoor zou het bestrijdingsmodel zoals gebruikt voor Zeeuws Vlaanderen kunnen gelden.

Voor de kleipolder Vijfheerenlanden zou dit in 1991 neerkomen op $0,44 \times 56.000/5.041=4,9$ individuen/km waterweg in het voorjaar.

Voor Made-Drimmelen zou dit $0,44 \times 804/76=4,7$ individuen/km waterweg in het voorjaar betekenen.

De voorjaarsstand in het uurhok in Friesland met de meeste vangsten (3.2.2.) zou $0,44 \times 4.178/230,85=8,0$ individuen/km waterweg hebben bedragen.

Voor heel Nederland bedroeg de maximale jaarlijkse vangst per provincie 589.190 dieren (tabel 1). Bij de veronderstelde forse bestrijdingsdruk zou dit volgens het rekenmodel voor Zeeuws Vlaanderen neerkomen op $0,45 \times 589.190/252.297=1,05$ ex./km watergang.

Zonder bestrijding moet rekening worden gehouden met hogere aantallen.

Een rekenmethode, die eveneens door Doude van Troostwijk (1976) werd toegepast, ging uit van cumulatieve wegvangst in een korte periode, bijvoorbeeld in het voorjaar (6.1.3.). Voor deze berekeningen zijn echter kortere perioden voor de vangstaantallen nodig (meer meetmomenten) dan de opgaven per vier weken, zoals die bij de huidige bestrijding worden gehanteerd.

Discussie en conclusies

De bij de huidige bestrijding gehanteerde opgaven van de bestrijders gaven geen houvast bij een bepaling van de aanwezige aantallen. De literatuur was niet eenduidig wat betreft de aantallen muskusratten die aanwezig kunnen zijn. Dichtheden werden per ha aangegeven of per km oeverlengte. Dit is overigens een algemeen probleem bij vergelijkingen van dichtheden voor oeverbewonende zoogdieren. Daarnaast werden verschillende meetmomenten (seizoen) gehanteerd, of werden uiteenlopende methoden gebruikt om tot een aantalschatting te komen. Bovendien was veel buitenlandse literatuur niet representatief voor Nederland, omdat het dikwijls om tellingen van winterhutten in moerasgebieden gaat (Barends, 1987).

Volgens een modelberekening zouden in goede muskusratengebieden dichtheden van 4-8 ex./km watergang in het voorjaar kunnen voorkomen. Deze aantallen waren niet veel afwijkend van waarnemingen nabij Bremen met maximaal drie paar muskusratten per km waterloop. Berekend over geheel Nederland zou dit mogelijk rond één paar per km watergang kunnen zijn.

4.2 Algemene beschouwing over draagkracht

Wanneer een populatie muskusratten zich vestigt in een gebied waar predatie of bestrijding ontbreekt, zal zich na verloop van tijd een situatie instellen waarin de aantallen dieren in evenwicht zijn met het voedselaanbod. Dit aantal dieren wordt de draagkracht van een gebied. Wanneer in een gesloten populatie de aantallen toenemen, dan wordt het voedselaanbod beperkend wat een negatief effect heeft op de conditie van de dieren (Clark & Kroeker, 1993). Dit negatieve effect kan zich manifesteren in een lager lichaamsgewicht, een verlaagd voortplantingssucces of zelfs het totaal mislukken van de voortplanting naast een verhoogde sterfte door ziektes, parasieten of voedselgebrek. Vaak treedt in een dergelijk geval migratie op: een deel van de populatie trekt weg, op zoek naar voedsel, waardoor voor het deel dat blijft de situatie weer gunstiger kan worden. Vanzelfsprekend ontstaat bij het ontbreken van de mogelijkheid om weg te trekken een verhoogde kans op sterfte.

De groei van een geïsoleerde niet door bestrijding gecontroleerde populatie wordt bepaald door geboorte en natuurlijke sterfte. De maximum snelheid r_m waarmee een populatie kan groeien, wordt bepaald door het aantal nakomelingen per worp, het aantal worpen en door leeftijdsafhankelijke sterfte (fig. 5). Het aantal dieren dat duurzaam (zonder dat de overleving van de populatie in gevaar komt) kan worden geogost in een populatie varieert met de populatiegrootte (H in fig. 5). Naarmate de populatiegrootte stijgt, neemt dit aantal toe volgens een parabolische verloop, terwijl het aantal benodigde uren om de dieren te bemachtigen afneemt. Om de populatie te reduceren dient H boven de curve te liggen.

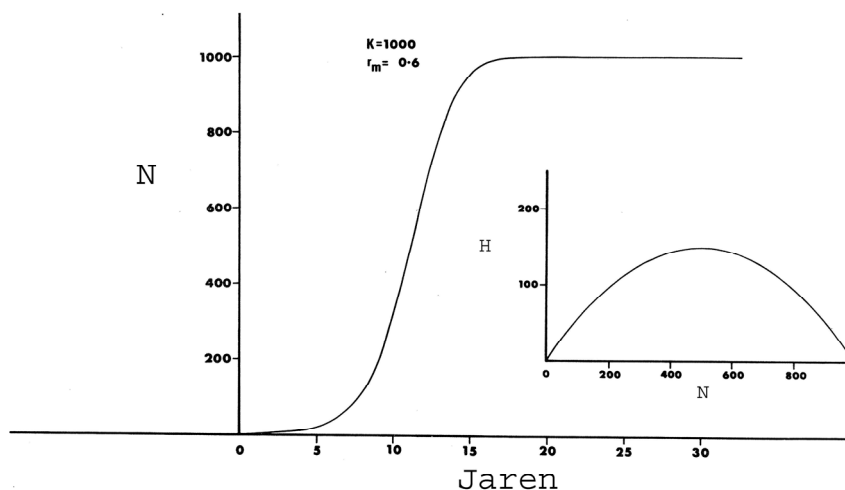
Een dynamisch evenwicht, waarbij de aantallen fluctueren rond een gemiddelde, ontstaat wanneer aantalregulerende factoren niet constant zijn. Voor de populatiedynamiek zijn naast dichtheidsonafhankelijke factoren, zoals het weer, dichtheidsafhankelijke factoren van belang. Zoogdieren met een geringe voortplantingscapaciteit (K-strategen) reageren veelal door het tijdig verminderen van de reproductie waardoor de schommelingen gering zijn. Zoogdieren die zich kenmerken door een hoge reproductie en een brede ecologische amplitude (r-strategen) kenmerken zich door een vertraagde respons, met sterke populatiefluctuaties als gevolg. Typische r-strategen, zoals muskusratten, kenmerken zich daarbij door een *overshoot* (Caughley, 1970), waarbij overbevolking kan optreden, de populatie boven draagkracht niveau stijgt en vervolgens in elkaar klappt om zich op een lager niveau te stabiliseren (Danell, 1996). Gewoonlijk worden bij hoge dichtheden de aantallen vooral door predatie, ziektes en parasieten en minder door dichtheidsafhankelijke reproductie gereguleerd tot onder de draagkracht (Sinclair, 1989).

Predatoren als de vos en de Amerikaanse nerts kunnen een grote invloed hebben op de aantalregulering van muskusratpopulaties (Danell, 1996, Erb et al., 2000, Virgl & Messier, 2000, Yao et al., 2000). Predatie veroorzaakt schommelingen in de populatiegrootte die, afhankelijk van de geografische ligging, een cyclisch verloop kennen van 3-13 jaar.

Predatie van muskusratten door vossen vond vooral plaats gedurende de winter bij sterke ijsvorming, hoewel ook in de zomermaanden jonge dieren werden bemachtigd

(Danell, 1978). Predatie door de recent in Nederland geïntroduceerde otter zal naar verwachting in de toekomst van geringe betekenis zijn. In het voedsel van otters werden zelden muskusratten aangetroffen (Wilson, 1954).

Naast predatie heeft de aanwezigheid van predatoren toch een groot effect op de verspreiding en het gedrag van prooidieren. Daarnaast zijn muskusratten zeer gevoelig voor predatie wanneer ze zich verplaatsen over land (Errington, 1963).



Figuur 5. Trends in aantallen van een groeiende populatie en de parabolische relatie tussen duurzame oogst (H) en populatiegrootte (N) bij draagkracht (K) van 1000 en $r_m = 0,6$ (naar Caughley, 1978)

4.3 Populatie dynamiek in Europa

In Zweden werden muskusratten nauwelijks beïnvloed door bestrijding of jacht. In het noordelijk deel van het verspreidingsgebied speelden ziekten en parasieten geen rol, hoewel in de vroege jaren 1970 veel muskusratten stierven door tularaemia (Danell, 1996). Een studie aan drie populaties, op basis van winterhuttellingen als maat voor de populatiegrootte, wees uit dat na kolonisatie in twee populaties binnen 5-10 jaar aanvankelijk een hoge dichtheid aan winterhutten werd bereikt, waarna de populatie in elkaar zakte naar ca. 10-20% van het maximum (Danell, 1996). De respons kan worden gekarakteriseerd als een typische overshoot. In de derde populatie was het patroon identiek, maar volgde een tweede overshoot.

Het patroon in de populatiedynamiek wees op een verband met een 3-4 jarige cyclus van muizen en vossen. De muskusrattenpopulatie nam toe in het jaar na een muizenpiek en was laag bij een lage muizenstand, waarbij de vos een hoge predatiedruk uitoefende op de muskusrattenpopulatie. Nadat de vossenstand afnam door ziekte steeg de populatie muskusratten, om weer af te nemen bij een stijgende vossenstand.

Ook voor de bever, een ander oeverbewonend zoogdier, trad na herstel van de populaties door herintroductie een groei op met een piek en een volgende terugval. Overbenutting van de voedselbronnen en een gemis aan predatoren waren de mogelijke oorzaken (Hartman, 2003).

In Polen bestond er een verband tussen de komst van de Amerikaanse nerts in de jaren 1980 en de volgende decimering van de aantallen bemachtigde muskusratten (Brzezinski et al., 2003). In de Baltische staten gebeurde hetzelfde, gevolgd door delen van Oost-Duitsland en Tsjechië (Ulevicius et al., 1999, F. Barends, A. Toma). Ook in Slowakije daalden de vangsten van muskusratten van ca. 50.000 in 1958 naar ca. 260 in 2002. Hier werden door Rajskey et al. (2003) de besmetting van de muskusratten met de lintworm *Taenia taeniaformis* mede voor een mogelijke oorzaak gehouden (6.2.1).

Uit deze voorbeelden zou kunnen worden opgemaakt dat ook in ons land bij niets doen aanvankelijk mogelijk sprake zal zijn van een overshoot. Hierbij zullen naar verwachting (lokaal) hoge dichtheden kunnen worden bereikt. Het is op voorhand niet zeker of daarna populaties blijven fluctueren of op een laag niveau stabiliseren. In het laatste geval is onduidelijk op welk niveau dit zal plaatsvinden.

In ons land zijn een scala aan potentiële predatoren van muskusratten en zijn jongen aanwezig, waaronder reigerachtigen, verschillende roofvogels, marterachtigen, vossen en snoeken. In de studie van Verkaik (1991) waren predatie en ziekten bij een relatief lage dichtheid al van grote betekenis bij de niet onaanzienlijke sterfte. Volgens een onderzoek in Zuid-Holland bestond een substantieel deel van het voedsel van de vossen uit muskusratten (Barends et al., 1991). De aanwezigheid van lintwormen verminderden de netto reproductie met 16% (Doude van Troostwijk, 1988).

De Amerikaanse nerts, die verantwoordelijk wordt gehouden voor de decimering van de muskusratpopulaties in een aantal Oost-Europese landen, lijkt zich in ons land moeilijk te handhaven. Een mogelijke oorzaak zou zijn dat de soort veel als bijvangst voorkomt bij de muskusrattenbestrijding (Broekhuizen et al., 1992, Niewold, 1992a).

5 De kosten en baten van de bestrijding

Uit de vorige hoofdstukken bleek dat het niet goed mogelijk was op basis van de aanwezige informatie om de verschillende typen van schade veroorzaakt door de muskusrat afhankelijk van de dichtheid te kwantificeren. Wellicht dat een aantal voorbeelden uit een beperkt aantal gebieden op basis van de best mogelijke veronderstellingen een indicatief beeld kunnen geven van dichtheidsafhankelijke schade.

5.1 Friesland

Wetterskip Fryslan (2002) maakte een schatting van de kosten van schade door muskusratten voor Friesland op basis van de jaarlijkse kosten van schade aan landbouw (3.3.2), infrastructuur, privé beschoeïing en erfverharding. Deze berekening werd voor een minimale en een maximale populatie uitgevoerd (tabel 3).

Tabel 3. Geschatte kosten (in guldens) van schade veroorzaakt door muskusratten en de bestrijding in Friesland in 2001 en dezelfde kosten bij een maximale populatie zonder bestrijding (naar Wetterskip Friesland, 2002).

Type schade	2001	Maximale populatie
Kaden kapitaalkosten	0	3.300.000
herstelkosten	pm	pm
Landbouwgewassen	68.000	2.851.000
Infrastructurele werken	92.500	555.000
Bagger en hekkelkosten	pm	pm
Privé beschoeïing/erfverharding	15.000	120.000
Som	175.500	6.826.000
Kosten bestrijding	5.421.000	-
Vergelijk	5.596.500	6.826.000

In Friesland was ten tijde van deze berekening geen sprake van een minimale populatie, waardoor de bedragen in de linkerkolom van tabel 3 in feite hoger zijn. In hoofdstuk 3.3.2 is tevens nog een eigen berekening uitgevoerd voor de landbouwschade, die ruim de helft lager uitpakte (tabel 2). Bovendien waren deze berekeningen erg gevoelig voor veronderstellingen, zoals het voedselpercentage dat uit landbouwgewas bestond. Dit gold trouwens ook voor de extra afschrijving op het budget kadevernieuwing. Daarnaast kon een mogelijke kostenpost voor herstel- en baggerwerkzaamheden niet worden opgevoerd vanwege het ontbreken van deze kosten.

Wanneer in tabel 3 de eigen berekening voor de geschatte schade aan landbouwgewassen zou zijn opgenomen dan zouden de schade- en bestrijdingskosten in dezelfde orde van grootte zijn.

5.2 Krimpenerwaard

In de Krimpenerwaard berekende de agrariër, die een proces tegen de Provincie aanspande, zijn jaarlijkse extra kosten vanwege de aanwezigheid van muskusratten. In feite ging het hierbij om vermeende kosten van derving van grasopbrengst en extra baggeren van de sloten (3.2.2, 3.2.3). De baggerkosten in dit veengebied bedroegen € 246 per km oever. Het aantal km sloot in Krimpenerwaard bedroeg 5.251 km (LCCM, 2003). Hiervan zou ca. 90% aan grasland grenzen. De extra jaarlijkse baggerkosten zouden dan voor de hele Krimpenerwaard $10.502 \times 90\% \times 246/5 = € 465.029$ bedragen. Voor de derving aan gras opbrengst in een 2 m brede strook langs de sloten werd € 257/km sloot geclaimd. Voor de gehele Krimpenerwaard zou dat neerkomen op € 1.214.556. De totale schadepost in de Krimpenerwaard zou dan € 1.679.585 hebben bedragen.

De claim kon echter voor de rechtbank niet hard worden gemaakt, zonder aantoonbare bewijzen van de geleden schade (3.2.2, 3.2.3). Toch is niet uit te sluiten dat extra baggeren voor een deel van de sloten van de Krimpenerwaard nodig zal zijn bij blijvende hoge aantallen muskusratten. Voor de grasschade kan ook de berekening voor Friesland worden toegepast (3.2.2). Deze bedroeg voor respectievelijk de eigen berekening en die van het Wetterskip $421.413/27.642 \times 0,84 \times 0,50 \times 0,795 = € 45,7/\text{km}$ en € 128,8/km sloot grenzend aan grasland. Wanneer bijvoorbeeld voor de baggerkosten de helft van de opgave zou gelden, dan komt het totale bedrag aan schade voor de Krimpenerwaard op € 449.000-841.000.

Bij de toch grote aantallen muskusratten was de veiligheid van de kaden niet in het geding, mede door intensieve bestrijdingscontrole langs kwetsbare delen. Wel werd over enkele honderden meters een damwand geslagen middenin een kade die in de loop van de tijd doorsijpelde (H. Hofstede).

Voor een periode van drie jaar zijn in totaal 29 mensen in de bestrijding actief om de populatie muskusratten terug te dringen. Gedacht wordt aan een reguliere bestrijding in de Krimpenerwaard van tien bestrijders, overeenkomend met een jaarlijkse kostenpost van ruim. € 500.000 (H. Hofstede). Bij deze bestrijding zal ook nog schade optreden.

Geconcludeerd kan worden dat bij deze berekening de schade- en bestrijdingskosten eveneens in dezelfde orde van grootte zijn.

5.3 Made-Drimmelen

In een klei op zand gebied met veel akkerbouw en een aangrenzend klei op veen gebied met veel grasland nabij het Brabantse Made en Drimmelen en Hooge en Lage Zwaluwe werden in 1979-1980 zeer hoge aantallen muskusratten vastgesteld. In een klein gebied van ca. 964 ha met 76 km slootlengte en 155 boerenbedrijven werden veel schaden gemeld en hier werd een indicatie van de schade door de muskusratten verkregen volgens enquêtes onder de boeren (Litjens, 1981, 3.2.5.). In 1979-1980 werd geconstateerd dat ca. 8% van de oevers was verzakt. Volgens een enquête

bedroeg de geschatte schade door de schadelijgende partijen in 1979 ca. fl 341 per ha of fl 4.298 per km sloot. De belangrijkste schadeposten waren de stagnatie van de toe- en afvoer van het water, de opbrengstderving en het verlies van cultuurgrond.

Wijnen (1984) onderzocht naast 1979 tevens de opgetreden schaden in bovengenoemd, geselecteerd gebied in de vervolgjaren 1981 en 1983 (alleen voor klei-zand gebied), toen de bestrijding effectiever was geworden. Volgens mondelinge enquêtes onder alle aanwezige grondeigenaren werden alle schaden minutieus tot in de kleinste details berekend volgens toen heersende kostprijzen van arbeidsloon, afschrijvingen, materialen, etc. Er werd zelfs een prijs vastgesteld voor afschrijving van de grondprijs door aanwezigheid van muskusratten. Er konden hierbij slechts enkele rekeningen worden overlegd.

De zeer detaillistische berekening van Wijnen (1984) kwam voor 1979 in totaal tot een schade van fl 5.312 per km sloot voor het hele gebied. Voor het klei-zand gebied bedroeg dit fl 6.079 en voor het klei-veen gebied was dit lager namelijk fl 3.819. Litjens (1981) onderzocht deze schaden eerder en kwam tot een lager bedrag van fl 4.298/km sloot.

Het klei-veen gebied was ten tijde van het onderzoek van Wijnen geheel veranderd, waardoor hij geen vergelijking meer kon trekken met 1979. De boeren hadden ook duidelijk ingespeeld op de aanwezigheid van de dieren: enkele sloten werden gedempt, betonnen drainagebuizen vervangen door plastic buizen, gewasteelt aangepast en een strook braak gelegd tussen sloot en gewas en kuilvoerplaatsen verlegd.

In de jaren na 1979 bleek de schade aanzienlijk te verminderen, terwijl toch de jaarlijkse vangsten van muskusratten nauwelijks afnamen (tabel 4). Volgens Wijnen (1984) zou dit veroorzaakt zijn door het kortere verblijf van de dieren in de latere jaren (3.2.4.).

Barends (2002) maakte op grond van de door Litjens (1981) vermeldde schade voor 1979 van fl 350 per ha gewas een extrapolatie naar een landelijk schadebeeld. Alleen voor de gewassen zouden de kosten van herstel voor het toen in Nederland aanwezige bouwland van 700.000 ha neerkomen op 250 miljoen gulden. Er werd verder geen commentaar gegeven over de totstandkoming van de schadeberekening door Litjens (1981) en in welke mate dit voorbeeld van Made-Drimmelen representatief zou zijn voor heel Nederland. In het zelfde artikel gaf Barends wel aan dat het hem onmogelijk leek om de schadekosten veroorzaakt door muskusratten bij verschillende bestrijdingsintensiteiten in het veld te schatten.

Bij de beeldvorming over de schadeproblematiek naar aanleiding van dit voorbeeld moet bedacht worden dat de toenmalige kleinschalige bedrijfsvoeringen in de landbouw niet meer van deze tijd zijn. Bovendien werd een kleiner gebied juist geselecteerd vanwege de vele schademeldingen, waardoor dit voorbeeld niet echt representatief te noemen was voor een gemiddelde situatie in ons land.

Een belangrijk punt van kritiek is de enquêtevorm onder schadelijders (van Oostenbrugge, 1988). Daarnaast is bij de zeer gedetailleerde schadeberekening geen rekening gehouden met aftrek voor regulier voorkomend bedrijfsonderhoud.

Tabel 4. De jaarlijks berekende schade in guldens per km slootlengte door muskusratten in een 840 ha groot klei- en zand gebied nabij Made-Drimmelen in Noord-Brabant en de vangsten van muskusratten (naar Wijnen, 1984).

Jaar	1979	1980	1981	1982	1983
Schadebedrag	fl 5.312	-	fl 1.781	-	fl 288
Vangsten	740	975	708	804	516

5.4 Discussie en conclusies

De uitkomsten van de schattingen en berekeningen over de verschillende typen van schaden veroorzaakt door muskusratten waren afhankelijk van de manier van berekening en welke kostenposten wel of niet werden meegenomen (3.3.). Dit had ook zijn neerslag op de besproken schattingen over de kosten-batenanalyse voor de muskusrattenbestrijding in een aantal kleinere gebieden. Er viel dan ook op de berekeningen veel af te dingen, vanwege onzekere aannames die grote invloed hadden op de kostenschattingen en waarvoor geen uitersten werden aangegeven. Afhankelijk van het motief voor de schadeschatting konden de kosten naar boven of naar beneden (proces Krimpenerwaard) worden bijgesteld. Daarnaast bestond ook nog grote onzekerheid over de hier niet besproken vaststelling van het aantal aanwezige muskusratten, die schade zouden berokkenen.

Naast economische schade zal bij een oplopende dichtheid van muskusratten ook sprake kunnen zijn van kostenbesparing door vermindering van de onderhoudskosten van watergangen door vraat aan water- en oeverplanten (3.2.5). In 1985 werd door alle waterschappen in Nederland ca € 38 miljoen aan onderhoud (exclusief baggeren, herprofilen, herstel van oeverafkalvingen, etc.) uitgegeven: gemiddeld € 700/km watergang (CBS, 1988). Gecorrigeerd voor de onderhoudsfrequentie waren de gemiddelde kosten € 350/km.

Per provincie en afhankelijk van onderhoudsfrequentie, breedte van de watergang en grondsoort verschilden de kosten sterk, waarbij geen verband kon worden gelegd met de aantallen muskusratten. De frequentie van onderhoud bleek de meest kostenbepalende factor.

De besproken voorbeelden hadden betrekking op de lager gelegen, kwetsbare poldergebieden. Voor de hoger gelegen zandgronden waren geen bruikbare gegevens voorhanden om een schatting van kosten en baten te kunnen maken.

De vele onzekerheden in de lokale en regionale berekeningen, die geen representatief beeld vormden, lieten een enigszins betrouwbare landelijke schatting over een kosten-batenanalyse van de muskusrattenbestrijding niet toe. Deze conclusie komt overeen met eerdere bevindingen in Doude van Troostwijk (1976), Akkermans (1987) en Barends (2002).

6 Alternatieven voor de huidige bestrijding

6.1 Algemeen

6.1.1 Populatiebeheer

Het lokaal uitsterven van diersoorten door menselijke oorzaak is meestal een gevolg van overexploitatie of toevallige omstandigheden en zelden het resultaat van een succesvolle uitroeiscampagne. Populaties zijn veel gevoeliger voor manipulatie van hun habitat dan voor manipulatie van de aantallen (Caughley, 1978, Stuyk, 2002). Wanneer populaties gereguleerd worden blijft het habitat intact, waardoor de groeisnelheid van de populatie onaangestast blijft.

Caughley (1978; fig. 6) gaf een theoretisch groeimodel van een populatie met een draagkracht van 1000 dieren en r_m van 0,6. In de bovenste figuur is een constant deel (H) van de populatie met een constante vanginspanning ieder jaar weggevangen. Dit leidt tot een stabilisatie van de aantallen op een lager niveau afhankelijk van het aandeel dat wordt geoogst. Zolang de vangst niet uitstijgt boven r_m blijft de populatie bestaan, daarboven sterft de populatie uit.

In de onderste figuur is een constant aantal (C) weggevangen waarbij de vanginspanning toeneemt wanneer de populatie afneemt. Het oogsten van een constant aantal dieren leidt tot een stabilisatie van de aantallen afhankelijk van het deel dat wordt weggevangen.

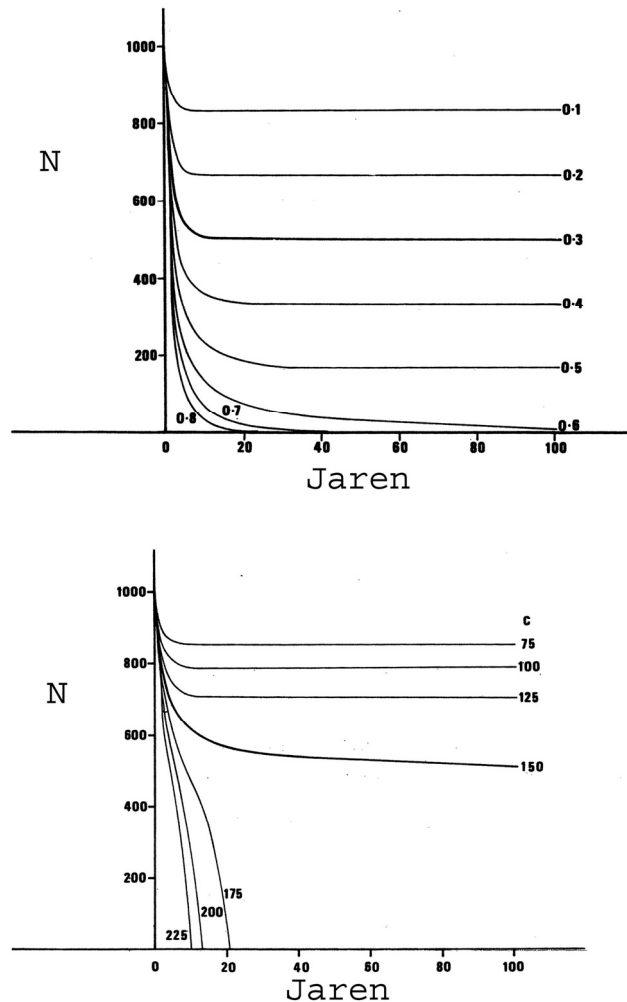
Voor de bovenste figuur berekende Caughley (1978) de benodigde vanginspanning om deze populatie uit te roeien. Hij gaat uit van 1 manjaar aan jachtinspanning om een oogst van $H=0,1$ te realiseren. H moet hoger liggen dan $r_m = 0,6$ om de populatie uit te roeien. Voor $H=0,65$ zijn 6.5 man/jaar nodig die er 72 jaar over doen om deze kleine modelpopulatie uit te roeien. In totaal zijn dan 468 manjaren nodig. Bij $H=0,7$ volgt extinctie na 42 jaar en zijn 294 manjaren nodig, bij $H=0,8$ zijn 184 manjaren nodig. Het model gaat uit van een constante vanginspanning voor het aandeel van de populatie dat wordt verwijderd. In realiteit neemt de vanginspanning toe bij lage dichtheden. Voor de bestrijding van de muskusrat is op dit moment onduidelijk hoe groot H is. Daarnaast kan r_m bij muskusratten veelal hoger zijn dan 0,6, wat een grotere inspanning vereist. Voor knaagdieren ligt r_m veelal tussen de 3 en 4.

Deze modelexercitie maakt inzichtelijk dat het (lokaal) uitroeien van een populatie muskusratten kostbaar is en in de meeste gevallen onhaalbaar (terugbrengen naar een lager niveau is uiteraard wel haalbaar).

Het hier gegeven theoretische beeld gaat tevens uit van een geïsoleerde populatie, zoals zich dat indertijd in Engeland voordeed. In deze eilandsituatie slaagde men er in de zich ontwikkelende muskusrattenpopulatie, dankzij een grote inspanning, uit te roeien (o.a. Moens, 1991).

Voor een controlecampagne, zoals de bestrijding van muskusratten, is het dan ook van belang om het kosten-batenplaatje inzichtelijk te maken. Het voordeel om de

populatie-dichtheid op een bepaald niveau te houden moet worden afgewogen tegen de kosten die dit met zich meebrengt. Dit kan alleen worden gedaan door de kosten te berekenen op basis van de inspanning die nodig is om het benodigde deel van de populatie te verwijderen (H) op basis van r_m en K .



Figuur 6. Trend in de populatiegrootte (N) wanneer een constant deel van de populatie wordt verwijderd (bovenste figuur) en wanneer een constant aantal wordt verwijderd (onderste figuur) (naar Caughley, 1978)

6.1.2 Het huidige populatiebeheer

De analyse van de populatieontwikkeling beperkt zich bij de huidige bestrijding tot het aantal vangsten/uur en per km waterweg als relatieve maat voor de populatieontwikkeling. Door verschillen in bestrijdingswijzen tussen rayons en binnen rayons en tussen natuurgebied en landbouwgebied en in vangstrategieën (bijv. aantal gebruikte vallen, opstelling van vallen en aantal bestede uren) is met deze meting een betrouwbare analyse van het effect van de bestrijding op de populatieomvang niet goed mogelijk. Alleen onder bepaalde voorwaarden kan slechts een indicatie over dichtheden worden verkregen (Niewold, 1992b, van Vliet et al., 2003).

Naarmate de populatiegrootte toeneemt, zal het aantal vangsten toe- en het aantal benodigde uren om een bepaald aantal dieren te vangen afnemen (fig.6). Met betrekking tot het aantal uren is het biotoop waarin gespeurd wordt van belang. Moerassen of natuurvriendelijke oevers zijn daarbij moeilijker te speuren dan een landbouwperceel. Ten tweede geldt bij de norm van $<0,25$ v/u de voorwaarde dat het vangen van een dier niet interfereert met het vangen van andere dieren. De vangkans zal bij gebruik van een klem afnemen wanneer een dier in een val komt, waardoor het verloop van het aantal vangsten per uur in relatie tot de dichtheid dan ook niet lineair is. Het verband tussen het percentage vangende vallen (f) (N vangsten/uitgezette N vallen) en de dichtheid (x) wordt gegeven door $1-f=e^{-x}$ (Caughley, 1978). Wanneer $f < 0,2$ is het verband met dichtheid lineair, daarboven lopen dichtheid en f snel uiteen waardoor het aantal vangsten/uur geen betrouwbare dichtheidsmaat meer is.

Een andere zwakke schakel bij de gehanteerde index is de mate van inspanning, die het aantal uren aangeeft dat een bestrijder actief is geweest in een bepaald gebied. De opgave wil niet altijd zeggen dat dit gehele gebied is onderzocht en afgevangen. Bovendien wordt geen inzicht verkregen in het aantal vangmiddelen dat hier werd toegepast.

6.1.3 De populatiemeting

Het bepalen van de absolute populatiegrootte muskusratten is alleen plaatselijk onder geschikte habitatomstandigheden mogelijk (4.1). Een gestandaardiseerde methode om jaarlijks de relatieve abundantie te bepalen verdient daarom de voorkeur. Hiertoe kunnen jaarlijkse tellingen gehouden worden per rayon in steeds dezelfde transecten of blokken per habitatype. Hierbij worden de bewoonde verblijven (hutten/bouwen) in kaart gebracht (gps coördinaten) en wordt het aantal verblijven per ha of meter waterweg berekend per habitatype. Door replicatie van transecten of blokken per habitatype is extrapolatie mogelijk naar het gehele rayon en eventueel naar heel Nederland. Wanneer per gebied schattingen mogelijk zijn van het aantal vangsten per verblijf (gem $\pm$ sd) kan daarmee de populatiegrootte worden bepaald en kan een trend in het aantalverloop door de jaren heen worden verkregen. Simultaan met de tellingen kan schade op een gestandaardiseerde manier in kaart worden gebracht.

In het voorjaar, voordat voortplanting plaatsvindt, is de stand het laagst. De paartjes vestigen zich op één locatie (Doude van Troostwijk, 1976, Proulx & Gilbert, 1983, Verkaik, 1991, Niewold, 1992b). De maanden april-mei is dan de aangewezen periode voor een populatieschatting (4.1).

Een andere methode om een index voor het aantal aanwezige muskusratten te verkrijgen werd in Amerika toegepast (Engeman & Whisson, 2003). Waarnemers gaan 's avonds tegen schemer, wanneer de dieren actief worden, op bepaalde plaatsen voor een bepaalde tijd posten. Alle waargenomen muskusratten worden geteld en een index is vast te stellen voor een bepaald seizoen en locatie.

Een schatting van het aantal dieren in een bepaald gebied is ook te berekenen op basis van vang-merk-terugvang. Voorwaarden bij deze methode zijn: gemerkte en ongemerkte dieren worden *ad random* gevangen (hebben gelijke vangkans), gemerkte dieren hebben dezelfde mortaliteitskans en merken worden niet verloren of niet over het hoofd gezien. Voordeel van deze methode is dat niet alleen een dichtheid-schatting kan worden verkregen maar ook geboorte en sterfte ratio's kunnen worden bepaald (Verkaik, 1991).

Een alternatieve methode is de door Doude van Troostwijk (1976) voorgestelde analyse van vangstgegevens op basis van Leslie (Leslie & Davis, 1939). Aangezien populaties aan veranderingen onderhevig zijn door geboortes, sterfte en migratie kan alleen binnen een korte periode in mei een analyse worden gedaan van vangstresultaten. Op basis van de vangsten in deze periode kan een indicatie worden verkregen van de aanwezige populatie. Aannames bij de berekening zijn:

- geen migratie, sterfte en geboortes;
- geen variatie in vangkans tussen periodes en een constante vangstintensiteit;
- geen variatie in de tijdstippen van controle van vangmiddelen.

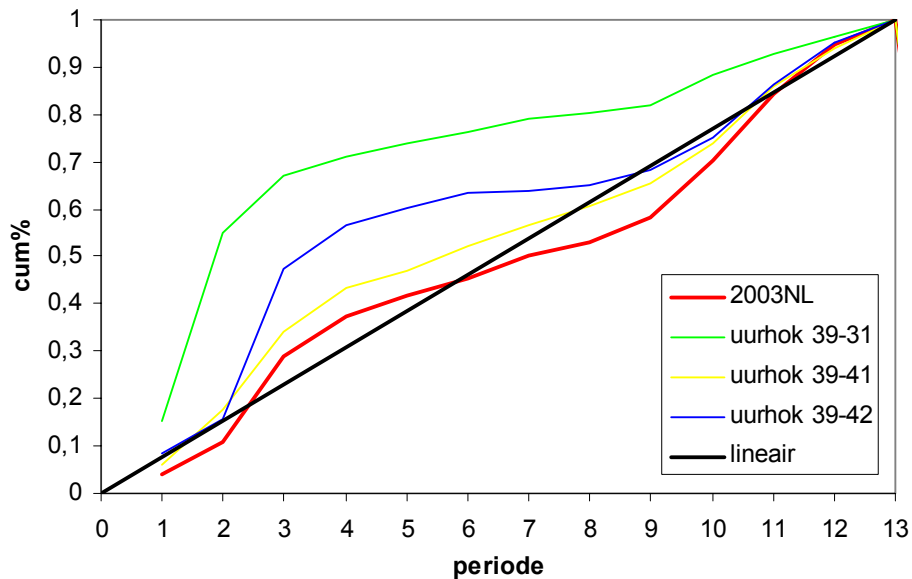
Binnen de huidige bestrijding wordt aan deze voorwaarden niet voldaan en daardoor is deze analyse niet bruikbaar. Wanneer aan bovenstaande voorwaarden wordt voldaan en registratie in een korte periode op weekbasis plaatsvindt, kan met Leslie's methode op basis van het aantal vangsten en het cumulatieve totaal een schatting worden verkregen van de aanwezige populatie.

6.1.4 Analyse vanginspanning en populatiebeheer

Op basis van de bestaande registratie is het mogelijk om een analyse van de vanginspanning van de bestrijding door het jaar heen te beoordelen. In figuur 7 is het cumulatieve percentage van de vangsten uitgezet tegen de vier wekelijkse perioden, die geregistreerd worden. Wanneer het cumulatief aantal vangsten onder het lineaire verband daalt, neemt het aantal vangsten toe in de tijd en is de bestrijding niet efficiënt (Doude van Troostwijk, 1976). Hieruit blijkt dat het aantal vangsten per jaar in Nederland in 2003 vrijwel constant verdeeld was over de tijd en dat de bestrijding niet efficiënt was. In de uurhokken die bijvoorbeeld door het Waterschap Rivierenland werden bestreden lag echter de grootste druk op de populatie in het voorjaar waardoor relatief veel reproductieve dieren zijn gevangen en de aanwas in dat jaar beperkt was. Hier was sprake van een effectieve bestrijdingsinzet in de loop van het jaar.

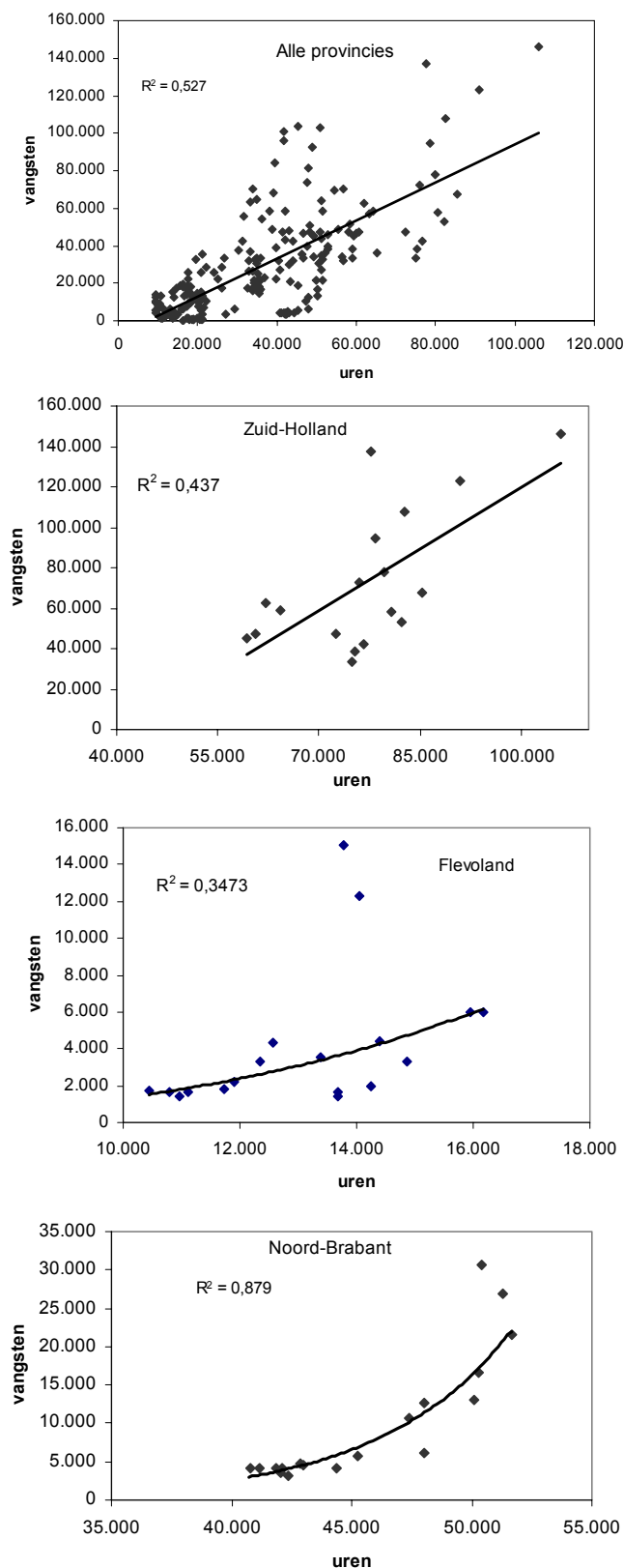
Wanneer de muskusrattenpopulatie door een vlakdekkende bestrijding onder de 0,25 v/u daalt, kan worden volstaan met een reductie van de vanginspanning. Hoe groot die reductie is hangt af van de biotoop waarin gevangen wordt en de aantallen muskusratten in het aangrenzende gebied. In Noord-Brabant werden in 2004 ca 20% minder velduren ten opzichte van het topjaar 1989 gemaakt bij een vangst van ca. 4.000 muskusratten van 2000-2003 (0,1 v/u). Dit zou kunnen betekenen dat bij een

laag populatieniveau kan worden volstaan met naar verwachting 20-30% minder uren.



Figuur 7. Cumulatief percentage van de vangsten in 2003 per periode van 4 weken in heel Nederland en in waterschap Rivierenland (uurhok 39-31, 39-41, 39-42)(bron: Registratiesysteem muskussurtenbestrijding (DEA)).

Het verband tussen de jaarlijkse vangsten en geleverde uurinspanning per provincie laat globaal eveneens een lagere vanginspanning bij lagere vangsten zien (fig. 8). Dit verband was echter niet echt duidelijk vanwege o.a. de grote verschillen per provincie. Alleen voor Noord-Brabant bleek er een significant verband. De relatie leek eerder exponentieel dan rechtlijnig te zijn. Bij hogere aantallen lijken de vangsten bij een geringe verhoging van de inspanning snel te kunnen oplopen. Er lijkt ook sprake van een extra inspanning. Bij lage dichtheden zullen bij verder afnemen van de inspanning mogelijk de vangsten weer kunnen gaan toenemen.



Figuur 8. Verband tussen de vangsten van muskusratten en de geleverde inspanning in uren van de bestrijders per jaar en provincie (bron: Registratiesysteem muskusrattenbestrijding (DFA)). Weergegeven is de best passende curve voor het verband met de R^2 .

6.2 Schadewerende maatregelen

In de afgelopen periode is er steeds een groot beroep gedaan op de vlakdekkend uitgevoerde bestrijding, waardoor er weinig aandacht is geweest voor de ontwikkeling van muskusratwerende maatregelen voor waterkeringen. Er zijn in de jaren tachtig wel een aantal experimenten uitgevoerd met diverse typen oeverconstructies tegen graverij, maar deze zijn nauwelijks bijgehouden of uitgebreid (o.a. Sessink, 1986, van Oostenbrugge, 1988). Ook bij de constructies van natuurvriendelijke oevers, waarvan het aantal kilometers zich jaarlijks uitbreidt in het kader van de EHS, wordt nauwelijks rekening gehouden met het voorkomen van graverij door muskusratten.

De laatste jaren zijn opnieuw een aantal initiatieven genomen door de noodzaak voor verhoging en versteviging van de waterkeringen in ons land. Het toepassen van muskusratwerende maatregelen is maatwerk en verschilt per waterkering (TAW, 1981).

Een eerste vereiste voor graafwerk door muskusratten en andere gravende oeverbewonende zoogdieren, waaronder woelratten, bruine ratten en bevers, is het direct grenzen van de waterkering aan meer permanent, dieper water. Veel rivierdijken en ook kaden grenzen niet direct aan water. Voor een meer duurzame oplossing van het veiligheidsprobleem zal er meer aandacht moeten worden geschonken aan de mogelijkheden om permanent water langs rivierdijken en ook kaden 10-15 m te verleggen.

Daarnaast dient de oever van een waterkering of kade bij voorkeur niet steil te zijn. Het is aan te bevelen om aan de waterkant een hellingshoek te hebben van 3:1, aan de landzijde 2:1 met een kruinbreedte van minimaal 2,4 m en een hoogte van minimaal 91 cm boven het waterpeil (Miller, 1994).

Beplanting of het laten groeien van struiken en bomen (els en wilg) langs oevers zou mogelijk ook bescherming bieden tegen afkalving door graverij. Bovendien zal een met geboomte begroeide oever minder aantrekkelijk zijn voor muskusratten. Dit zou samen moeten gaan met verbreding van de oevers (Schröpper et al., 1989 in: Halle et al., 1990). Het schadewerende effect zal verder nog nader dienen te worden onderzocht.

Dijken en ook kaden zijn ter beveiliging tegen stroming en golfslag op kwetsbare plaatsen voorzien van harde materialen zoals steenkorven, bazaltblokken, stortstenen, puin en kleinere stenen, asfalt, etc. Deze beveiliging voorkomt ook dikwijls ernstige graverij door muskusratten en zou op bepaalde locaties kunnen worden toegepast. Oevers kunnen ook tegen de graverij van muskusratten worden beschermd door stalen, betonnen en hardhouten damwanden.

Een andere optie is om vooral in kades loodrecht tot ca. 50 cm onder de waterspiegel beton of ander werend materiaal aan te brengen (Miller, 1994). Overigens is dit niet overal mogelijk omdat een waterkering hierdoor als het ware in tweeën gesplitst wordt met het risico op afschuiven van de teen van een dijk of kade.

Recent worden steeds vaker als oeverbescherming allerlei soorten van doeken toegepast, die wel of niet onder stortstenen gelegen, ook muskusratwerende eigenschappen bleken te bezitten (o.a. Krol et al., 2002).

In Boskoop en in Friesland zijn experimenten uitgevoerd voor korte tracés met verschillende typen van kunststofmatten en gaas. Ook al waren de aangebrachte constructies door een niet adequate aanbrenging, niet overal geheel muskusratwerend, ze voorkwamen toch belangrijke schade (N. Bosma schrift. meded., eigen waarneming).

In Friesland is over een langer kadetracé buideldoek aangebracht. Deze constructie houdt zich al ca 15 jaar uitstekend en is tevens natuurvriendelijk. In hoeverre de verschillende typen van oevertmatten niet alleen graverijwerend zijn, maar ook bijvoorbeeld bij hoge dichtheden graverij voorkomen is nog onduidelijk.

Het aanbrengen van roestvrijstalen gaas in de oevertalud met een dikte van 1,7 mm en een maximum maaswijdte van 50x50 mm is eveneens een optie en is hier en daar toegepast (van Bavel et al., 2003).

Dikwijls werd bij dit soort maatregelen pas in de eindfase rekening gehouden met de aanwezigheid van muskusratten. Registratie van de houdbaarheid en effectiviteit van dergelijke werende middelen vond in het verleden niet plaats. Wel werd waargenomen dat muskusratten onder de constructie doorgroeven of zijdelings achter de constructies terecht kwamen. In hoeverre de schadefrequentie en de aard van de schade op termijn door deze maatregelen afnam was niet bekend.

Bij oevers zonder natuurfunctie was een beschoeiing van meer dan 40 cm boven de hoogst bekende waterstand voldoende om graverij achter de beschoeiing te voorkomen. Oevers met een natuurfunctie zouden beveiligd kunnen worden met gaas of door plaatsing van een damwand op ca. 1 m achter de natuurvriendelijke vooroever (TAW, 1981). Binnen het kader van de uitvoering van natuurvriendelijke oevers bestaan verder mogelijkheden om rekening te houden met graverij van muskusratten.

6.2.1 Conclusie

Het aanbrengen van muskusratwerende voorzieningen is de enige duurzame oplossing voor het uitbannen van risico's voor de veiligheid van waterkeringen. In het verleden is hiervoor te weinig aandacht geweest. Het kostenaspect lijkt een nadeel van veel van deze opties, maar bij ruimere toepassing en verder onderzoek kunnen ook de kosten worden gedrukt. In eerste instantie zullen deze maatregelen kunnen worden toegepast bij vernieuwing of herstel van waterkeringen en op kwetsbaar gebleken posities. Bij lage dichtheden muskusratten zal al een geringe belemmering van de graafmogelijkheden resulteren in verplaatsing van graverij naar makkelijker toegankelijke plekken.

Een kosten-batenanalyse zal nuttige informatie over de toepassingsmogelijkheden kunnen verstrekken. Daarbij zullen tevens aspecten van veiligheid en aanwezigheid van andere gravende dieren moeten worden meegewogen.

6.3 Alternatieve bestrijdingsmethoden

6.3.1 Bestrijdingswijzen en –tactieken

Gebruik van vangmiddelen

Het gebruik van vangmiddelen bij de bestrijding wordt veel toegepast, zowel in Europa als in Amerika, en is het meest gangbaar bij de huidige vlakdekkende bestrijding in ons land. Er zijn vangmiddelen die de plaatselijk aanwezige dieren vangen, zoals verschillende typen klemmen, als vangmiddelen die doortrekkende muskusratten bemachtigen, zoals verschillende typen van fuiken. Een nadeel van veel vangmiddelen is dat ze niet selectief zijn voor de te vangen soort (van Vliet et al., 2003).

Een in Amerika in gebruik zijnde inloophokje is tijdens een experiment in Zeeland en Noord-Brabant met weinig succes toegepast. Met een aangepaste versie lijkt een proef in Zuid-Holland beter te verlopen (F.K.N. Barends, H. Hofstede). Het voordeel van deze methode is dat maatwerk kan worden geleverd en bijvangsten kunnen worden vrijgelaten. Voor grote gebieden is deze methode echter mogelijk te arbeidsintensief, maar ook dit moet nog blijken.

Chemische bestrijding

Het toepassen van pesticiden is een vrij efficiënte methode om grote terreinen te bewerken (Stuyck, 2002). In West- en Oost-Vlaanderen werden muskusratten eind jaren 1980 en begin jaren 1990 grote hoeveelheden lokaas, bestaande uit wortels met chlorofacinon (anticoagulans), gebruikt om de muskusrat te bestrijden. Ondanks de veelal geringe bestrijdingscapaciteit werden behoorlijke resultaten behaald. Voordeel van deze methode zijn de geringe kosten. Er is geen duur vangmateriaal nodig en een bestrijder heeft minder controledagen nodig, waardoor met een kleiner budget meer kan worden gedaan. Belangrijk nadeel is dat pesticiden niet soortspecifiek werken. Ook niet-doelsoorten, waaronder veel kleine knaagdieren en ook predatoren en vogels, worden het slachtoffer. Tegenwoordig is het in Vlaanderen dan ook verboden om pesticiden op openbare plaatsen (parken, wegranden, natuurgebied etc) toe te passen en wordt teruggevallen op de mechanische bestrijding. Een ander nadeel is dat geen inzicht wordt verkregen in de aantallen gedode dieren en het sterfproces lang duurt.

In verschillende gebieden van Amerika, Frankrijk en Wallonië wordt chemische bestrijding aanbevolen en ook toegepast.

Conform artikel 67 en 72 van de Flora- en Faunawet en conform art. 5, van de Bestrijdingsmiddelenwet (1962), is chemische bestrijding niet toegestaan. Provincies staan klemmen, vangkooien en fuiken toe en sommige provincies ook vuurwapens.

In ons land mag chemische bestrijding van de bruine rat buiten worden toegepast met speciale vergunningen. Het is daarom toch de moeite waard om deze vorm van bestrijding nog eens onder de loep te nemen, waarbij voor toepassing gedacht moet worden aan specifieke situaties, zoals slecht toegankelijke omstandigheden met gering risico voor andere soorten.

Beperking vruchtbaarheid

Anticonceptie kan een veilig en doeltreffend middel zijn om aantallen hoefdieren te reguleren. Bij deze dieren wordt door een injectie na vangst of met een biokogel een hormoon toegediend, waardoor zwangerschappen voor een bepaalde periode worden voorkomen (Groot Bruinderink et al., 1999). Wanneer toediening na vangst op grote schaal niet mogelijk is zal dit moeten gebeuren door bijvoorbeeld opname via lokaas. Deze methode verkeert in zijn algemeenheid nog in een verkennende fase, maar zou wel perspectief bieden (Smith et al., 2002). Vooral in Australië wordt veel onderzoek verricht en er zijn experimenten uitgevoerd voor toepassing bij vossen.

Volgens Stuyk (2002) zou deze methode (nog) niet toepasbaar zijn voor muskusratten. Een belangrijk probleem is de selectiviteit van zowel de verstrekking van het lokaas als het middel. Er zullen, evenals bij de chemische bestrijding, daarbij ook andere diersoorten van het lokaas gebruik kunnen maken.

Biologische bestrijding

Er komen onder muskusratten tal van ziektekiemen en parasieten voor, die een negatief effect kunnen hebben op de aantallen (2.1). Doude van Troostwijk (1976, 1988) vond dat het voorkomen van lintwormen *Taenia taeniaeformis* de reproductie met ca 16% kon verlagen. Tevens werd de voortplanting vertraagd en verdwenen de oudere zwaar besmette dieren (Moens, 1991). Daarop werd het voorstel gedaan door Moens (1991) om dit soort parasieten en ziektekiemen in te zetten bij de natuurlijke bestrijding. Dikwijls zijn deze parasieten echter niet echt soortspecifiek. Onduidelijk is wat de mogelijke bijkomende gevolgen zijn voor bijvoorbeeld de volksgezondheid en andere diersoorten.

In een recent onderzoek naar het voorkomen van parasieten in Nederlandse muskusratten vonden Borgsteede et al. (2003) nog steeds hoge percentages besmetting met verschillende soorten lintwormen, waaronder recent met een gering besmettingspercentage de gevreesde vossenlintworm *Echinococcus multilocularis*.

Bij konijnen hebben ziekten als Myxomatose en het viraal Haemorrhagisch Syndroom op grote schaal populaties gedecimeerd. Daarvan is in Australië gebruik gemaakt door actieve verspreiding van deze ziekten. Toch ontstaat hierbij immuniteit of aanpassing van virussen, waardoor op termijn het effect mogelijk veel geringer zal zijn en herstel van populaties optreedt (van Breukelen et al., 2005, Witte, 2005).

Vooraf Amerikaanse nertsen en vossen zouden door predatie een belangrijke invloed kunnen uitoefenen op muskusratpopulaties.

Door intensieve jacht waren vossen teruggedrongen tot de zandgronden in het oosten van ons land. Sinds het klemverbod in de jaren 1970 en een verdere tolerantie zijn vossen in ons land weer geleidelijk toegenomen. Nu zijn ze verspreid over het hele land weer aan te treffen (Niewold & Jonkers, 1999). De provinciale overheden verlenen nog steeds ontheffingen voor afschot, waardoor de aantallen plaatselijk worden beperkt.

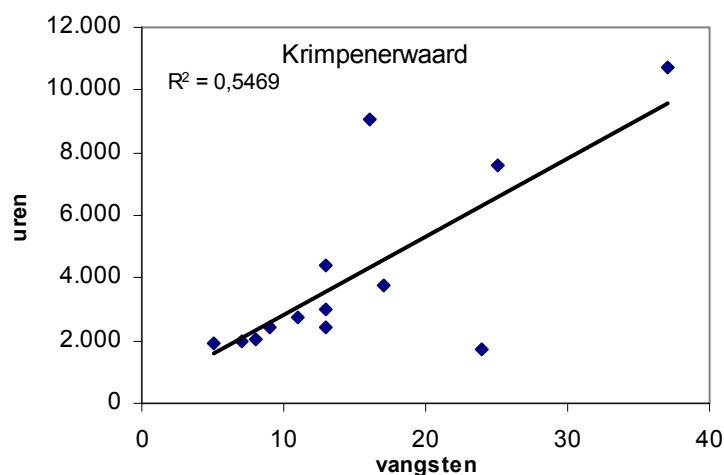
Bij de huidige muskusrattenbestrijding worden Amerikaanse nertsen en ook de bunzing geregeld als bijvangst geregistreerd. Voor de Amerikaanse nerts is dit wellicht de belangrijkste factor voor zijn tot nu toe beperkte voorkomen in ons land (Broekhuizen, 1992, Niewold, 1992a, LCCM, 2003). Deze belangrijke predator van

muskusratten wordt verantwoordelijk gehouden voor decimering van de voormalige muskusratpopulaties in enkele Oost-Europese landen (4.3.). De Amerikaanse nerts heeft echter ook sterke negatieve effecten op inheemse populaties van watervogels, de woelrat en de sterk bedreigde Europese nerts (Brzezinski et al., 2003, Carter et al., 2003, Klees, 2004).

De vangsten van de bunzing kunnen bij inzet van groot materiaal zoals bij piekbestrijdingen, aanzienlijk toenemen (fig. 9). Dit kan betekenen dat vooral bij intensieve bestrijding natuurlijke sterfte door predatie wordt tegengewerkt.

Geconcludeerd kan worden dat het actief verspreiden van ziektekiemen mogelijk tijdelijk zou kunnen functioneren, maar veel nadelen kan opleveren voor andere diersoorten. De betekenis van predatoren bij onderdrukking van muskusratpopulaties wordt door de muskusratbestrijding zelf en door de jacht op predatoren in ons land beperkt.

Bij plaaginsecten wordt biologische bestrijding op grote schaal toegepast, maar er is meer onderzoek nodig naar de mogelijkheden van de biologische bestrijding voor zoogdieren en de muskusrat in het bijzonder.



Figuur 9. De jaarlijkse vangsten van bunzingen bij de muskusrattenbestrijding in de Krimpenerwaard bij oplopende bestrijdingsintensiteit.

Grondgebruikers en bestrijding

Tot nu toe is bestrijding door grondeigenaren door de muskusratbestrijding gezien als het verlenen van hand- en spandiensten vooral bij hoge aantallen muskusratten, zoals in de Krimpenerwaard. In deze setting waren de grondeigenaren dikwijls slechts tijdelijk gemotiveerd voor de bestrijding en dikwijls met weinig resultaat (F. Barends).

Een andere mogelijkheid is om de grondeigenaren totaal verantwoordelijk te laten zijn voor de bestrijding en ook voor de geleden schade, zoals dat ook geldt voor andere diersoorten die bejaagd mogen worden. Professionele bestrijders kunnen dan eventueel door de grondeigenaren worden ingehuurd. Het ondeskundig gebruik van

bepaalde typen vangmiddelen zou kunnen worden voorkomen door alleen vangmiddelen toe te staan die minder deskundigheid bij gebruik vereisen.

Voor schadebestrijding zouden grondeigenaren dus meer activiteiten kunnen ontplooiën. Het gebruik van veel vangmiddelen is daarbij afhankelijk van provinciaal beleid ten aanzien van de Flora- & Faunawet. Om vooral ondeskundig gebruik, met als gevolg bijvangsten, te voorkomen, dienen grondeigenaren bijvoorbeeld een korte instructie te krijgen en zal toezicht aanwezig moeten zijn.

6.3.2 Bestrijdingsplannen en –strategieën

Verbetering huidige vlakdekkende bestrijdingsmethode

Verschillende factoren en omstandigheden zouden verantwoordelijk zijn voor het onvoldoende functioneren van de huidige vlakdekkende bestrijding. De inzet van onvoldoende mankracht, gebrek aan deskundigheid en onvoldoende motivatie, onvoldoende landelijke aansturing, het ontbreken van begeleidend onderzoek, uitval van bestrijders door (beroeps)ziekten, leeftijd van de bestrijders, weersinvloeden en omstandigheden zoals de MKZ crisis en vogelpest kunnen daarbij worden genoemd (Doude van Troostwijk, 1976, de Jonge et al., 1997, van Vliet et al., 2003, LCCM jaarverslagen).

Bijkomende problemen zijn de gewenning van de muskusratten aan de vele vangmiddelen die permanent uitstaan, de relatief lange perioden tussen controles, waarbij vangmiddelen onklaar kunnen geraken (soms langer dan één week) en de vangsten van niet doelsoorten (Niewold, 1992b, Niewold & Kuiters, 1998, J.L.A.Verburg). Onder invloed van de Flora- en Faunawet, Vogel- en Habitatrichtlijn, en de aanleg van natuurvriendelijke oevers wordt het bovendien steeds moeilijker voor de bestrijding om vlakdekkend in voldoende mate te kunnen opereren om de doelstellingen te halen.

Momenteel wordt jaarrond gevangen met een piek in de vangsten in maart en in oktober t/m december (LCCM, 2004). Er bestaan grote verschillen tussen rayons en provincies in de toegepaste bestrijdingsstrategie en vangmiddelen (Niewold, 1992b, van Vliet et al., 2003).

Verkaik (1991) adviseerde om alleen te bestrijden in het najaar en vroege voorjaar tijdens de trek, waarbij in de nazomer een representatief deel van de populatie kan worden gemerkt om de vangstefficiëntie te bepalen. Wanneer in het voorjaar effectief kan worden bestreden zou kunnen worden volstaan met alleen een voorjaarscampagne. Vangen tijdens de zomermaanden is minder efficiënt omdat deze plaatsvindt in de marge van de natuurlijke sterfte.

Om een populatie muskusratten op hetzelfde niveau te houden stelde Doude van Troostwijk (1976) als minimale eis dat in de periode van maart tot en met mei 50% van de adulte populatie wordt weggevangen. Ook hij attendeerde dus al op de betekenis van de voorjaarsvangst.

Van Vliet et al. (2003) hebben onderzoek verricht naar de optimalisatie van het gebruik van vangmiddelen en het volgen van verschillende vangststrategieën. Gedurende de trekperiodes diende de nadruk te liggen op passieve bestrijding, in de periode waarin een vaste locatie wordt bewoond dient vooral gebruik gemaakt te worden van actieve vangmiddelen. Zij adviseerden om bij een hoge dichtheid meer passieve vangmiddelen te gebruiken, vooral op het grensgebied met gebieden met een lage dichtheid. De inzet van het type vangmiddelen diende te verschillen afhankelijk van gebiedskenmerken en bezettingsgraad. In slecht toegankelijke gebieden met moerasvegetatie of boomwortels zou bij de voorkeur van vlotjes met lokaasklemmen of drijvende Kuiperskooien gebruik moeten worden gemaakt.

Geconcludeerd kan worden dat door een betere toepassing van de verschillende vangmiddelen over het seizoen winst is te behalen. Gestreefd moet worden naar een maximale bestrijdingsdruk op de populatie van maart tot juni. In de rest van het jaar kunnen bijvoorbeeld schadegevoelige objecten worden gecontroleerd. De reparatie en constructie van vangmiddelen kan in de zomermaanden worden uitgevoerd. Tijdens de najaars- en voorjaarsstrek kan met passieve vangmiddelen de intensieve bestrijding weer ter hand worden genomen. De nu gehanteerde norm en index van de vangsten zal daarbij moeten worden losgelaten.

Daarnaast is verbetering van het functioneren van een landsdekkende bestrijding te realiseren door een organisatie met een bindende landelijke aansturing. Binnen de huidige organisatie van provinciale verantwoordelijkheid zou dit mogelijk zijn o.a. door een landelijk vergunningen- en bevoegdhedenbeleid. Het is vooralsnog onduidelijk wat dit zou betekenen voor het benodigde personeelsbestand en wat de consequenties zouden zijn voor de kosten. Daarbij lijkt een landsdekkende bestrijding, tenzij naar uitroeijing wordt gestreefd, niet de meest voor de hand liggende bestrijdingsvorm voor behoud van veilige waterkeringen als belangrijkste doelstelling (Stuyck, 2002, 2.2.).

Geen bestrijding

Bij geen bestrijding bestaat op termijn een grotere kans op veiligheidsproblemen bij waterkeringen (3.3.1). Deze zijn echter bij de huidige vorm van bestrijding ook niet uit te sluiten. Omdat de extra controle en daardoor tijdig herstel bij de huidige bestrijding belangrijke aspecten zijn ter voorkoming van risico's voor de veiligheid van waterkeringen, zou dit aspect kunnen worden overgenomen. Daarnaast zouden schadewerende maatregelen in het pakket moeten worden opgenomen.

Zonder bestrijding zou de stand van muskusratten in eerste instantie gaan toenemen naar een mogelijk hoog niveau (overshoot, 4.3). Intensieve controle is dan nodig, terwijl herstelkosten aan kades en dijken hoger zullen zijn. Op termijn zullen deze kosten mogelijk verminderen, wanneer de populatie zich zal stabiliseren op een lager niveau.

Voor objecten waar de veiligheid in het geding is, zouden hogere kosten voor inspectie en onderhoud geaccepteerd moeten worden. In watergangen zou mogelijk vaker gebaggerd moet worden en het oeverherstel dient frequenter plaats te vinden. Een aanpassing van het landbouwkundig gebruik, door oeverranden tot ca. 2 m onbenut te laten, zou de schade en risico's voor de landbouw kunnen beperken.

Geconcludeerd kan worden uit deze quick scan dat zonder bestrijding van muskusratten het onduidelijk is in hoeverre, ook bij degelijke controles, de risico's voor de veiligheid zullen toenemen. Daarnaast was niet duidelijk te maken in hoeverre de toename van schaden het kostenniveau van een bestrijding zal overtreffen. Het zal daarnaast zeker zo zijn dat er een grote druk komt om te leren leven met de muskusrat. Daarbij zullen de vele mogelijkheden om schaden tegen te gaan kunnen worden ontwikkeld.

Bestrijding bij kwetsbare objecten

Bij deze strategie wordt gekozen voor het principe dat er niet wordt bestreden, tenzij. Dit tenzij zouden dan kwetsbare objecten zijn, die per provincie in kaart moeten worden gebracht. Daarbij kan worden gedacht aan rivierdijken, niet beveiligde boezemkades en polders met extreem veel oeverschade. De te volgen bestrijdingswijze zal afhankelijk zijn van de plaatselijke situatie. Daarnaast zou bij deze strategie gekozen kunnen worden voor het neerleggen van economische schade bij de grondgebruikers.

Bij deze strategie wordt gestreefd naar uitvoering van zo weinig mogelijk vangactiviteiten, bij een tolerabel schadeniveau. Evenals de optie 'geen bestrijding' past dit bestrijdingsplan goed bij de houding van leren leven met de muskusrat als nieuwkomer. Daarnaast zal deze bestrijding onderzoek naar de toepassing van duurzame, muskusratwerende oeverconstructies kunnen stimuleren (Akkermans, 1987, Halle et al., 1990, 6.2).

De objectbestrijding lijkt goed af te stemmen op de huidige denkwijze en organisaties over het beperken van onacceptabele schaden door inheemse plaagsoorten. Hoewel de muskusrat als exoot niet in de Flora- en Faunawet staat genoemd, worden er wel de toegelaten bestrijdingsmiddelen aangegeven. De objectbestrijding is gericht op de vangst van zo weinig mogelijk dieren bij een maximale druk op maatregelen ter voorkoming van schaden. Bovendien kan de organisatie flexibel zijn en eenvoudig op de ontwikkelingen inspelen. Experimenteel onderzoek is nodig om een eventuele uitvoering te concretiseren.

Dambordbestrijding

Bij een zogenaamde dambordbestrijding worden om en om blokken of stroken van ca. 2x2 km of 2 km breed bestreden (Verkaik, 1991). In het niet bestreden gebied zou de groei van de populatie beperkt blijven door voortdurende emigratie naar het aangrenzende, bestreden gebied. Deze methode zou alleen van toepassing kunnen zijn in een betrekkelijk groot en homogeen gebied. Deze strategie werkt niet wanneer zich in het dambord vakken bevinden met put- en bronpopulatie eigenschappen.

Een variant op deze methode zou kunnen zijn om de bestrijding alleen toe te passen in gebieden die kwetsbaar zijn gebleken. Geen bestrijding zou daarbij worden uitgevoerd in gebieden waar muskusratten nauwelijks schade aanrichten (zie hieronder).

Tot nu toe is met deze bestrijding alleen enige ervaring opgedaan in het onderzoek van Verkaik (1991) in de Flevopolder. Verdere experimenten moeten de betekenis van deze methode en de variant nog nader aantonen.

Bestrijding in optimale gebieden

Virgl & Messier (2000) deden gedurende drie jaar onderzoek naar dichtheden, dispersie, groeisnelheden en fitness van een geïsoleerde muskusrattenpopulatie in Canada. Door manipulatie van waterstanden gedurende het voortplantingsseizoen kon het effect van veranderingen in de tijd in habitatgeschiktheid en het effect op demografische parameters van deelpopulaties worden bestudeerd. Hoewel het onderzoek slechts in één gebied is uitgevoerd, leverde het interessante inzichten op in de sturende factoren achter de populatiedynamica van muskusratpopulaties. De groeisnelheid bij draagkracht in marginaal (put) habitat was negatief ($r_m = -0,11$) in goed habitat positief ($r_m = 0,34$), waarbij mortaliteit de sturende factor was. Variatie in de tijd van de habitatkwaliteit door niet dichtheidsafhankelijke factoren leidde in put habitats tot een extinctie van de populatie. Hieruit kon worden geconcludeerd dat bestrijding in marginaal habitat, waar de dichtheden per definitie laag zijn, overbodig is. Gedurende het voortplantingsseizoen bepaalde de juveniele overleving de populatiegrootte, in het najaar vond emigratie plaats van adulten vanuit suboptimaal en marginaal naar goed habitat, waarbij vacante plekken werden gevuld. Juvenielen reageerden verschillend afhankelijk van de condities en vertoonden een korte termijn respons op milieucondities.

Het tijdens de voorjaarsmigratie bestrijden in optimale locaties (bronpopulaties) zou dus een effectieve strategie kunnen zijn. De veronderstelling hierbij is dat deze optimale locaties steeds weer bezet raken, waardoor ook de populaties in suboptimaal gebied (putpopulatie) op een laag peil worden gehouden. Voor het slagen van deze strategie dient het vangsucces ten minste even groot te zijn als de aanwas. Voor de uitvoering en het functioneren van deze variant van objectbestrijding is nader onderzoek vereist.

Alleen voorjaarsbestrijding

De bestrijding in het voorjaar tijdens de voorjaarstrek zou de meeste gevolgen voor de populatie hebben (Doude van Troostwijk, 1976). Wanneer voldoende dieren in deze periode bemachtigd kunnen worden, kan hiermee de populatie op een mogelijk laag niveau worden gehouden (6.1.1). Er zullen ook veel minder dieren worden gevangen, omdat de meeste natuurlijke sterfte dan al heeft plaats gehad. Het is onduidelijk wat de consequenties zijn voor de schade, die de overblijvers kunnen veroorzaken.

In Amerika wordt bij het oogsten van muskusratten wel een maximale vangst van 80% in de winter aangehouden voor het op peil blijven van de populatie. Volgens de rekenmodellen van Doude van Troostwijk (1976) zou er ook in het voorjaar een vergelijkbaar percentage dieren moeten worden gevangen, wil de populatie niet verder groeien. Deze methode zou dan alleen voldoen mits sprake kan zijn van een grote vanginspanning in het voorjaar.

7 Conclusie en aanbevelingen

7.1 Conclusies

Belangrijkste doel van de huidige muskusrattenbestrijding in ons land is te voorkomen dat onveilige situaties ontstaan als gevolg van het gegraveerd en geknaagd van deze diersoort. De bestrijding heeft vooral een preventieve functie (LCCM, 2003). Hieronder volgen de belangrijkste conclusies van de quick scan.

7.1.1 Veiligheid

Op grond van onderzoek dat is uitgevoerd naar mogelijke risico's van doorbraken van waterkeringen na graverijen kan worden geconcludeerd dat er bij de huidige muskusrattenbestrijding geen aanwijzingen zijn voor grote bezorgdheid over de veiligheid van grote waterkeringen langs zee en rivieren. Veel van deze waterkeringen liggen niet langs permanent water of zijn voorzien van robuuste verhardingen, die graverij weren. Een belangrijk neveneffect van de huidige muskusrattenbestrijding is dat bekend is wat de schadegevoelige locaties zijn, dat deze geregeld worden gecontroleerd en dat eventuele schade tijdig wordt gemeld.

Kleinere waterkeringen, zoals diverse soorten kaden, zijn kwetsbaarder voor graverij. Toch geldt ook hier dat bij de huidige muskusrattenbestrijding de risico's tot op heden beheersbaar zijn. Bij mogelijke doorbraken is het risico voor de veiligheid en de kans op economische schade vooral afhankelijk van de waterniveauverschillen, de hoeveelheden water die kunnen overlopen, de aanwezige woningen, en de omvang en het gebruik van de polders.

Gedegen onderzoek naar de aard en omvang van graafschade en de risico's voor waterkeringen, spoordijken en wegen werd tot op heden niet uitgevoerd. Op basis van de bestaande gegevens was een eenduidige uitspraak over de risico's van doorbraak door muskusrattengraverij voor de verschillende typen waterkeringen niet mogelijk.

7.1.2 Economische schade

Systematisch onderzoek naar de aard en omvang van graaf- en vraatschade in relatie tot de dichtheid van muskusratten is tot op heden niet uitgevoerd. Incidenteel zijn wel metingen gedaan, maar deze geven geen eensluidende resultaten. Evenmin zijn op systematische wijze metingen verricht aan schaden en kosten van herstelwerkzaamheden als gevolg van graverij en vraat aan landbouwgewassen door muskusratten. Schattingen over vraatschade, schade door graverij en baggerwerkzaamheden lopen sterk uiteen afhankelijk van het motief voor de berekening en de aannames en waarden van gebruikte parameters. Het objectief voeren van een nut

en noodzaak discussie op basis van de economische aspecten is daarom onmogelijk. Systematische registratie en onderzoek zijn hiertoe van essentieel belang.

Een enigszins betrouwbaar kosten-baten overzicht, berustend op werkelijk gemaakte kosten bij schade, was op basis van deze quick scan niet te maken. De weinige indicatieve berekeningen liepen sterk uiteen en betroffen kleinere, niet representatieve gebieden met verschillende typen van schade. Het was onmogelijk om de schade die de muskusrat veroorzaakt afhankelijk van de dichtheid in beeld te brengen, vanwege het ontbreken van de daarvoor noodzakelijke gegevens.

Er zijn verschillende oorzaken aan te wijzen waarom geen goed beeld kon worden verkregen van het optreden van schade door muskusratten. Bij schade is niet altijd eenduidig de oorzaak te achterhalen. Het herstel van schade wordt meestal uitgevoerd tijdens reguliere werkzaamheden, waardoor de kosten niet apart worden berekend. Bovendien worden schade als gevolg van muskusratten niet apart vastgesteld, omdat ze niet worden vergoed.

7.1.3 Scenario zonder bestrijding

De huidige registratie door de muskusrattenbestrijding geeft onvoldoende houvast bij een bepaling van de dichtheid van muskusratten. De literatuur is niet eenduidig wat betreft de aantallen muskusratten die aanwezig kunnen zijn. Dichtheden worden per ha aangegeven of per km oeverlengte. Dit is overigens een algemeen probleem bij vergelijkingen van dichtheden voor oeverbewonende zoogdieren. Daarnaast worden verschillende meetmomenten (seizoen) gehanteerd, of worden uiteenlopende methoden gebruikt om tot een aantalschatting te komen. Bovendien is veel buitenlandse literatuur niet representatief voor Nederland, omdat het dikwijls om tellingen van winterhutten in moerasgebieden gaat. Naar schatting volgens een model ontwikkeld voor de bestrijding op Zeeuwsch Vlaanderen, zouden in goede muskusratengebieden in het voorjaar ca. 4-8 ex./km waterweg kunnen voorkomen, overeenkomend met maximaal drie paar. Berekend over geheel Nederland zou dit mogelijk één paar/km watergang kunnen zijn.

Op grond van de ontwikkeling van muskusratpopulaties elders kan worden verwacht dat ook in ons land na het staken van de bestrijding een groei van de populaties met een *overshoot* zal optreden. Hiervan is sprake wanneer de populatieomvang tijdelijk boven draagkrachtniveau uitstijgt. Naar verwachting zullen aanvankelijk (lokaal) hoge dichtheden worden bereikt. Het is onzeker of populaties na de aanvankelijke *overshoot* gaan fluctueren, waarbij periodiek hoge aantallen worden bereikt, dan wel dat de populatie zich permanent op een lager niveau stabiliseert.

Verondersteld kan worden dat bij hogere dichtheden de kans op meer graverij in waterkeringen zal toenemen. Dit zou betekenen dat zonder bestrijding meer controle en herstelwerkzaamheden nodig zullen zijn. Bovendien zal graverij in oevers en vraat van oever- en waterplanten en land- en tuinbouwgewassen langs oevers toenemen. Zonder bestrijding van muskusratten lijkt in ons land niet of nauwelijks sprake te

zullen zijn van aantasting van natuurwaarden. Wel kunnen plaatselijk problemen ontstaan voor bepaalde gewenste soorten.

Risico's voor doorbraak van waterkeringen zijn mede afhankelijk van de frequentie en de ernst van de graverij. Ook bij lage dichtheden trad graverij op in kaden. Ofschoon muskusratten dikwijls gebruik maken van al aanwezige bouwen, ligt het voor de hand te veronderstellen dat er meer bouwen zijn bij hogere dichtheden. De ernst van de schade zou mede samenhangen met de verblijfsduur van de dieren, maar hierover kon geen uitsluitsel worden verkregen. Dit zou kunnen betekenen dat zonder bestrijding meer herstelwerkzaamheden nodig zijn.

Een belangrijk aspect is de betekenis die de huidige bestrijding in de loop van de jaren heeft gekregen als melder van optredende schade. Wanneer bestrijding uit zou blijven dient rekening te worden gehouden met vervanging van deze controlefunctie om veiligheidsrisico's uit te sluiten.

7.1.4 Alternatieven voor huidige bestrijding

De huidige bestrijding laat op landelijk niveau te wensen over, omdat de meeste bestrijdingorganisaties onvoldoende controle op de muskusrattenpopulaties hebben. Aangenomen wordt dat daardoor de kans op het ontstaan van onveilige situaties en aanzienlijke schaden niet meer acceptabel is. Daarnaast leidt een grote muskusratpopulatie tot meer vangmiddelen in het veld, meer bijvangsten en hoge kosten (LCCM, 2004). De oorzaken werden binnen deze studie niet in detail onderzocht maar dit rapport geeft wel enig inzicht in mogelijke verbeteringen voor het functioneren van een landsdekkende bestrijding. Er dient gestreefd te worden naar een maximale bestrijdingsdruk op de populatie van maart tot juni. Tijdens de najaars- en voorjaarsstrek kan met passieve vangmiddelen de intensieve bestrijding ter hand worden genomen, zoals ook nu al gebeurt. De nu gehanteerde norm en index van de vangsten zal daarbij moeten worden losgelaten. Het is onduidelijk wat dit zou betekenen voor het benodigde personeelsbestand en wat de consequenties zouden zijn voor de kosten. Gegeven de huidige primaire doelstelling met betrekking tot het behoud van veilige waterkeringen behoeft een landsdekkende bestrijding niet noodzakelijk de meest efficiënte bestrijdingsvorm te zijn.

Er zijn alternatieve bestrijdingstrategieën denkbaar die meer gebruik maken van de kennis van de levenswijze van de muskusrat. Daarbij is tevens het uitgangspunt dat de muskusrat als 'nieuwkomer' permanent aanwezig is. De intensiteit van de bestrijding neemt daarbij toe van 'geen bestrijding', 'dambordbestrijding', 'voorjaarsbestrijding' tot 'objectbestrijding in optimale gebieden en nabij kwetsbare locaties'. Een mogelijke beperking van de bestrijding zou enerzijds lagere kosten met zich mee brengen. Daartegenover staat dat meer moet worden geïnvesteerd in begeleidend onderzoek, inspecties van waterkeringen en duurzame muskusrat- en schadewerende constructies.

Het alternatief dat het dichtst in de buurt komt van de huidige vlakdekkende bestrijding is de objectbestrijding nabij kwetsbare locaties afgestemd op het

voorkomen van onveilige situaties en eventueel grote economische schade. De meest bestrijdingsorganisaties geven hieraan al vorm door prioriteit te leggen bij kwetsbare objecten. Deze aanpak lijkt ook goed in overeenstemming met de huidige denkwijze over het beperken van onacceptabele schade door plaagsoorten en de wetgeving daarover. Het is gericht op het voorkomen van onacceptabele schade en van onveilige situaties met de vangst van zo weinig mogelijk dieren. De organisatie van de bestrijding kan flexibel zijn en goed inspelen op ongewenste ontwikkelingen.

Voor het vaststellen van de bruikbaarheid van alternatieve bestrijdingstechnieken, waaronder chemische bestrijding, beperking van de vruchtbaarheid, bestrijding uitgevoerd door grondeigenaren en biologische bestrijding en alternatieve bestrijdingsstrategieën van muskusratten zou eerst meer onderzoek dienen te worden verricht.

7.2 Aanbevelingen

Deze quick scan maakt duidelijk dat er weinig basisgegevens zijn om tot een goede afweging en concretisering te komen voor de genoemde alternatieve bestrijdingstrategieën en methoden. Het huidige registratiesysteem dient te worden vervangen door een systeem van metingen dat beter is afgestemd op de vragen die voor het opzetten van een doeltreffende bestrijding beantwoord dienen te worden. Alleen dan kan een evenwichtige afweging worden gemaakt ten aanzien van nut en noodzaak en de kosten-baten van de verschillende methoden van bestrijden. Het voordeel om de populatiedichtheid op een bepaald niveau te houden moet daarbij worden afgewogen tegen de kosten die dit met zich meebrengt. Dit kan bijvoorbeeld worden gedaan door de kosten te berekenen op basis van de inspanning die nodig is om het benodigde deel van de populatie te verwijderen op basis van de groeisnelheid van een populatie (r_m) en de draagkracht (K) van een gebied.

Als vervolg op deze quick scan wordt aangedrongen op vaststelling, bijvoorbeeld per rayon, van opgetreden schade en aanwezige populatiedichtheden. Dit levert de mogelijkheid op om op korte termijn (1-2 jaar) een relatie te leggen tussen populatiedichtheid, schade en eventueel inspanning van de bestrijding.

Aanbevolen wordt om enkele proeflocaties van enige omvang aan te wijzen, waarbinnen niet bestreden wordt, mogelijk met uitzondering van aanwezige kwetsbare objecten. Binnen dit gebied zal de populatieontwikkeling en optredende effecten over een lange periode (zolang als nodig wordt geacht, mogelijk ca. 10 jaar) moeten worden gevolgd. Daarbuiten dienen de vangsten en de daarvoor geleverde inspanningen goed te worden geregistreerd. Bovendien verdient het aanbeveling om enkele alternatieve bestrijdingsstrategieën te testen op hun werkzaamheid op een aantal proeflocaties.

Er zal meer inzicht moeten komen in de risico's van graverij door muskusratten in verschillende typen waterkeringen. Daarnaast zal een onderzoek moeten worden

opgezet naar de verschillende mogelijkheden van schadewerende oeverconstructies. Daarbij zullen in eerste instantie de aanwezige initiatieven moeten worden getoetst.

Begeleidend onderzoek zal zich vooral moeten richten op de effectiviteit van verschillende alternatieve bestrijdingswijzen van de muskusrat onder uiteenlopende omstandigheden. Daarbij zal het kosten-baten plaatje, de wijze van doding en de vangst van niet doelsoorten moeten worden meegewogen.

Dankwoord

In opdracht van de LCCM werd een quick scan verkenning uitgevoerd naar nut en noodzaak van de bestrijding van muskusratten in Nederland met mogelijke alternatieven. Bij dit onderzoek werd gebruik gemaakt van literatuur, rapporten, verslagen en bestaande kennis bij de verschillende experts. De landelijke coördinator muskusrattenbestrijding, Jan Gronouwe, begeleidde en ondersteunde het onderzoek van begin tot het einde. De begeleidingscommissie bestaande uit Hans Hofstede, Fred Barends, Rien Gosma, Jan van Rijnsbergen en Leo Wijlaars gaf waardevol commentaar op eerdere concepten van het rapport. De leden van de werkgroep techniek en tactiek van de TCM gaven informatie op hun werkgebied. De provinciale coördinatoren in de muskusrattenbestrijding en enkele Waterschappen gaven inzicht in hun gegevensbestanden. Tijdens bezoeken gaven Hans van Poelwijk (Waterschap Rivierenland), Niek Bosma (Wetterskip Fryslan), Jan Verburg en André van Veen (Provincie Zuid-Holland dienst Muskusrattenbestrijding) tekst en uitleg over de schadeproblematiek binnen hun gebieden.

Sim Broekhuizen, Gerard Jagers op Akkerhuis en Geert Groot Bruinderink (Alterra) gaven waardevol commentaar en informatie en Loek Kuiters voorzag het conceptrapport van aanzienlijke verbeteringen.

Literatuur

- Akkermann, R., 1975. Untersuchungen zur Ökologie und Populationsdynamik des Bisams (*Ondatra zibethicus* L.). Z. Angew. Zool. 62: 173-218.
- Akkermans, R., 1987. Leren leven met de muskusrat. Muskusrat en beheer 7 (2): 6-10.
- Barends, F., 1987. De muskusrat. Een literatuurstudie naar de leefwijze. Provincie Zuid-Holland, Den Haag, Dienst Water en Milieu, afdeling Waterstaatszaken, Bureau Waterschappen. Rapport juli 1987.
- Barends, F., 2000. Dierbestrijding langs de waterkant: muskusrat en beverrat. Neerslag 35(3): 38-44.
- Barends, F.K.N., B. Huisman & J.C. van Tiel, 1991. De vos als predator van de muskusrat in een Nederlands poldergebied. Huid en Haar 10: 167-174.
- Barends, F.K.N., 2002. The muskrat (*Ondatra zibethicus*): expansion and control in the Netherlands. Lutra 45: 97-104.
- Barthelmes, D., 1991. Schwere Frassschaden durch bisamratten (*Ondatra zibethica*) als Ursache für den Gelegeruckgang in mitteleuropäischen Seen. Arch. Nat. schutz Landsch.forsch. 31: 3-18
- Bavel van, K. & H. van Poelwijk, 2003. Veiligheid dijken in relatie tot de muskusrattenbestrijding. Tiel, Waterschap Rivierenland. Notitie oktober 2003.
- Bekker, G.J., 1992. Waterbouwkunde en muskusratten. Muskusrat en beheer 12 (3): 8-11.
- Bestuurscommissie Muskusrattenbestrijding Zuid-Holland, 2003. Jaarverslag 2003.
- Borgstede, F.H.M., J.H. Tibben & J.W.B. van der Giessen, 2003. The muskrat as intermediate host of cestodes in The Netherlands. Veterinary Parasitologie 117: 29-36.
- Breukelen van, L., C. de Jong, M. Drees & J. Dekker, 2005. Virusziekten bij konijnen en hazen. Zoogdier 16: 14-17.
- Broekhuizen, S., B. Hoekstra, V. van Laar, C. Speek & J.R.M. Thissen, 1992. Atlas van Nederlandse zoogdieren. Utrecht, Stichting uitgeverij koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging: 150-155.
- Brooks, R.P. & W.E. Dodge, 1986. Estimation of habitat quality and summer population density for muskrats on a watershed absis. J. Wildl. Manage. 50: 269-273.
- Brzezinski, M. & M. Marzec, 2003. The origin, dispersal and distribution of the American mink in Poland. Acta Theriologica 48: 505-514.
- Carter, S.P. & P.W. Bright, 2003. Reedbeds as refuges for watervoles from predation by introduced mink. Biological Conservation 111: 371-376.
- Caughley, G., 1970. Eruption of ungulate populations with emphasis on Himalayan thar in New Zealand. Ecology 51: 53-72.
- Caughley, G., 1978. Analysis of vertebrate populations. John Wiley & Sons, Chichester.
- CBS, 1988. Onderhoud watergangen. Staatsuitgeverij, 's-Gravenhage.
- Clark, W.R. & D.W. Kroeker, 1993. Population dynamics in experimental marshes at Delta, Manitoba. Can. J. Zool. 71: 1620-1628.

- Connors, L.M., E. Kiviat, P.M. Groffman & R.S. Ostfeld, 2000. Muskrat (*Ondatra zibethicus*) disturbance to vegetation potential net nitrogen mineralization and nitrification in a freshwater tidal marsh. *Amer. Midl. Nat.* 143:53-63.
- Danell, K., 1978. Population dynamics of the muskrat in a shallow Swedish lake. *J. Anim. Ecol.* 47: 697-709
- Danell, K., 1996. Introductions of aquatic rodents: lessons of the muskrat *Ondatra zibethicus* invasion. *Wildlife Biol.* 2: 213-220.
- Dienst Muskusrattenbestrijding Zuid-Holland, 1999. Jaarverslag 1998. Den Haag.
- Dienst Muskusrattenbestrijding Zuid-Holland, 2000. Jaarverslag 1999. Den Haag..
- Diggins, T.P. & K.M. Stewart, 2000. Evidence of large change in unionid mussel abundance from selective muskrat predation, as inferred by shell remains left on shore. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 85: 505-520.
- Doude van Troostwijk, W.J., 1976. The musk-rat (*Ondatra zibethicus* L.) in the Netherlands, its ecological aspects and their consequences for man. Proefschrift Rijksuniversiteit Leiden.
- Doude van Troostwijk, W.J., 1988. Enige uitkomsten van het onderzoek naar de muskusrat en de muskusrattenbestrijding in de jaren 1969-1975. *Muskusrat en beheer* 8 (3): 2-7
- DWK Merkblätter, 1997. Bisam, Biber, Nutria. Erkennungsmerkmale und Lebensweisen. Gestaltung und Sicherung gefährdeter Ufer, Deiche und Dämme. Bonn, Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau a. V. Merkblätter zur Wasserwirtschaft 247/1997.
- Ebbinge, B. M. Lok, R. Schrijver, R. Kwak, B. Schuurman & G. Muskens, 2003. Ganzenopvangbeleid Internationale natuurbescherming in de landbouwpraktijk. Alterra-rapport 792, Wageningen.
- Engeman, R.M. & D.A. Whisson, 2003. A visual method for indexing muskrat populations. *International Biodeterioration and Biodegradation* 52: 101-106.
- Erb, J., N.C. Stenseth & M.S. Boyce, 2000. Geographic variation in population cycles of Canadian muskrats (*Ondatra zibethicus*). *Can. J. Zool.* 78: 1009-1016.
- Errington, P.L., 1963. Muskrat populations. Iowa state University Press, Ames.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A., 1987. Wilde ganzen en cultuurgrasland in Nederland. Wageningen, Centrum voor Agrobiologisch Onderzoek. CABO-publikatie 422.
- Groot Bruinderink, G.W.T.A., D.R. Lammertsma, K. Kramer, S. Wijdeven, J.M. Baveco, A.T. Kuiters, P. Cornelissen, J.Th. Vulink, H.H.T. Prins, S.E. van Wieren, F. de Roder & V. Wigbels, 1999. Dynamische interacties tussen hoefdieren en vegetatie in de Oostvaardersplassen. Wageningen, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. IBN-rapport 436.
- Gryseels, M., 1988. Effecten van muskusrattenvraat in een verruigd rietland (De Blankaart te Woumen, België). *De Levende Natuur* 5: 136-142.
- Halle, S. & H.J. Pelz, 1990. Zur Effizierung der Bekämpfung des Bisams anhand von Fangdaten aus dem Land Bremen. *Z. angew. Zool.* 77: 205-218.
- Handboek voor de rundveehouderij, 1980. Proefstation voor de rundveehouderij, Lelystad.
- Hartman, G., 2003. Irruptive population development of European beaver in southwest Sweden. *Lutra* 46 (2): 103-109.
- Heine, M. & G. van der Velde, 1978. De muskusrat in de Ooypolder bij Nijmegen en zijn invloed op de nymphaeide vegetaties. *De Levende Natuur* 81: 122-128.

- Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, 1986. Schadegevallen in boezemkaden van de afdeling overwaard veroorzaakt door muskusratten.
- Hoogheemraadschap van de Alblasserwaard en de Vijfheerenlanden, 1988. Onderzoek naar de invloed van een ingegraven gaasscherp op graafschade door muskusratten. Provincie Zuid-Holland, Dienst water en milieu, district rivierenland, Sliedrecht.
- Jacob, J.C., 2003. Die Wiederansiedlung des Bibers in den elsässischen und badischen Rheinauen. *Carolina* 60: 107-112.
- Jonge, E.W. de & M.A. Tilstra, 1997. Knelpunten muskusrattenbestrijding in Nederland. Den Haag, De Jonge Water en Milieu. 16 p.
- Klees, D., 2004. Sterft 'onze' nerts uit? *Zoogdier* 15 (3): 3-8.
- Korevaar, H., 1986. Productie en voederwaarde van gras bij gebruiks- en bemestingsbeperkingen voor natuurbeheer. Rapport nr. 101, Proefstation voor de rundveehouderij, schapehouderij en paardenhouderij, Lelystad.
- Krol, J. & N. Bosma, 2002. Advies i.v.m. toepassing muskusrattenwerend doek. Leeuwarden, Wetterskip Fryslan. Advies aan hoofden Friese Waterschappen, 03-12-2002..
- LCCM, 2000. Landelijk jaarverslag 1999 muskusrattenbestrijding.
- LCCM, 2001. Landelijk jaarverslag 2000 muskusrattenbestrijding.
- LCCM, 2002. Landelijk jaarverslag 2001 muskusrattenbestrijding.
- LCCM, 2003. Landelijk jaarverslag 2002 muskusrattenbestrijding.
- LCCM, 2004. Landelijk jaarverslag 2003 muskusrattenbestrijding.
- Le Boulangé, E. & P.Y. Le Boulangé, 1981. Ecological study of a muskrat population. *Acta Theriol.* 26: 47-82.
- Leslie, P.H. & D.H.S. Davis, 1939. An attempt to determine the absolute number of rats on a given area. *J. Anim. Ecol.* 8: 94-113.
- Litjens, B.E.J., 1973. Inventarisatie aantasting en grondverzet door muskusrat. Bijlage bij notitie OM 81-20.
- Litjens, B.E.J., 1981. Damage by musk-rats in agriculture. E.P.P.O Working party on the musk-rat.
- Miller, J.E., 1994. Muskrats: prevention and control of wildlife damage. USDA extension service natural resources and rural development, Washington.
- Mitchell-Jones, A.J., G. Amori, W. Bogdanowicz, B. Kryštufek, P.J.H. Reijnders, F. Spitzenberger, M. Stubbe, J.B.M. Thissen, V. Vohralik & J. Zima, 1999. The Atlas of European mammals. London, T. & A.D. Poyser Ltd.
- Moens, R., 1991. Bestrijding van muskusratten met wormen? *Zoogdier* 91: 16-21.
- Muskusrattenbestrijding Zuid-Holland, 1996. Jaarverslag 1995. Den Haag.
- Niewold, F., 1993. Wordt de woelrat zeldzaam? *Zoogdier* 93/4 (4): 14-18.
- Niewold, F., 2002. Het perspectief van de otter en andere oeverbewonende zoogdieren bij de bisam- en nutriabestrijding. De bestrijding onder de loep. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-notitie, februari 2002. 17p.
- Niewold, F.J.J. & A.T. Kuiters, 1998. Ontwikkelingen bij de bestrijding van muskusratten en beverratten. Wageningen, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO). Notitie afdeling Dierecologie. 9p.

- Niewold, F.J.J. & D.A. Jonkers, 1999. Ruim baan voor de vos. Gevolgen voor grote natuurgebieden en het landelijk gebied. Wageningen, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek (IBN-DLO). IBN-rapport 447. 92p.
- Niewold, F.J.J. & D.R. Lammertsma, 2000. Beverratten in opmars. Wageningen, Alterra, Research Instituut voor de Groene Ruimte. Alterra-rapport 140. 91p.
- Niewold, F.J.J., 1992a. Onbedoelde vangsten bij de bestrijding van muskusratten. Arnhem, IBN. IBN-rapport 92/12.
- Niewold, F.J.J., 1992b. Effectiviteit bij de muskusrattenbestrijding. Arnhem, IBN. IBN-rapport 014.
- Oostenbrugge, R. van, 1988. Schade veroorzaakt door de muskusrat. Muskusrat en beheer 8 (3): 11-13
- Onderzoekvisie Muskusrattenbestrijding 1993-1998. 1992. Arnhem, Instituut voor Bos- en Natuuronderzoek. IBN-DLO, Afdeling Dierecologie. 12p.
- PCOM, 1990a. 's-Gravenhage, Permanent college van overleg muskusrattenbestrijding. Jaarverslag 1988.
- PCOM, 1990b. 's-Gravenhage, Permanent college van overleg muskusrattenbestrijding. Jaarverslag 1989.
- PCOM, 1991. 's-Gravenhage, Permanent college van overleg muskusrattenbestrijding. Jaarverslag 1990.
- PCOM 1992. 's-Gravenhage, Permanent college van overleg muskusrattenbestrijding. Jaarverslag 1992.
- Pelikan, J., J. Svoboda & J. Kvet, 1970. On some relations between the production of *Typha latifolia* and a muskrat population. Zool. Listy 19: 303-320.
- Poelwijk van, H., 2004. Berekening graafschade muskus- en beverrat m.b.t. baggerkosten. Tiel, Waterschap Rivierenland. Memo 21 okt 2004.
- Proulx, G. & F.F. Gilbert, 1983. The ecology of the muskrat (*Ondatra zibeticus*) at Luther marsh, Ontario. Can. Field Nat. 97: 377-390
- Provincie Noord-Brabant, 1989. Muskusrattenbestrijding. Jaarverslag 1989.
- Provincie Noord-Brabant, 1997. Muskusrattenbestrijding. Jaarverslag 1997.
- Provincie Noord-Brabant, 1998. Muskusrattenbestrijding. Jaarverslag 1998.
- Rajsky, D. & M. Rajsky, 2003. Occurrence of cysticercosis (*Cysticercus fasciolaris*) in the muskrat on Slovakia. Slovensky Veterinarski Casopis 28: 42-44.
- Rechtbank 's-Gravenhage, 2004. Sector civiel recht-enkelvoudige Kamer. Rolnummer 03/2712 24 nov. 2004. 6p.
- Schröpfer, R., 2003. The European beaver and the neozoa- a new semiaquatic mammalian community. Arnhem, Third international Beaver Symposium. Abstracts: 33.
- Sessink, J.T.M., 1986. Een muskusrat-veilige oeverbeschermingsconstructie. Waterschapsbelangen 71 (19): 562-567.
- Szalay de, F.A. & W. Cassidy, 2001. Effects of muskrat lodge construction on invertebrate communities in a Great Lakes coastal wetland. The American Midland Naturalist 146 (2): 300-310.
- Smith, G.C. & C.L. Cheeseman, 2002. A mathematical model for the control of diseases in wildlife populations: culling, vaccination and fertility control. Ecological Modelling 150: 45-53.

- Stuyck, J., 2002. De muskusrat (*Ondatra zibethicus*) en de bruine rat (*Rattus norvegicus*) in Vlaanderen: mechanische versus chemische bestrijding. *Lutra* 45: 105-122.
- TAW, 1981. Invloed van de graverij van muskusratten op waterkeringen. Den Haag, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, werkgroep 11, Onderzoek muskusratten.
- TAW, 1984a. Invloed van de graverij van muskusratten op waterkeringen. Den Haag, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, werkgroep 11, Onderzoek muskusratten.
- TAW, 1984b. Invloed van de graverij van muskusratten op waterkeringen. Den Haag, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, werkgroep 11, Onderzoek muskusratten.
- TAW, 1984c. Invloed van de graverij van muskusratten op waterkeringen. Den Haag, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, werkgroep 11, Onderzoek muskusratten.
- TAW, 1985. Invloed van de graverij van muskusratten op waterkeringen. Den Haag, Technische Adviescommissie voor de Waterkeringen, werkgroep 11, Onderzoek muskusratten.
- Ulevicius, A., A. Mickus & R. Madeikyte, 1999. History and present status of semiaquatic mammals in Lithuania. Osnabrück Germany, 111 International Symposium Semiaquatic Mammals and their Habitats. Abstracts: 44.
- Van der Hulst, M. (2004). Het is dwelen met de kraan open: veehouder kampt met muskusrattenplaag. *Oogst* 17(22): 34-35.
- Van Vliet, F., S. Bouma & H.W. Waardenburg, 2003. Muskusrattenbestrijding in Nederland. Een onderzoek naar optimalisatie van het gebruik van vangmiddelen en toepassen van vangststrategieën. Culemborg, Bureau Waardenburg bv. Rapport 03-053.
- Venema, H.B., 1993. Symposium Muskusrat Braunschweig. Muskusrat en Beheer 2: 13-16.
- Verkaik, A.J., 1987. The muskrat in the Netherlands. *Proc. of the KNAW Series C* 90 (1): 67-72.
- Verkaik, A.J., 1988. Onderzoek naar verspreiding en verplaatsingspatronen van muskusratten. *Muskusrat en beheer* 8 (3): 26-29.
- Verkaik, A.J., 1991. Verspreidings- en verplaatsingspatronen van muskusratten (*Ondatra zibethicus*) in Flevoland. RIN-rapport 91/12, RIN Arnhem.
- Verkem, S., J. De Maeseneer, B. Vandendriessche, G. Verbeylen & S. Yskout, 2003. Zoogdieren in Vlaanderen. Ecologie en verspreiding van 1987 tot 2002. Mechelen en Gent, België. Natuurpunt Studie & JNM-Zoogdierenwerkgroep: 244-249.
- Vincent, J.P. & J.P. Quere, 1972. Etude d'une population de rats musques (*Ondatra zibethicus*) par marquage et recapture. *Mammalia* 36: 8-21.
- Virgl, J.A. & F. Messier, 2000. Assessment of source-sink theory for predicting demographic rates among habitats that exhibit temporal changes in quality. *Can. J. Zool.* 78: 1483-1493.
- Wetterskip Fryslan, 2002. Schade door muskusratten in de Provincie Fryslan. Wetterskip Fryslan.

- Wijnen, R., 1984. Is de muskusrat schadelijk voor de Nederlandse landbouw? Bennekom, rapport. 98 p.
- Wilson, K.A., 1954. The role of mink and otter as muskrat predators in Northeastern north Carolina. J. Wildl. Manage. 18: 199-207
- Witte, R., 2005. Mixomatose en RHD-V: twee dodelijke virussen. <http://www.vzz.nl>.
- Workshop Muskusrattenonderzoek, 1992. Muskusrat en beheer 12 (3): 1-39.
- Yao, Q., H. Tong, B. Finkenstadt & N.C. Stenseth, 2000. Common structures in panels of short ecological time-series. Proc. R. Soc. London 267: 2459-2467.